طب پوهنځی

د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي



پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران

سي ډي سره

پلورل منع دی

۱۴۰۱

د سرطاني ناروغيو راډيو تراپي

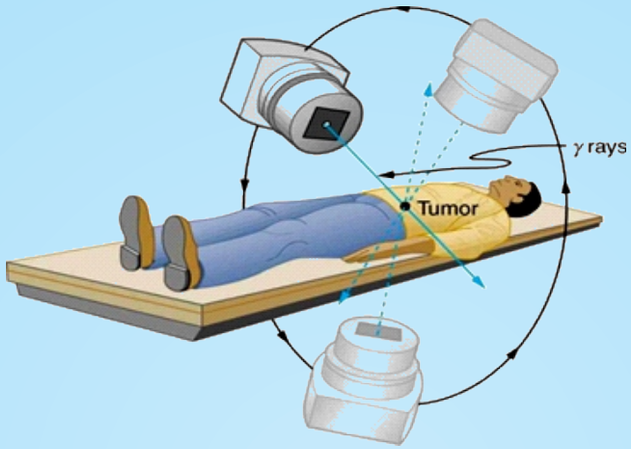
پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران

Afghanic

Faculty of Medicine

Associate Prof Dr Nazar M. Sultansei Zadran

Radiation Therapy of Cancer Diseases



With CD

ISBN 978-9936-633-97-1

Not for Sale

2022

د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي

پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی خُدران



Faculty of Medicine
طب پوهنځی

Pashto PDF
2022

Funded by
Kinderhilfe-Afghanistan

افغانیک
Afghanic

Radiation Therapy of Cancer Diseases

Associate Prof Dr Nazar M. Sultansei Zadran

Download:
www.ecampus-afghanistan.org

اقرأ باسم ربك الذي خلق

د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي

پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران

لومړی چاپ

دغه کتاب په پي ډي ايف فارمټ کې په مله سي ډي کې هم لوستلی شئ:



د کتاب نوم د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي
ليکوال پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران
خپرندوی شیخ زاید پوهنتون، خوست، طب پوهنځی
وېب پاڼه www.szu.edu.af
د چاپ کال ۱۴۰۱، لومړی چاپ
چاپ شمېر ۱۰۰۰
مسلسل نمبر ۳۶۳
ډاونلوډ www.ecampus-afghanistan.org



دا کتاب د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې، په جرمني کې د Eroes کورنۍ یوې خیریه ټولنې لخوا تمویل شوی دی.
اداري او تخنیکي چارې یې د افغانیک لخوا ترسره شوي دي.
د کتاب د محتوا او لیکنې مسوولیت د کتاب په لیکوال او اړوند پوهنځي پورې اړه لري. مرسته کوونکي او تطبیق کوونکي ټولنې په دې اړه مسوولیت نه لري.

د تدریسي کتابونو د چاپولو لپاره له موږ سره اړیکه ونیسئ:
ډاکتر یحیی وردک، د لوړو زده کړو وزارت، کارته ۴، کابل
موبایل ۰۷۸۰۲۳۲۳۱۰، ۰۷۰۶۳۲۰۸۴۴
ایمېل info@ecampus-afghanistan.org

د چاپ ټول حقوق له مؤلف سره خوندي دي.

ای اس بي ان ۹۷۸-۹۹۳۶-۶۳۳-۹۷-۱

د درسي کتابونو چاپول

قدرمنو استادانو او ګرانو محصلينو!

د افغانستان په پوهنتونونو کې د درسي کتابونو کموالی او نشتوالی له لويو ستونزو څخه ګڼل کېږي. يو زيات شمېر استادان او محصلين نويو معلوماتو ته لاسرسی نه لري، په پخوانی ميتود تدريس کوي او له هغو کتابونو او چپترونو نه ګټه اخلي چې زاړه دي او په بازار کې په ټيټ کيفيت فوتوکاپي کېږي.

مورږ تر اوسه پورې د ننګرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ، البيروني، کابل پوهنتون، د کابل طبي پوهنتون او د کابل پولي تخنيک پوهنتون لپاره ۳٦۵ عنوانه مختلف درسي کتابونه د طب، ساينس، انجنيري، اقتصاد، ژورنالېزم او کرهنې پوهنځيو لپاره چاپ کړي دي.

د يادونې وړ ده، چې نومورې چاپ شوي کتابونه د هېواد ټولو اړوندو پوهنتونونو او يو زيات شمېر ادارو او موسساتو ته په وړيا توګه وېشل شوي دي. ټول چاپ شوي کتابونه له

www.ecampus-afghanistan.org ويب پاڼې څخه ډانلوډولی شئ.

دا کړنې په داسې حال کې ترسره کېږي چې د افغانستان د لوړو زده کړو وزارت د (۲۰۱۰ - ۲۰۱۴) کلونو په ملي ستراتيژيک پلان کې راغلي دي چې:

"د لوړو زده کړو او د ښوونې د ښه کيفيت او زده کوونکو ته د نويو، کره او علمي معلوماتو د برابرولو لپاره اړينه ده، چې په دري او پښتو ژبو د درسي کتابونو د ليکلو فرصت برابر شي، د تعليمي نصاب د ريفورم لپاره له انګريزي ژبې نه دري او پښتو ژبو ته د کتابونو او درسي موادو ژباړل اړين دي، له دغو امکاناتو پرته د پوهنتونونو محصلين او استادان عصري، نويو، تازه او کره معلوماتو ته لاسرسی نه شي پيدا کولای."

مورږ غواړو چې د درسي کتابونو په برابرولو سره د هېواد له پوهنتونونو سره مرسته وکړو او د چپټر او لکچرنوټ دوران ته د پای ټکی کېږدو. د دې لپاره اړينه ده چې د افغانستان پوهنتونونو لپاره هر کال لږ تر لږه ۱۰۰ عنوانه درسي کتابونه چاپ شي.

له ټولو درنو استادانو نه هیله کوو، چې په خپلو مسلکي برخو کې نوي کتابونه ولیکي، ویې ژباړي او یا هم خپل پخواني لیکل شوي کتابونه، لکچرنوټونه او چپټرونه ایډیټ او د چاپ لپاره تیار کړي، زمورږ په واک کې یې راکړي چې په ښه کیفیت چاپ او وروسته یې د اړوند پوهنځیو، استادانو او محصلینو ته په واک کې ورکړو. همدارنګه د یادو ټکو په اړه خپل وړاندیزونه او نظریات له مورږ سره شریک کړي، چې په ګډه په دې برخه کې اغیزمن ګامونه پورته کړو.

د لیکوالانو او خپروونکو له خوا پوره زیار ایستل شوی، چې د کتابونو محتویات د نړیوالو علمي معیارونو پر اساس برابر شي، خو بیا هم کېدای شي د کتاب په محتوا کې ځینې تېروتنې او ستونزې ولیدل شي، نو له درنو لوستونکو نه هیله لرو چې خپل نظریات او نیوکې لیکوال او یا مورږ ته په لیکلې بڼه راولېږي، چې په راتلونکي چاپ کې اصلاح شي.

د افغان ماشومانو لپاره د جرمني کمېټې او د هغې له مشر ډاکټر ایروس نه ډېره منnه کوو چې د دغه کتاب د چاپ لګښت یې ورکړی دی. دوی تر دې مهاله د ننګرهار پوهنتون د ۲۳۰ عنوانه طبي او غیر طبي کتابونو د چاپ لګښت پر غاړه اخیستی دی.

د پوهنتونونو رییسانو، د پوهنځیو رییسانو او استادانو نه منnه کوم چې د کتابونو د چاپ لړۍ یې هڅولې او مرسته یې ورسره کړې ده. د دغه کتاب له لیکوال نه ډېر منندوی یم او ستاینه یې کوم، چې خپل د کلونو - کلونو زیار یې په وړیا توګه ګرانو محصلینو ته وړاندې کړ.

همدارنګه د دفتر له همکارانو هر یو؛ ښاغلي حکمت الله عزیز او ښاغلي فهیم حبیبي نه هم منnه کوم چې د کتابونو د چاپ په برخه کې یې نه ستړې کېدونکې هلې ځلې کړې دي.

ډاکټر یحیی وردک

د لوړو زده‌کړو وزارت، کابل، مې، ۲۰۲۲

د دفتر تیلیفون: ۰۷۸۰۲۳۲۳۱۰، ۰۷۰۶۳۲۰۸۴۴

ایمیل: info@ecampus-afghanistan.org

آرز کتنه

د ښاغلي پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزي ځدرانۍ (د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي) تر سرليک لاندې کتاب مې په خورا دقت، ځيرنه او په پوره مينه سره ولوست او مطالعه مې کړ. دا کتاب لس (۱۰) برخې، شپاړس (١٦) څپرکي او ټولټال (۵۴۷) مخونه لري.

کتاب په خوړه پښتو ژبه په ډېره ښه او زړه راښکونکې بڼه تاليف شوی دی. د کتاب لومړی څپرکی د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي، دويم څپرکی د الکتروډينامیک اساسات، دريم څپرکی د وړانګو فزيک اساسات، څلورم څپرکی د ماکسويل معادلې، پينځم څپرکی د لورنتس قوه، شپږم څپرکی څپې، اووم څپرکی په هادي جسم کې د الکترومقناطيسي څپې خپرېدل، اتم څپرکی د الکترومقناطيسي څپو انتقال کوونکي جوړښتونه، نهم څپرکی ايکس وړانګې، لسم څپرکی ابتدايي خطي تعجيل کوونکی ماشين، يوولسم څپرکی د بڅرکو تعجيل کوونکي ماشينونه، دوولسم څپرکی لوړې انرژي خطي تعجيل کوونکي ماشينونه، ديارلسم څپرکی طبي خطي تعجيل کوونکی ماشين، څوارلسم څپرکی د مايکرو څپې انتقال کوونکي جوړښتونه، پينځه‌لسم څپرکی د راډيوتراپي ماشين تخنيکي برخې او په پای کې وروستی شپاړسم څپرکی د راډيوتراپي پلان عملي کړنلاره ده.

د کتاب په ليکنه کې له سلو (۱۰۰) ښلاښلو معتبرو نړيوالو منابعو، سرچينو او سايټونو څخه کار اخيستل شوی دی، چې د کتاب اهميت، ارزښت او اکاډميک وزن پکې له وړايه معلومېږي. ښاغلي ډاکتر سلطانزي ځدرانۍ د کتاب په ليکنه کې کوښښ کړی، چې فزيکي او طبي موضوعګانې او مسايل داسې يو له بل سره اړخ ولګوي، چې د لوستونکي لپاره په اسانۍ سره د درک او پوهېدو وړ او ګونګ نه وي. د کتاب په هره برخه کې د موضوعګانو د لا ښې سپړنې، وضاحات او پوهاوي لپاره ګڼ شمېر شکلونه، انځورونه، جدولونه او د راز راز فزيکي کميتونو واحدونه درج شوي دي. دا کار د کتاب مطالعه او له هغه څخه د مطلب اخيستل اسانوي. مولف په لومړيو نهو څپرکو کې په فزيکي موضوعګانو ډېر تمرکز او پاملرنه يې ورته کړې ده، کوم چې د راډيوتراپي د بنسټ ډېره تشکيلوي او د هغوی له مطالعې او زده‌کړې پرته راډيوتراپي د پوهېدو وړ نه ده.

په کتاب کې په الکترومقناطيسي څپو، د الکتروډينامیک پر بنسټونو، د ماکسويل معادلو او ايکس وړانګو ښه رڼا اچول شوې او د اړوند موضوعګانو ښه څېړنه او شننه يې کړې ده.

د کتاب په ورستيو اوو څپرکو کې د راډيوتراپي په تخنيکي اړخ غږېدلی، کوم چې راډيوتراپي پرې ترسره کېږي. هغه وسايل،جوړښتونه او ماشينونه يې ښه څېړلي چې په راډيوتراپي کې په عملی توګه تري کار اخيستل کېږي. زما له نظره د ښاغلي پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزي ځدرانۍ (د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي) کتاب د لوستونکو د يو پراخ طيف لپاره؛ (که هغه ډاکتران، د طب محصلان، فزيک‌پوهان او يا د اړوند څانګې متخصصين دي)، ډېر ګټور او علمي منځپانګې لرونکی کتاب دی، چې په لوستلو سره به يې د مينه‌والو او علاقمندانو تنده ماته شي.

په دې ځای کې غواړم او بلکې په ځان لازمه ګڼم وليکم، چې ښاغلی ډاکتر سلطانزی ځدرانۍ د کابل پوهنتون د پخواني ساينس پوهنځي د فزيک څانګې يو ډېر تکړه او لوړ استعداد لرونکی استاذ دی، چې له ډېرو کلونو راپدېخوا په جرمني کې اوسېږي، خو هلته کرار نه‌دی ناست، هېواد او د هېواد بچيان يې نه‌دي هېر کړي او قلم يې نه‌دی ايښی. ده په عمل کې ثابته کړې، چې ټول طبيعي علوم يو له بل سره نه شلېدونکې اړيکې لري، چې دا حاضر کتاب او د ده نور کتابونه يې ښې بېلګې دي. د ده په کتابونو کې د فزيک علم او طب ترمنځ اړيکې په مفصله او هر اړخيزه توګه څېړل شوي دي.

د يادولو وړ ده، چې ښاغلي ډاکتر نظر محمد سلطانزي ځدران هېواد او د هېواد بچيانو ته د علم او پوهې د لېږد ترڅنګ پښتو ژبې ته نه هېرېدونکي او تلپاتې خدمتونه کړي دي. الله جل‌جلاله دې په دنيا او اخرت کې ورته عوضونه او اجرونه ورکړي.

زه يو ځل بيا د ښاغلي پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزي ځدرانۍ دا کتاب د علم او پوهې په ډګر کې يو ښه نوښت او فوق العاده کار بولم، ده ته د مبارکۍ تر څنګ د کتاب د چاپ او خپرېدو سپارښتنه کوم. په پای کې ډاکتر صاحب ته د اوږد، خوشحاله، سوکاله او ارامه ژوند هيله کوم.

په درنښت

پوهاند زلمی احمدزی د کابل پوهنتون

د فزيک پوهنځي استاد

ډالۍ

دا کتاب دافغان بې ګناه عام ولس ارواحو ته ډالۍ کوم چې په هیوادکې دسرطاني ناروغیو دتشخیص اودرملنې دمرکزونونه شتون له کبله یې خپل ژوند دلاسه ورکړی دی.
زه د افغان کړیدلي ولس سره په ګډه د پاک الله (ج) حضور ته دوعا کوم چې په خپل فضل او کرم سره په دې ژوبل شوي هیواد کې عادلا نه سوله اودایمي ثبات رامنځ ته کړي .

آمین یارب العالمین

لړليک

شمېره	دمطالبوسرليک	مخ
۱	دليکوال خبرې :	ه
۲	سريزه :	ز
	لومړی څپرکی	
۳	دسرطاني ناروغيوراډيوتراپي :	۱
۴	سريزه :	۱
۵	سيستېمیک راډيو تراپي Systemic radiation therapy	۳
	دويم څپرکی	
٦	د الکترودينامیک اساسات :	۸
	درېيم څپرکی	
۷	دوړانګوفزيک اساسات :	۱۳
	څلورم څپرکی	
۸	دماکسول معادلې : Maxwell's equations	۲۳
	پنځم څپرکی	
۹	دلورينځ قوه : Lorentz force :	۴۱
	شپږم څپرکی	
۱۰	څپې (Waves) :	۴۸
	اووم څپرکی	
۱۱	په هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې خپرېدل :	۸۳
	اتم څپرکی	
۱۲	دالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکي جوړښتونه :	۹٦
	نهم څپرکی	
۱۳	اکس (ايکس) وړانګې (X-radiation)	۱۸۴
	لسم څپرکی	
۱۴	ابتدايي خطي تعجيل کوونکی ماشين :	۲۵٦
	يوولسم څپرکی	
۱۵	دبڅرکو تعجيل کوونکي ماشينونه :	۲٦٦
	دولسم څپرکی	
۱٦	لوړانرژي خطي تعجيل کوونکي ماشينونه :	۲۸۸

ديارلسم څپرکی		
۱۷	طبي خطي تعجيل کوونکی ماشين :	۳۰۱
څوارلسم څپرکی		
۱۸	دمايکروځپې انتقال کوونکي جوړښتونه :	۳۲۷
	پنځلسم څپرکی	
۱۹	د راډيو تراپي ماشين تخنيکي برخي :	۳٦۱
	شپاړسم څپرکی	
۲۰	د راډيوتراپي پلان عملي کړنلاره :	۴۱٦
۲۱	پای	۵۲۵
۲۲	اخذليکونه :	۵۲٦
۲۳	دليکوال پېژندنه :	۵۲۹

دليکوال خبرې

کله چې زه لا تنکی ځوان وم اوپه کابل کې درحمن بابا ليسې په لسم ټولګي کې مې درس لوستلو، خوکله به چې بنارته راغلم نوخامخابه دکابل بنار عامه کتابخونې ته يوځل ورتللم . په دې ترڅ کې به ډيرخوښينی شوم چې دپښتوژبې کتابونه به زماترسترګونه کيده. په داسې حال کې چې په نوروژبولکه دري ، عربي ،انګليسي اوفرانسوي ژبو به پريمانه کتابونه موجودوو. ماته به تل داپوښتنه پيداکيده چې په پښتوژبه ولې دومره لږکتابونه دي او حتی تر دی چی بيخي شتو ن نه لري ؟

په خپلوسترګودغه ليدلي حال زه دومره وځوررولم چې ماپه همغه وخت کې دځان سره پريکړه وکړه چې زماړينه دنده به دتحصيل څخه وروسته داوي چې په پښتوژبه علمي کتابونه وليکم . اوس په دې ډيرخوش اوبختور يم چې زمايوه پخوانۍ هيله ترسره کيږي . داځکه چې يوازې هغه ژبې ژوندی پاتې کيږي چې دساينس اوتکنالوژۍ په ځانګه کې ډيرعلمي اثرونه ولري

دلوی خدای (ج) ډيرشکرادا کوم چې ما ته يې ددې توفيق راپه برخه کړچې دلسوکالونوپه ترڅ کې وکولا ی شم دطب په ځانګه کې اوهمدارنګه دفزيک په ځانګه کې **پينځه ارزښتمن درسي کتابونه وليکم** .

اوسمهال يوځل بياويارم او دلوی خدای (ج) ډيرشکرپه ځای کوم چې دګران هيوادافغانستان لپاره دمهاجرت په درشل کې اودهيوادځخه بهر په دې بريالی شوم چې دسرطاني ناروغيوراډيوتراپي ترعنوان لاندې يو معتبردرسي اوڅېړنيزکتاب وليکم .
په دې اړوند ماته سمدلاسه جوته شوه چې يوخوازماعمرچې اوس داويياکالونوڅخه پورته دی او بلخوادکتاب ليکل دومره اسانه اوساده کارهم نه دی . داځکه چې ديوې رسالې ، مضمون اوياکتاب ليکل ډېره حوصله ،پريمانه وخت اوپه تيره بيادپښتوژبې کره ادبياتوته اړتيالري . يولوستونکی هغه مهال دکتاب لوستلو څخه خوند اوګټه اخيستلای شي چې ديوې خوا مغلقې علمي موضوع ګانې په مورنۍ پښتوژبه ساده بيان شوې وي اوبلخوا پخپله ليکوال هم په موضوع باندې پوره علمي اوادبي حاکميت ولري . په دې اړوندهمدومره بس ده لکه چې يومتل وايي :

(ترکانې دبيزوکارنه دی) .

خوکله چې دشخصي اورسمي معلوماتوله مخې په هيوادکې دسرطاني ناروغيوزياتوالي خبر زما ترغوږو راورسيد، نوپه دې سوچ کې شوم چې په دې اړوند خپل ټول تخنيکي اوطبي پوهاوی افغان ولس ته دخدمت په موخه وړاندې کړم. هغه پوهاوی اومسلکې تجربې چې زماپه ماغزوکې دلږځه ځلوينښتوکالونوراپدې خوا خوندي ساتل شوې دي اوس دکتاب په شکل وليکم .
ځرنګه چې دسرطاني ناروغيوراډيوتراپي ترعنوان لاندې په پښتوژبه لاتراوسه پورې دپوهنتون په کچه کوم علمي اثرموجود نه وو، نوليکوال لا زم وګڼل چې دنوموړې نيمګړتياپه پام کې نيولوسره نوموړی کتاب وليکم .
ليکوال ددې کتاب په ليکلوکې ترخپله وسه پورې زيارايستلی دی چې روان ،ساده اوسوچه پښتو لغتونه اوجملي وکاروي.
الله ج دوکړي چې داعلمي اثردراډيوتراپي ډاکټرانو، طبي فزيک پوهانو ،دطب پوهنځی زده کوونکو،دساينس پوهنځی زده کوونکو اودپوهنتون استادانو اوڅيړونکوته ديوه ابتدايي لارښودپه توګه ګټورتمام شي.
که څه هم ليکوال دنوموړي کتاب په تيارولوکې يوخوا دپښتوژبې ادبي،کره جملوپه چمتوکولوکې ډيروخت مصرف کړاو بلخوادنړيوال علمي معيارونوپه پام کې نيولوسره پوره ستونځې وګاللې خوبرسيره پردې خوښ يم چې دداسې يوه نيک اوعلمي کار لپاره مې خپلې مټې راونغښتي. داځکه چې زه ديوه کارپوه په صفت خپل خان افغان ولس ته پوره وړي ګڼم .

ځرنګه چې زموږرسمې ژبې دعلمي اصطلاحاتوله پلوه ډېرې غريبې دي نوځرګنده خبره ده چې په علمي اصطلاحاتواوليکلوکې به نيمګړتياوې ډېرې وي ،سره ددې هم هيله مندیم چې دسرطاني ناروغيوراډيوتراپي کتاب زموږدګران هيوادعلمي زيرموپه غني کولوکې يوکوچنی ګام وګڼل شي .

داچې په خپله مورنۍ ژبه زده کړې څومره اسانې وي ، په دې هکله دځه لیکلوضرورت نه وینم . خوددې خبرې ویل اړین بولم چې په مورنۍ ژبه زده کړې خوراګټوراواغیزمن هم وي . نوله دې کبله داضروري اومهمه خبره ده چې زموږ په ګران هیوادافغانستان کې په مورنۍ ژبوزده کړوته پاملرنه وشي ،ترڅوزده کوونکي اوزده کړیالان دزده کړوڅخه ډیره ګټه واخستلای شي اوپه راتلونکي کې وکولا ی شي چې په خپل عملي ژوندکې دخپلو علمي زیرموڅخه په ښه سمه اوعلمي توګه استفاده وکړي .

بلخوادایوڅرګندحقیقت دی چې په هیوادکې دفرهنګي ملحوظاتو ،سیاسي اواقتصادي ستونزوله کبله دادمه تردې دمه په پښتوژبه بیخې لږشمېرمسلکې اوعلمي کتابونه لیکل شوي اوچاپ شوي دي .داکتاب یوخوادنوموړې نیمګړتیادمینځه وړلوپه موخه اوبلخوادپښتوژبې دعلمي کولوپه لاره کې اړین ګام ګڼل کیږي . هیله لرم چې ددې اثر خپریدل به دپښتوژبې دبقا اوودې لپاره ګټورثابت شي.

په پای کې بایدووایم چې هرانسان دسهوې اوخطاڅخه خالي نه دی،نوکه ګران لوستونکي دکتاب په متن کې کومه املایې،ګرامري او انشایي تیروتنه وګوري،هیله ده چې لیکوال ته یې دثواب په خاطرهم په ګوته کړي،ترڅوپه بیاځل چاپ کې اصلاح اوسم شي.

(په خورا درنښت)

پوهنوال ډاکټرنظرمحمدسلطانزی ځدران

دکابل پوهنتون دساینس پوهنځي پخوانی استاد

دمی میاشت 2022 زکال، د فرانکفورت ښار ،دجرمني هیواد

سريزه

تر هر څه وړاندې لومړی د پاک الله جل جلاله د دربار څخه د شکر ادا ینه کوم چې ماته یې ان په دې اته اویاکلن ۷۸ عمر اودمهاجرت په درشل کې د ټولو بوختیاوو او ستونزو سره سره، د خپل وطن سره د مینې په خاطرددې وړتیا اوتوفیق راپه برخه کړ، ترڅو دسرطانې ناروغیوراډیوتراپې ترعنوان لا ندې په هیوادکې دا ډول لومړی درسې معتبر کتاب تالیف کړم .

څرنګه چې ددې علمي اثر څخه مخکې دسرطاني ناروغیوراډیوتراپې په هکله کومه واحده علمي رساله موجوده نه وه چې بشپړمعاصرنوی معلومات ولري ترڅودراډیوتراپې ډاکټران ،دطب محصلین اوطبي فزیک پوهان په عملي اونظري ډګرکې تري ګټه واخلي ، نوزه ویاړم چې نوموړی معتبرعلمي اثر چې ددریوکالونوپه موده کې بشپړشو، هیوادته دخدمت په موخه اودمسؤلیت په بدل کې وړاندې کړم .

بلخودایوڅرګندحقیقت دی چې دافغانستان په پوهنتونونوکې دمعیاري درسي کتابونوکمښت اونشتوالی دعمده ستونزوڅخه ګڼل کیږي ،چې محصلین اواستادان ورسره مخامخ کوي او ډیرزیات ضرورت ورته احساسیږي .

زماپه انددپوهنتون هراستاد یوه اړینه دنده داهم ده چې دتدریس په څنګ کې لږترلږه یومسلکي کتاب ولیکي .

څرنګه چې یوخوا په هیوادکې دسرطاني ناروغیو دپېښوکچه ورځ تربلې په زیاتیدوده اوبلخودراډیوتراپې عملي کړنلارې په هکله هیڅ کوم علمې اثراودرسي کتاب شتون نه لري نودنوموړو نیمګړتیاووپه پام کې نیولو سره مادیوه ملي فکرلرونکي افغان په صفت دامسؤلیت په غاړه واخیست چې په خپل مسلک کې دسرطاني ناروغیوراډیوتراپې کتاب ولیکم ترڅویوخوا په عام ولس کې دنوموړې ناروغۍ په هکله دپوهاوی کچه لوړه شي اوبلخواهیوادته دخدمت مصدروګرزم .

دیادونې وړده چې دسرطاني ناروغیووړانګیزه درملنه پرته له راډیوتراپې ماشین څخه ناشونې ده . په هیوادکې لا تراوسه نوموړی ماشین شتون نه لري .خودخوشحالی ځای دی چې داټوم انرژۍ نړیوال سازمان اودروغتیانړیوال سازمان اسلامې امارت ته داوعده ورکړې ده چې دراډیوتراپې ماشین یوه دستګاه به افغانستان ته هدیه کړي . خوپه دې شرط چې په هیوادکې دنوموړې دستګاه څخه په معیاري توګه دګټې اخیستلوپه موخه په کافي اندازه طبې اومسلکې پرسونل لکه دراډیوتراپې ډاکټران ،طبې فزیک پوهان اومسلکې راډیولوژي مرستیالان وروزل شي .

ددې کتاب موخه همداده چې دنوموړوعلمی اومسلکې پرسونل لپاره نوموړی کتاب دراډیوتراپې په هکله دابتدایې معلوماتواودزده کړې یوه اړینه سرچینه وګرځي .

دافغانستان دعامې روغتیاوزارت رسمي خپرونه په ډاګه کوي چې په هیوادکې دسرطان ناروغۍ پېښې هرکال مخ په زیاتېدودي. دنوموړي وزارت احصائیوي ارقام چې درسنیوله خواخپورشوي دي،رابنیي چې هرکال شاوخوا ۲۰ زره افغانان د سرطان په ناروغۍ اخته کیږي چې له دې ډله ۸۰ سلنه یې خپل ژوند له لاسه ورکوي.

خوله بده مرغه زموږپه هیوادکې یی پیښي دتیرو کلونو په پرتله زیاتي شویدي د طبي وسایلو او مجهزو روغتونونو د نشتوالي له امله افغانان هرکال درې سوه میلیونه ډالر یواځې د سرطان ناروغی پر تشخیص او درملنه لګوي. دکلینیکي نښونښانوله مخي ددي ناروغۍ پیژندنه دومره ستونزمنه نده خومهمه داده چې داناروغي باید په لومړۍ مرحله کې تشخیص شي، په هرصورت دکلینیکي نښونښانوپه خپل وخت پېژندنه لکه په ځانګړي توګه په تي کې دغوټې په منځته راتللوناروغ بایدژرترژره ډاکټرته ورشي اوهم یی دښه اودقیق تشخیص په موخه Mammography اودغوټې څخه دبایوپسې دمعاینې په مټ د نمونې اخیستنه چې په لابراتوارکې تر پتالوجیکوڅېړنولاندې نیول کیږي په دقیقه توګه دتیونودسرطان شتون ثابتوي اوهم په خطي پروب په دقیقه توګه دالټراساوند ،

او MRI دمعا ينوپه مټ هم کولا ی شودتيونودابسي ، سيستونو Cysts او غوټو Nods ترمنځ توپير وکړوخوالټراساوندله تشخيص سره مرسته کولای اومشکوک ناروغ پيژندلی شي اوهم په هرځاي کې دلاسرسۍ وړدی.

نوموړی جامع علمي اثر چې ددريوکالونوپه موده کې بشپړشو، په هيوادکې دسرطاني ناروغيوپېژندنې ، درملنې او مخنيوی په هکله په ۵۴۷ مخونوکې عصري اوجامع معلومات لوستونکوته په روانه ملي اورسمي ژبه پښتو وړاندې کيږي. د سرطاني ناروغيو راډيوتراپې کتاب څخه د روغتون په ساحو کې طبي ډاکټران خوپه تېره بيادراډيوتراپې ډاکټران او طبي فزيک پوهان ، همدارنګه دپوهنتون استادان يې د طب او فزيک محصلينو لپاره د تدريس په موخه ګټه اخيستلا ی شي.

دافغانستان دعامې روغتياوزارت د چارواکو په وينا په افغانستان کې له حده زيات د هوا خرابوالی، له نشه يې توکو څخه ناوړه ګټه اخيستنه او همدارنګه له غير معياري خوراکي توکو څخه ګټه اخيستنه دسرطان ناروغۍ د زياتوالي لامل شوي دي.

دبلې خوادسرطان ناروغۍ په هغوهيوادونوکې چې اقتصادي حالت يې کمزوری وي ،ټولنيزژوند يې په صحي نورمونوبرابرنه وي، دسرطان ناروغۍ اودهغې دمخينوي په باره کې دخلکوابتدايي معلومات لږوي، لکه زمونږگران هېواد افغانستان دسرطان ناروغۍ ډيره پيداکيږي.

زمابه اند په افغانستان کې ددريولسيزوڅخه راپدې خوا دراډيو اکټيف موادو، کيمياوي وسلوکارول هغه عمده لامل دی چې په عام ولس کې دسرطاني ناروغيو ګړندی پرمختګ ترسترګوکيږی.

د بېلګې په توګه د جګړې په ډګرکې دفقيرشوي يورېنيوم depleted Uranium وسلوڅخه کاراخيستل شوی دی . په افغانستان کې د 1980 ز کال څخه راپدې خوا دجګړو په ډګر کې دفقيرشوي طبيعي يورېنيوم وسلې کارول کيږي، چې په مينځ کې يې فقيرشوی راډيواکټيف ايزوټوپ U-235 اوطبيعي راډيو اکټيف ايزوټوپ U-238 شتون لري .

نوموړي راډيواکټيف ايزوټوپونه ديوې خوا دالفاهستوي وړانګې خپروي او بلخوا په لومړۍ درجه زهرجن مواد دي. يورېنيوم راډيو اکټيف ايزوټوپ د لږڅه څلورنيم ملياردە کالونوپورې دروغتيا لپاره ګوابنمن،خطرناک او فعال پاتې کيږي . ددويمې نړيوالې جګړې په ترڅ کې دهستوي وسلوکارول په ډاګه کوي چې په يورېنيوم وسلوباندې د چاپېريال ککړتيادسرطاني ناروغيودمينځ ته راتللوغوره لامل دی .

نن ورځ په علمي توګه سپينه شوې ده چې ديورېنيوم راډيواکټيف ايزوټوپو هستوي وړانګې سرطانې ناروغی مينځ ته راولي . که څه هم دجګړې په ترڅ کې دعام ولس پروړاندې دنومورو وسلو استعمالول دنړيوال کنونښن څخه يوه ستره سرغړونه ده چې په (1949) زکال د ژنيوپه ښارکې د194هيوادونو له خوالاس ليک شوی دی، خوسربېره پردې هم زبرځواکونه په ډېره سپين سترګی سره داډول ناروا عمل ترسره کوي. په ذهرجنوکيمياوي ،بيالوژيکي اوچټلو موادودهيوادچاپېريال ککړتيا هغه بله اړخيزه ننګونه ده چې دسرطاني ناروغيو بل ځانګړی لامل کيدلای شي.

علمي څېړنوپه ډاګه کړې ده چې دکوچنيانوغيرنارمل اوعيبناکه زېږيدنه دوه عمده لاملونه لري .

لومړی داچې دايونايزوونکووړانګوناوړه اغيزه ده چې دماشوم دحجرې دهستې په ارثي موادوکې بدلون (ميوتيشن Mutation) مينځ ته راولي.

دويم داچې په زهرجنوموادو دچاپېريال ککړتيا ددې لامل ګرزيدلای شی چې عيبناکه اولادونه وزيږي .

خوپه دې اړوندپوهان په يوه خوله دي چې نوموړې دواړه لاملونه ديوبل سره تړاولري اودسرطاني ناروغيواوهمدارنګه دعيبناکواولادونو دپيدايښت اصلي لاملونه دی .

دبلې خوادسرطان ناروغۍ په هغوهيوادونوکې چې اقتصادي حالت يې کمزوری وي ،ټولنيزژوند يې په صحي نورمونوبرابرنه وي، دسرطان ناروغۍ اودهغې دمخينوي په باره کې مالومات لږوي، لکه زمونږگران هېواد افغانستان دسرطان ناروغۍ ډيره پيداکيږي.

که څه هم اوسمهال دکابل جمهوريت په روغتون کې دسرطان ناروغۍ ددرملنې يومرکز Afghanistan Cancer Foundation ترنوم لاندې پرانيستل شوی دی ، خوپه افغانستان کې دسرطان ناروغۍ دپېژندنې ،درملنې اومخنيوي د مرکزونو نه شتون ، ددې لامل شوی دی، چې هره ورځ دسرطان په ناروغۍ اخته لسګونه تنه افغانان له هېواد څخه بهر ته ،د درملنې په موخه لاړ شي او کوم کسان، چې اقتصادي وس نه لري، د هېواد دننه پرته له درملنې مري.

دافغانستان دعامې روغتياوزارت دځېړنې له مخې چې دمارچ میاشت 2020 زکال کې يې دجمهوريت په روغتون کې په 1025ناروغانوترسره کړې دي، په ډاګه کوي چې په ښځوکې دسينې سرطان په لومړۍ درجه کې (45.8%) breast cancer اودمری سرطان په دويمه درجه کې (12.5%) oesophagus اوپه نارينه ووکې دمری سرطان په لومړۍ درجه (21.8%) oesophagus او دمعدې سرطان په دويمه درجه کې (12.2%) stomach ډيرې پېښېدونکې خبيثې ناروغۍ پيژندل شوې دي.

ددې کتاب په ليکلوکې دټولوهغوستړانداردعلمي اثارواوکتابونوڅخه چې په نړيواله کچه په پوهنتونوکې تدريس کيږي ګټه اخيستل شوې اوهڅه شوې ده چې دمروجواومعمولواصطلاحاتوپه کارولوسره دطب ډاکټرانو، دزده کوونکواودسرطان ناروغۍ په هکله د مينه والودښه پوهيدوسبب وګرځي. ددې علمې رسالې موخه هم داده چې په لوستلوېې دعام ولس پوهاوی کچه پورته لاړه شي اوداړتياپه وخت کې دکابل جمهوريت په روغتون کې دسرطان ناروغۍ ددرملنې مرکزته مراجعه وکړي.

په دوديزه تو ګه دسرطان ناروغۍ ډول سره مطابق دسرطاني ناروغيو پينځه ډوله درملني کارول کيږي. دبيلګې په توګه لکه :

جراحي درملنه ،کيمياوي درملنه ،دوړانګودرملنه، انډوکراين درملنه اوهدفي درملنه ده .

ديادولووړه چې دا کتاب دسرطاني ناروغيويوازې هغه ډول درملنه ترڅېړنې لاندې نيسي چې دوړانګيزې درملنې اويا په بله معنی راډيوتراپي په نوم يادېږي . راډيوتراپي يودول درملنه ده چې سرطاني ناروغۍ دلوړانرژي ايکس وړانګوپه مټ دمنځه وړل کيږي . لوړانرژي ايکس وړانګې په تخنيکي تړاوديوه ځانګړي مغلق ماشين په مرسته توليدکيږي چې دطبي خطي تعجيل کوونکي په نوم سره يادېږي .

دراډيوتراپيست ډاکټر اوهمدارنګه طبي فزيک پوه دهرهيواد دعامې روغتياوزارت دقانون سره سم بايد دراډيوتراپې ماشين په هکله بشپړ طبي اوفزيکي تخصص اوپوهه ثبوت کړي مخکې له دې څخه چې ناروغ ته ددرملنې په موخه لوړانرژي ايکس وړانګې ورکړي .

همدالامل دی چې دسرطاني ناروغيوراډيوتراپې کتاب دوه عمده برخې لري . لومړۍ برخه يې دوړانګوفزيک برخه ده چې دراډيوتراپې ماشين تخنيکي اوالکترونيکي جوړښت په تفصيل سره ترڅېړنې لاندې نيسي . دويمه برخه يې دطب برخه ده چې دسرطان په ناروغۍ اخته غړو راډيوتراپې عملي کړنلاره ګام په ګام پکې ښوول شوې ده .

داکتاب په شپاړس څپرکو او ۵۴۷ مخونو کې دهيواد په رسمي روانه پښتوژبه ليکل شوی دی .دکتاب په لومړي څپرکي کې دعام ولس دپوهاوی په موخه دسرطاني ناروغيو ددرملنې ډولونو په هکله ابتدايي معلومات راټول شوی دی .

په دويم څپرکي کې درياضي ځانګې وکټوري محاسبه ښوول شوې ده ،داځکه چې په الکترودينامیک کې ورځخه ګټه پورته کيږی .

په دريم ،څلورم اوپنځم څپرکي کې دماکسول Maxwel ډيفرنشل اوانټګرال معادلوپه اړوند په تفصيل سره رڼااچول شوې ده ،داځکه چې دماکسول Maxwel څلورګونه معادلې دالکترودينامیک اساس تشکلوي . ماکسو ل کارپوه وکولای شول چې دفاراډای قانون (3)اودامپيرقانون (4) تفاضلي معادلوپه مټ ثبوت کړي چې برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B الکترومقناطيسي څپې دي اوپه فضاء کې دنورپه سرعت سره خپريږي.

په شپږم اووم څپرکي کې دځپې فزيکي خواص، په چاپېريال کې دځپې دخپريدنې رياضي معادله اودځپې ډولونه تشريح شوي دي

په اتم څپرکي کې دالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکي جوړښتونه اودهغوی دکارکولوپرنسيپ تشريح شوی دی . همدارنګه هراړخيزاهتزازکوونکي جوړښتونه لکه الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی، صوتې اهتزازکوونکی اوبرېښنايزاهتزازکوونکی ترڅېړنې لاندې نيول شوي دي . بلخوا دالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکو جوړښتونو په منځ فضاء کې دماکسول معادلو دحل کړنلاره ښوول شوې **ده.**

په نهم څپرکي کې دايکس (اکس) وړانګو هراړخيزفزيکي خواص او په صنعت ،طبابت کې دهغوی ګټوراستعمال تشريح شوی دی . ايکس ريز x-rays هغه وړانګې دي چې دسرطاني ناروغيوپه تشخيص اودرملنه کې ورځخه ګټه پورته کيږي .

همدارنګه دبوراټومي موډل Bor atomic Model په کارولوسره په انود الکترودکې دمشخصه اکس وړانګو او بريمزفوتون وړانګوتوليدشړل شوی دی اودايکس وړانګو ددستګاوپه هکله اړين تخنيکي اوفزيکي معلومات ليکل شوي دي

په لسم څپرکي کې د ابتدايي خطي تعجيل کوونکي ماشين جوړښت تشريح شوی دی . په نوموړي څپرکي کې دخطي تعجيل کوونکي ماشين په ابتدايي جوړښت اونوښت باندې رڼااچول شوې ده. دنوموړې موخې لپاره دکلاسيک ايکس وړانګو تيوب X- Ray Tube جوښت ته ګام په ګام تغيرورکول کيږي. بلخوادايکس وړانګوتيوب په منځ کې الکترونوته دمستقيم ولټيج پرځای دمتاوب ولټيج په مټ تعجيل ورکول کيږي.

په يوولسم اودولسم څپرکوکې دلوړانرژي خطي تعجيل کوونکو ماشينونو تخنيکي اوالکترونيکي جوړښت په تفصيل سره تشريح شوی دی . نوموړی تعجيل کوونکي ماشين چې اوږدوالی يې ددرې کيلومتره څخه اوړي د متناوب ولټيج په کارولوسره برښنايزچارجونو ته آن تر پنځوس ګيګاالکترون ولټ 50 GeV پورې سم سيخ تعجيل ورکوي . په نوموړي ماشين کې الکترونونه دومره ډير تعجيل مومي چې سرعت يې ان دنورسرعت نهه نوي سلنې 99 % برخې څخه هم وراوړي.

ديارلسم څپرکی دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين فزيکي جوړښت اودهرې برخې فزيکي دنده تشريح کوي . په طبابت کې دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين څخه ګټه پورته کيږی. په نوموړي ماشين کې ايونايز وونکې وړانګې لکه لوړانرژي الکترون وړانګې اولوړانرژي فوتون وړانګې توليدکيږي . د وړانګودرملنې طريقې ته راډيو تراپي (Radiotherapy) ويل کيږي .

د سرطاني ناروغيوراډيو تراپي په څانګه کې ددوه ډوله خطي تعجيل کوونکوماشينونوڅخه ګټه پورته کيږي چې دمتحرکې څپې (Travelling wave linear accelerator) او دولاړې څپې خطي تعجيل کوونکي ماشين (Standing wave linear accelerator) په نوم يادېږي .

په څوارلسم څپرکي کې دمايکروڅپې په انتقال کوونکو جوړښتونوباندې رڼااچول شوې ده .نوموړي جوړښتونه کټ مټ دتش فلزي تيوبونوپه شان بڼه لري او الکترومقناطيسي څپوته لکه يوبرقي کيبل هدايت ورکوي.

په پنځلسم څپرکی کې د راډيو تراپي ماشين هره تخنيکي برخه په تفصيل سره تشريح شوې ده .

په شپاړسم څپرکي کې دسرطاني ناروغيو راډيوتراپي عملي کړنلاره چې په شپږوپراوونوکې ترسره کيږی ،دبدن ګڼ شميرغړولپاره په تفصيل سره تشريح شوې ده .

دبيلکې په توګه :

١. داعصابو مرکزي سيستم سرطان راډيوتراپي
٢. دسږي سرطان راډيوتراپي
٣. د تايروئيدغدې سرطان راډيوتراپي
۴. د لګن خاصره تومورونو راډيو تراپي
۵. د پروستاټ غدې سرطان راډيوتراپي
٦. دسينې سرطان راډيوتراپي
٧. دمقعد سرطان راډيوتراپي
٨. دمثانې کڅوړې سرطان راډيوتراپي
٩. درحم سرطان راډيوتراپي

دکتاب په پای کې دليکوال لنډژوندليک او ټول هغه اخذليکونه راټول شوي دي چې ددې کتاب په تاليف کې ورځخه ګټه پورته شوې ده.

خدای دې وکړي چې زما دا اثر يوخواد قدرمنو راډيوتراپې ډاکټر صاحبانو او طبي فزيک پوهانو د پوهې او معلوماتو د کچې په لوړولو کې ګټور تمام شي اوبلخوا دپښتوژبې دعلمي ډګر زېرمه بډايه کړي .

دسرطاني ناروغيوراډيوتراپې ترعنوان لاندې ددې کتاب موخه هم داده چې له يوه پلوه زده کوونکوته په زده کړوکې اسانتياوې رامنځ ته شي اودبله پلوه دپښتوژبې دشتمنيوخزانه دطبي علوموپه ځانګه کې لا هم بډای شي.

په پای کې دیادولووړده چې مينه وال کولا ی شي چې نوموړی کتاب ياداچې زما دهوم پيج لينک ځخه اويادافغانستان دپوهنتونو کتاب خونوځخه www.ecampus-afghanistan.org انلاين Online ترلاسه کړي .

زما دهوم پيج Home page لينک په لاندې ډول دی : www.sultansei.de

ګرانولوستونکو!

هغه څوک چې ليکوالان دي ترټولوپه دې ښه پوهيږي چې دکتاب ليکل خوراستونزمن کاردی .خوله دې ځخه بل غټ ستونزمن کاردکتاب چاپ کول دي . په دې اړوند زه خپل ځان دمننې پوروړی ګڼم چې ديوه فرهنګي شخصيت کارنامې تاسوته په ګوته کړم چې پرته د هغه مادې اومعنوي مرستې ځخه ددې علمي اثرچاپ کيدل ناممکن ؤ. داقدرمن ملي فرهنګي شخصيت دلوړوزده کړووزارت سلاکار ډاکټر يحيی وردک نومیږي چې په ملي اونړيواله کچه يوپيژندل شوی افغان طبي ډاکټردی.

اوسمهال ډير ويارېم چې يو خواد ډاکټر يحيی وردک ترمديريت لاندې او بلخوا د المان او نورو نړيوالو خيريه مرستندويو ټولنو په مالي مرسته يوه پياوړې پروژه په دومره جديت اوفعاليت سره کارکوي چې په ډيره لنډه موده کې يې د درې سووځخه زيات شمېرکتابونه دهيوادپه رسمي ژبوچاپ کړي دي. ډاکټر يحيی وردک هغه لومړی ويښ فرهنګي شخصيت دی چې د ديپلوماسې، ځيرکتيا اوخپل ذکاوت له لارې نړيوال خيريه ټولنوته دباورووړدليلونه اولاسوندونه وړاندې کړل ترڅوهغوی دکتا ب چاپ کولومالي لګښت په غاړه واخيست .

زه باورلرم چې ډيرزربه دډاکترصاحب دنوموړي بې ساري خدمت په بدل کې دهغه نوم دتاريخ په پاڼوکې په زرين رنګه حروفو وليکل شي.

له دې کبله زه عاجزبنده دالله ج په دربارکې دوعاکوم چې ډاکټر صاحب يحيی وردک ته دنوموړي نوښت ،ابتکاراو خدمت په بدل کې ډيراجرونه اوثوابونه په نصيب کړي. دائکه چې د نوموړې پروژې په برکت سره د پوهنتون ډيراستادان د ميدان ډګرته راودانګل او په پښتو او دري ژبه يې د کتابونو د ليکلو فرهنګ راژوندی او بنسټ کيښود.

زه د قدرمن ملي فرهنګي فاضل لوړشخصيت ډاکټر صاحب يحيی وردک ځخه يوه نړۍ منه کوم چې ديوه داسې معتبر علمي اثر د چاپ لګښت، تنظيم او کمپوز يې په ورين تندي ومانه او لکه د پخوا په شان يوځل بيا په علمي ډګر کې هيوادته دخدمت مصدروګرځيد.

مننليک:



د دې کتاب د ليکلو په وخت کې ماسره د طبي فزيک متخصص ښاغلي انجنير اول خان توتاخيل د اصلاح او ترتيب په برخه کې ډير زيار ايستلی دی، چې زه دده له زيار اوهمدارنګه د ګټورو مسلکي مشورو څخه ډيره منه کوم او په راتلونکې کې ورته ډيرې بريالۍ غواړم. دښلګې په توګه دنهم څپرکي ډېره برخه چې دوړانګوفزيک په هکله ليکل شوې ده د ښاغلی انجنير اول خان توتاخيل په مرسته تاليف شوې ده .

ښاغلی انجنير اول خان توتاخيل د ښاغلي ډاکتر مامورشاه توتاخيل زوی دی، چې د ۱۳۷۰لمريز کال د حوت په ۲۷مه نېټه يې په خپل پلرني وطن د پکتيا ولايت د سيد کرم ولسوالی په يوه ديندار او روڼ انديز کورنۍ کې دې نړۍ ته سترګې پرانېستې دي.

توتاخيل خپلې لومړنۍ، منځنۍ او د ثانوي دورې زده کړې د ننګرهار ولايت په ننګرهار عالي ښوونځي ترسره کړې چې په ۱۳۸۸ لمريز کال کې د ننګرهار عالي ليسه څخه په لوړو نمرو سر ته رسولې دي، چې د فراغت په موده کې يې په بيلابيلو خصوصي تعليمي مرکزونو کې د استاد په صفت دنده ترسره کړېده او په ۱۳۹۰ لمريز کال کې د کانکور آزموينې په ورکولو سره ساينس پوهنځي ته بريالی او په ۱۳۹۴ لمريز کال کې د ساينس پوهنځي څخه فارغ شو.

د ليسانس دورې له فراغت څخه ورسته په ۱۳۹۵لمريز کال کې د ازادې سيالی له لارې د آزموينې څخه وروسته د خپل مسلک اړوند د فزيک په برخه کې د افغانستان اټومي انرژۍ په اداره کې د آيونايزوونکو وړانګو له پلې کيدو څخه د څارنې کارپوه په صفت دنده پيل کړه چې اوس مهال د اټومي انرژۍ اداري د څارنې رياست د سرپرست رئيس په صفت دنده ترسره کوي چې په ورته وخت کې يې د اټومي انرژۍ نړيوال اژانس (IAEA) په ملاتړ د ايران په هيواد کې په دوه فيلوشيپونو کې ګډون کړی دی، چې لومړۍ يو مياشتنۍ فيلوشيپ يې په ۱۳۹۷لمريز کال کې د راډيوتراپي اړوند د قوانينو او مقررو په برخه کې د ايران اټومي انرژۍ اداري څخه ترلاسه کړی دی او دوهم يو کلن فيلوشيپ يې په ۱۳۹۸ لمريز کال کې د تهران طبي علومو په نړيوال پوهنتون (Tehran University of Medical Science, TUMS)، د امام خميني روغتون په کانسر انستيتوت کې د ميديکل فزيسيست (Medical Physicist)په صفت د آيونازوونکو وړانګو په ذريعه د سرطاني ناروغيو د درملنې يا راډيوتراپي(Radiotherapy) په برخه کې ترلاسه کړی دی.

ښاغلي توتاخيل د هېواد ځينې ولايتونو ته د آيونايزوونکو وړانګو سرچينو سره مسلکي کارکوونکو ته د ظرفيت لوړونې او پوهاوی په برخه کې د لنډ مهاله کورسونو د دايرولو په موخه علمي او رسمي سفرونه هم کړي دي لکه مزار شريف، ننګرهار، قندهار، هرات، چې تر دې دمه يې سل ګونه مسلکي کارکوونکو ته په بېلابېلو برخو کې زده کړې ورکړې دي او د خدمت په موده کې د غوره کړنو په تر سره کولو د بېلابېلو ادارو لخوا په تقدير نامو او تحسين نامو ستايل شوی دی لکه :MOPH , AAEA...

منه:

په پايله کې دښاغلي حکمت الله عزيز او نورو تخنيکي همکارانو څخه هم دزړه له کومې منه کوم چې د ډاکټر صاحب يحيی وردک ترمديريت لاندې په ډېر مهارت سره دکتاب کمپوز، ډېزاين او هراړخيزې کمپيوټرې لارې چارې په ورين تندي پرته له خندا‌وځند ترسره کړې .

(په خورا درنښت)

پوهنوال ډاکټر نظر محمد سلطانزی ځدران

دکابل پوهنتون دساينس پوهنځی پخوانی استاد

دمی مياشت. ، 2022 زکال، دفرانکفورت ښار، دجرمني هيواد

د سرطاني ناروغيو راډيوتراپي

(Radiation Therapy of Cancer Diseases)

لومړۍ برخه

لومړی څپرکی

سريزه :

دسرطاني ناروغيوراډيوتراپي يوډول طبي درملنه ده چې د ايونايزکونکو وړانګو ionizing radiation په کارولوسره لکه اکس وړانګې x - Rays ، الکترون وړانګې electron radiation اوګاماوړانګې gamma radiation په مرسته خبيث تومورونه malignant tumors اوهمدارنګه سليم تومورونه Benign tumors له منځه وړل کيږي اويادا‌چې ترکنترول لاندې نيول کيږي . په نوموړې کړنلاره کې هڅه کيږي چې دسرطاني ناروغيوپرمختګ مخ نيوی وشي او دوس سره سم سالمې حجرې د اکس وړانګودضررڅخه خوندي وساتل شي. ديادولووړده چې دايونايزکونکو وړانګوپه مټ دسليم تومورونودرملنه هم ترسره کيږی . دايونايزکونکووړانګو درملنې ته راډيو تراپي (Radiotherapy) هم ويل کيږي.

دسرطان ځينې لړيښيدونکې ناروغی هم شته دي چې ددرملنې په موخه دنيوترون ، پروتون اوايون ion بڅرکوڅخه ګټه پورته کيږي. د وړانګودرملنه دومره اغيزمنه اوګټوره ده چې دسرطان لړڅه نيمايي ناروغانوته د وړانګودرملنه ورکول کيږي. داڅکه چې د وړانګودرملنه هغه سرطاني حجرې هم د منځه وړي چې دعملياتوپه ترڅ کې اوهم دطبې تشخصيه آلاتوپه مټ نه پېژندل کيږي او لا ژوندی پاتې شوې وي .

دسرطان ناروغی دغيرمتجانس خبيث تومورونو Malignant Tumor يوه ډله ده چې دبدن نسجونو په يوه نارمل حجره کې پيل کيږي اوپه پايله کې په يوه غيرنارمل حجره اوړي . يوه غيرنارمل حجره داسې خواص لري چې په خپلواک ځان ويشي اوپرته له کنتروله ډېرښت مومي. دوخت په تېرېدوسره کېدای شي چې دغيرنارمل حجرې څخه يوسليم تومور benign اوياخبيث تومور منځ ته راشي.

دپام وړ :

د وړانګودرملنه دخبيثو تومورونو Malignant Tumors اوهمدارنګه دسليم تومورونو benign tumors د درملنې په موخه کارول کيږي

که څه هم دسرطان ناروغی‌اصلي لامل لاتراوسه معلوم نه دی ،خودخطر ګڼ شمېر فکټورونه يې پېژندل شوي دي چې دسرطان ناروغی راپارولای شي .دېلګې په توګه داسې ګمان کيږي چې ديوې سالمې حجرې دوېشتوب Mitosis په ترڅ کې د چاپېريال هراړخيزې ناوړه اغېزې ددې لامل ګرځي چې دډې اين اې DNA بيومالېکيول په جينونوgenes کې بدلون (ميوتيشن Mutaton) مينځ ته راشي اوپه پايله کې دسرطان ناروغی لامل ګرځي.

د وړانګودرملنه کېدای شي چې دسرطان ناروغۍ دډول سره سم دابتدايي درملنې په توګه اوپرته له عملياتو په ځانګړې ډول ناروغ ته ورکړل شي اویاداچې دتوموردعملياتوڅخه وروسته دمرستندويې درملنې Adjuvant په توګه ورکړل شي.

همدارنګه کېدای شي چې د وړانګودرملنه دعملياتوپه ترڅ کې ناروغ ته ورکړل شي اود Intraoperative radiation therapy, په نوم يادېږي . دوروستۍ ډول درملنې ګټه داده چې دبدن ټول هغه سالم غړي (لکه نخاع شوکي Spinal cord چې خبيث تومورته ورځېرمه نږدې پراته وي اود وړانګوپروړاندې ډيرحساسيت لري، په تخنيکي ډول د وړانګو دخطرڅخه خوندي ساتل کېږي .

که چېرته د وړانګودرملنه دعملياتوڅخه دمخه ناروغ ته ورکړل شي نوداډول درملنه دنيواډيووينت درملنې neoadjuvant therapy په نوم يادېږي . دنوموړې درملنې موخه داده چې د وړانګوپه مټ دخبيث تومورحجم کوچنۍ شي ترڅودعملياتوکړنلاره اسانه شي.

دفوتون اوالکترون وړانګې په سترګونه لېدل کېږي اونه داعصابوله خوا حس کېږي. خوکله چې نوموړې وړانګې دبدن په حجروولګېږي نودلنډې مودې اوږدې مودې په ترڅ کې لاندې بيالوژيکي ناوړه اغيزې لري.

- **حادزيان : Acute damage**

د وړانګودانرژي ډوزسره سم کېدای شي چې ديوه اويادوه ساعتونو څخه وروسته دبدن غړوپه دنده کې بدلون راشي . د بېلګې په توګه لکه ،قی کول،نس ناستی،دوينې حجرولکه دلمفوسايټونوکمښت اوداسې نور. نوموړې ناوړه اغيزې هغه مهال پېل کېږي چې د آيونايز وونکو وړانګوانرژي ډوز 300 mSv ددرې سوه ملي سيورت څخه پورته شي .

- **وروستۍ زيان : Late damage**

د آيونايز وونکو وړانګو زيانمنې اغيزې کېدای شي چې ان دډيروکالونو څخه وروسته دبدن په يوه غړي کې منځ ته راشي د بېلګې په توګه لکه دوينې سرطان اونور

- **ارثي زيان : Inheritance damage**

د آيونايز وونکو وړانګوناوړه اغېزې کېدای شي چې په راتلونکي نسل کې منځ ته راشي .د بېلګې په توګه لکه دوينې سرطان ، دعيبناکو اولادونو زېږيدل اوداسې نور.

کله چې آيونايز وونکې وړانګې دسرطاني حجرې په ډي اين اې DNA باندې ولګېږي نوپه پايله کې نوموړې حجره ياداچې دويشتوب کړنلاره يې په ټپه دريږي اويامړه کېږي . که څه هم دتومورپه شاوخواکې سالمې حجرې د آيونايز وونکو وړانګوپه واسطه زيانمنې کېږي خوهغوی ددې وړتيالري چې دسرطاني حجروپه پرتله خپل ځان ډير ژر ببرته ورغوي.

دفوتون اوالکترون وړانګودرملنې لپاره يوه پرمخ تللي طبي آله کارول کېږي چې دخطي تعجيل کوونکې linear accelerator اويا په بله معنی دراډيو تراپي ماشين radiotherapy machine په نوم يادېږي .

په تخنيکي تړاو وړانګودرملنې عمده کړنلارې په لاندې ډول دي :

- **بهرنۍ راډيو تراپي External radiation therapy**

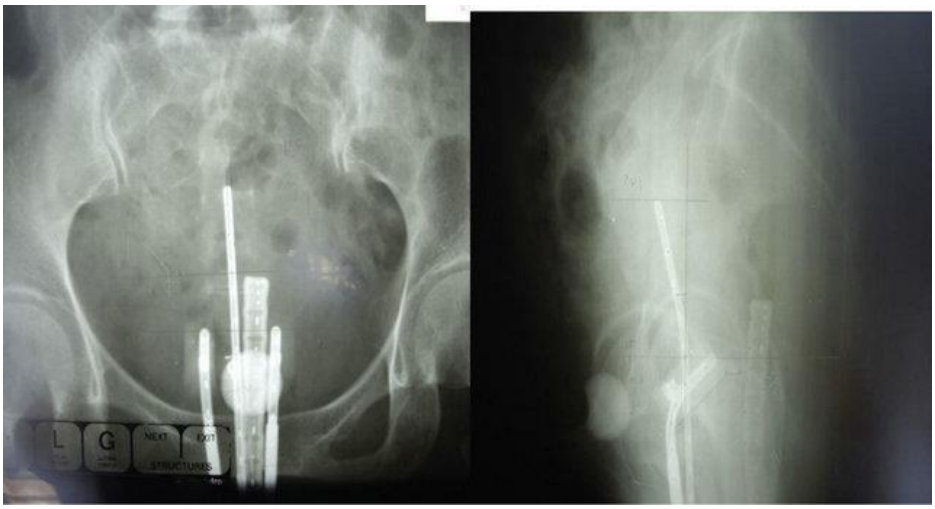
په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې لوړانرژي فوتون اوالکترون وړانګې توليدکېږي اودبهرخواڅخه دناروغ په هغه برخه باندې لګېږي چې هلته تومور Tumor شتون لري. د وړانګودرملنه يوځايزدرملنه ده اوهغه مهال کارول کېږي چې خبيث تومورپه خپل ابتدايي پړاوکې وي اودبدن نوروبرخوته نه وي غځيدلی. د بېلګې په توګه لکه د پروستاټ سرطان چې دکاپسل د دننه پروت وي اود T1 پړاوکې وي.

داخلي راډيو تراپي Internal radiation therapy

داخلي راډيو تراپي يوډول درملنه ده چې دناروغ دبدن په داخل هغه برخه کې چې تومور پېژندل شوی وي دلنډي مودې لپاره اويادتل لپاره راډيواکټيف ايزوټوپ کيښول کيږي. نوموړې درملنې ته براکي تراپي (brachytherapy) هم ويل کيږي.

د بېلګې په توګه درحم دغاړې سرطان Cervical carcinoma ددرملنې په موخه دځودقيقو لپاره دايريديم راډيواکټيف ايزوټوپ Iridium-192 ديوه تيوب ډوله پلاستيک په منځ کې چې د اپليکاټور Applicator په نوم يادېږي د رحم په منځ کې کيښول کيږي.

نوموړي ايزوټوپ ديوې دستګاه په مټ چې دAfterloading په نوم يادېږي دناروغ درحم غاړې برخې ته انتقال کيږي. څرنګه چې ايريديم راډيواکټيف ايزوټوپ دوخت په تړاوتجزيه کيږي نوپه همدې ترڅ کې آيونايز وونکې وړانګې خپروي. په پايله کې سرطاني حجرې دنوموړي ايزوټوپ بيتا وړانګوانرژي (1,459 MeV) په مټ دمنځه ځي اوياداچې دسرطان ناروغې وده په ټپه دربږي. په دوديزه توګه دايريديم اکټيويټي داسي ټاکل کيږي چې درحم غاړېته په يوه ساعت کې لږځه دولس ګرې 12 Gy/h انرژي ډوزورسيږي.



۱- ۱ شکل : درحم دغاړې سرطان Cervical carcinoma ددرملنې کړنلاره ښوول شوې ده.کين خواته دنوموړي غړي مخامخ وړانګيزتصوير Anterior او ښي خواته دځنګ خوا Lateral وړانګيزتصويرکښل شوی دی. دايريديم راډيواکټيف ايزوټوپ د اپليکاټور Tandem Applicator په منځ کې پروت دی. ناروغ ته په دوديزه توګه په يوه واراوه ګرې انرژي ډوزاوداهم څلورځله 4 × 7 Gy fractions ورکول کيږي. نوموړی مقدارانرژي دتوموراصلي حجم ته ورکول کيږي اودبوسټ Boost په نوم يادېږي. (1)

سيستېميک راډيو تراپي Systemic radiation therapy

په نوموړې درملنه کې ناروغ ته دپيچکاری اويادخولې له لارې راډيواکټيف ايزوټوپ ورکول کيږي اودوينې له لارې هغه ځای ته انتقال کيږي چې هلته سرطاني حجرې شتون لري. په پايله کې دايزوټوپ آيونايز وونکې وړانګوپه مټ دبدن په هره برخه کې سرطاني حجرې له منځه وړل کيږي.

د بېلګې په توګه دتايرايدغدې سرطان ددرملنې په موخه ناروغ ته دعملياتوځخه وروسته راډيواکټيف ايزوټوپ ايودين (^{131}I) دکپسول capsule په بڼه ورکول کيږي چې اکټيويټي يې لږځه سل ملي کيوري (3700 MBq (100 mCi پورې رسيږي .

ايودين Iodine-131 راډيواکټيف ايزوټوپ دبدن نوروغړوپه پرتله لږځه ټول دتايرايدپه غده کې جذب کيږي اوهلته ذخيره کيږي. په پايله کې دتايرايدغدې سرطان دنوموړي ذخيره شوي ايزوټوپ بيتا وړانګوانرژي (E=610 keV) په مټ د منځ ه ځي . دتايرايدغدې سرطان د منځ ه وړلولپاره لږځه دري سوه ګرې 300 Gy انرژي ډوز په کاردی.

همدارنګه دتايرايدغدي دسليم توموراوياخبيث تومورد پېژندنې په موخه دتکنيشيم Technetium-Pertechnetat راډيوايزوپوپ ^{99m}Tc څخه ګټه پورته کيږي.نوموړی ايزوټوپ يوه ګاماوړانګه خپروي چې انرژي يې يوسلوڅلويښت کيلوالکترون ولټ E = 140 KeV اوفزيکي نيمايي وخت يې $T_{1/2}$ = 6 h شپږساعته دی . تکنيشيم راډيو ايزوټوپ ^{99m}Tc ناروغ ته دپيچکاری له لاري په رګونوکې ورکول کيږي چې اکټيويټي يې لږڅه پينځه سوه ميګا بيکرل 500 MBq ته رسيږي. په پايله کې ديوې ځانګړې آلې په مټ چې دګاماکمرې Gamma camera په نوم يادېږي دتايرايدتصوير يعنې سينتيګرافي Scintigraphy اخيستل کيږي.

نن ورځ دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه د لاندې پنځه ډوله درملنې څخه ګټه پورته کيږي.



جراحي درملنه : Surgery

دتيوري له نقطې نظره ټول غير هماتولوژيکي non-hematological کانسرونه Cancers دجراحي کړنلارې په مټ ددرملنې وړدي ، په دې شرط چې دعملياتوپه ترڅ کې دتومورنسجونه داړونده ځای څخه بيخي ليرې شي . خوکه چيرته کانسرمخکې له جراحي څخه دبدن نوروبرخوته ميتاستاز metastasized کړی وي ،نودکانسرنسجونوبيخي پرې کول excision ناشونی دی . په پيل کې تومورونه په خپل ابتدايي محل کې وده کوي ،ورپسې ګاونډيولمفاوي غوټوته غزيږي اوبيادبدن پاتې برخوته خپريږي .کله چې يوتومورلا کوچنی وي اوپه خپل ابتدايي ځای کې پروت وي نوستاندارددطلا يې درملنه دجراحي په مټ ترسره کيږي . دبيلګې په توګه دجراحي درملنې په موخه دتي سرطان پرې کول mastectomy، دپروستاټ سرطان پرې کول prostatectomy، دسږي سرطان پرې کول اونور. دجراحي درملنې موخه کيدی شي چې دبدن ټول غړی پرې شي اويادغړي يوه برخه پرې شي . يوه واحده سرطاني حجره دليدلووړنه ده خوکيدی شي چې وده وکړي اوپه پايله کې يوتومورمنځ ته راشي . ددې لپاره چې دسرطان ناروغۍ دجراحي څخه وروسته بيرته راوه نه ګرځي recurrence نوداحتياط لپاره دتومورشاوخوا سالموحجرولږڅه يوسانتي مترځنډه هم پرې کيږي . دجراحي په ترڅ کې دتومورڅخه يوه نمونه اخيستل کيږي اودپاتالوجيست ډاکټر pathologist له خوا دتومورپراختياپړاونه تشخيص او درجه بندي Cancer staging کيږي .

کيمياوي درملنه :Chemotherapy

کيمياوي درملنه يوه داسې درملنه ده چې دکيمياوي اوبيالوژيکي زهرجنموادوپه کارولوسره په يوه اور ګانيزم کې په لوړه کچه سرطاني حجرې ، خوپه نسبتاً ټيټه کچه سالمې حجرې دمينځه وړي.
داځکه چې دکيمياوي درملنې اغېزه داسې ده چې دبدن هغه حجرې چې په لوړسرعت سره خپل ځان ويشي (لکه سرطاني حجرې) دمينځه وړي خوهغه حجرې چې په دومره زيات سرعت سره نه ويشل کيږي (لکه سالمې حجرې) نسبتًالږ تر اغېزې لاندې راولي.
څرنګه چې سرطاني حجرې په ډېرسرعت اوپرته له کنتروله خپل ځان ويشي ،نويوازې دحجرې دويش پېره کې mitosis کيمياوي درمل ورباندې اغېزه کوي اودسرطاني حجرې (ډي . اېن . اې.DNA) تخريب کوي .

دپام وړ :

دسرطان ناروغۍ دډول اودسرطانې حجرود ځانګړتياو وپه پام کې نيولوسره کېدای شي چې هريوه ناروغ ته يوازې يوډول درملنه اويا ډېرې درملنې ورکړل شي.

هورمون درملنه :Anti-hormone therapy

دهورمون درملنه يوډول ځانګړې درملنه ده چې په بدن کې دايستروجن اوپروجسترون هورمون توليدپه ټيټه دروي . مالېکيولي څېړنوپه ډاګه کړې ده چې دسينې سرطان لږځه شپيته سلنه 60% مېرمنې دخپل ځان جنسي هورمونو ايستروجن estrogen اوپروجيسترون Progesteron دډيرمقدارله امله دهغوی دسينې سرطان راپارول کيږي . داځکه چې دنوموړومېرمنوسرطانې حجرې په بهرنۍ سطحه باندې د پروجسترون ريسپټر progestron receptor اود ايستروجن ريسپټر Estrogen receptor دنارمل حجرې په پرتله ډيرلري. په نوموړوريسپټرونو receptor باندې دايستروجن هورمون اوپروجسترون هورمون خپل ځان کلک نښلوي اوپه پايله کې دسينې سرطان لامل ګرځي.

هغه درمل چې د ايستروجن اويااپروجسترون مقدار په بدن کې راټيټوي اويايې توليدپه ټيټه دروي دضدهور مون درملنې اويااندوکراين درملنې Endocrine therapy په نوم يادېږي .

د ښېلګې په توګه Tamoxifen يوداسې درمل دی چې دسينې عملياتوڅخه وروسته اډجيووينټ دسينې په سرطان اخته مېرمنوته هره ورځ اوآن ترپينځوکالونوپورې د ګولی په بڼه ورکول کيږي.نوموړې درمل په ټول بدن کې د ايستروجن اوپروجسترون توليدراټيټوي اودلومړي پړاوسينې سرطان اوهمدارنګه دپرمختللي پړاوسينې سرطان درملنې لپاره کارول کيږي.

هدفي درملنه :Targeted Therapy

نښه ايزدرملنه ياهدفي درملنه دتازه موندل شوو توپيرلرونکوبيالوژيکي اوانتي باډي درملويوترکيب دی چې دهرځانګړي ډول سرطان سايتولوژي اوبيالوژي ځانګړتياوې تشخيص کوي اوپه مالېکيولي سطحه باندې تريرغل لاندې راولي . دښېلګې په توګه مونوکلونل انټي باډي (Monoclonal antibodies) درملنه د هدف ايزدرملنې يوځانګړی ډول دی چې دانتي باډي په مټ يوازې دځانګړي ډول سرطان حجرې د منځ ه وړي اويادهغوی وده په ټيټه دروي .مونوکلونل هغه ډول انټي باډيو ته ويل کيږي چې ديوې زېرنده حجرې Clone دويش په پايله کې منځ ته راځي اوله دې کبله په جينيتيک تړاو ټول انتي باډي ديوبل سره کټ مټ يوشان وي .
په بله معنی مونوکلونل انټی باډی ديوه ځانګړي ډول انټي باډي ګڼ شمېر کاپيو Copy ته ويل کيږي . مونوکلونل انټي باډي داسې ځانګړی جوړښت لري چې ديوې سرطاني حجرې په غشاباندې غيرنارمل پروتين پېژندلای اوپه نښه کولای شي . هريومونوکلونل انټي باډي کولای شي چې دسرطاني حجرې په سطحه باندې يوځانګړی غيرنارمل پروتين تشخيص کړي . د سرطان توپير لرونکي ډولونه دسرطاني حجرې په بهرنۍ سطحه باندې توپيرلرونکي غيرنارمل پروتين لري . همدالامل دی چې د هرډول

سرطان ناروغۍ لپاره بايد چې توپيرلرونکي پروتين جوړشي . همدالامل دی چې دسرطاني ناروغيو ددرملنې په موخه دمونوکلونل انټي باډي څخه ګټه پورته کيږي چې ديوه ځانګړي سرطان ډول ددرملنې لپاره په مصنوعي ډول جوړشوی وي. دبېلګې په توګه دسينې سرطان ځينې ډولونه شته دي چې دسرطاني حجرې په بهرنۍ سطحه باندې ځانګړي يوويزunique جوړښتونه لکه ريسيپټرونه Receptors اودغشاپروتين CD20 لري اونومورې جوړښتونه په نارمل سالموحجروکې شتون نه لري. په مصنوعي ډول جوړشوي مونوکلونل انټي باډي اودسرطانې حجرې انتيجن CD20 ترمنځ يوکيمياوي تړون منځ ته راځي چې په پايله کې دسرطاني حجرې ډېرښت په ټپه دروي.

۱. رغوونکې درملنه : Curative treatment

درغوونکې اويا په بله معنی علاج کوونکې درملنې موخه داده چې ناروغ ېبرته خپله روغتيا ترلاسه کړي اودسرطان ناروغي د مينځه ولاړه شي. د ېبلګې په توګه که چېرته دسينې سرطان په ابتدايي پړاوکې و پېژندل شي، نودعلاج درملنه يې په ډېری سره کيدونې ده . همدارنګه سليم تومورونه چې دبدن نوروبرخوته نه غځيږي اوپه خپل ابتدايي ځای کې موقعيت لري . په نومورې حالت کې ناروغ ته يوازې د وړانګودرملنه ورکول کيږي اوپه پايله کې ناروغ بيخې ېبرته روغتياترلا سه کوي.

۲. تسکين کوونکې درملنه : Palliativ treatment

که چېرته دسرطان ناروغۍخپلې ريښې دبدن نوروغړوته غځولي وي نو بيا يې علاج کوونکې درملنه سخته ده. دنومورې درملنې موخه داده چې دناروغ ناوړه کلينيکي نښې نښانې لکه درد،بې اشتهايي ، کمزورتياواداسې نورکمښت ومومي،عمريې اوږد اودژوندکيفيت يې ښه شي . همدارنګه د تومور وده په ټپه ودريږي او دبدن بل ځای ته د Metastasis دغځيدنې مخه ونيول شي .که چېرته دسرطان ناروغۍ دومره پرمخ تللی پړاوته رسيدلې وي چې هډوکو ته يې هم مېتاستيزيس metastases کړی وي نوددردکمښت په موخه يوازې تسکين کوونکې درملنه ناروغ ته ورکول کيږي . د ېبلګې په توګه که چېرته يوتومورپه اعصابوباندې ډيرزيات فشارراولي نوپه يوه ځل باندې اته ګرې 8 Gy وړانګې هغه ځای ته ورکول کيږي چې دردکوي . که چېرته مېتاستيزيس دبدن نوروبرخوکې لکه دشمزی ماغزه ، دسرماغزه اودبدن لمفاوي غوټوکې شتون ولري نوددردکمښت په موخه دسپارښتنې ټوليزانرژي ډوزاندازه شل ګرې 20 Gy تجويزکيږي . نومورې انرژي ډوزپه خپل وارسره په يوه اونۍ کې پنځه ځله او دهرې ورځې برخه Fraction څلور ګرې 4Gy ناروغ ته ورکول کيږي .

۳. مرستندويه درملنه : Adjuvant therapy

په بدن کې دتومور Tumor ډيرداسې ډولونه پېژندل شوي دي چې دکيمياوي درملنې اوجراحي درملنې څخه ورسته د وړانګودرملنه ورکول کيږي. داځکه چې هغه کوچنی مقدارسرطاني حجرې چې دطبي کړنلاروپه وسيله احتمال لري نه وي پېژند ل شوې اوژوندی پاتې شوې وي د وړانګوپه مټ بيخې د مينځه يووړل شي .

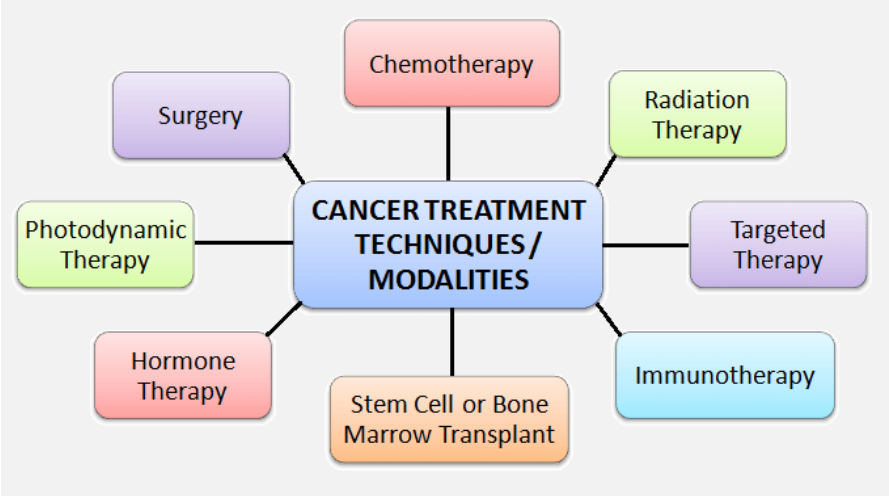
نومورې ډول کړنلارې ته مرستندويه درملنه adjuvante therapy ويل کيږي.د وړانګودرملنه دجراحي اوکيمياوي درملنې په څنګ کې خورا ډير اړين رول لوبوي . داځکه چې د وړانګودرملنې په مټ دسرطان ناروغۍ ېبرته راګرځيدنې کچه ان ترشپيته سلنې 60 – 50 % پورې راټيټيږي. دياډولووړده چې دجراحي درملنه اود وړانګودرملنه ځايزدرملنې دي چې يوازې ابتدايي تومور اومحلي لمفاوي رګونوته ورکول کيږي . په داسې حال کې چې کيمياوي درملنه دبدن ټولوبرخوته رسيږي.

۴. : نيواډجيوونټ Neoadjuvant chemotherapy:

کله داسې هم کېدای شي چې کيمياوي درملنه دعملياتو څخه دمخه وکارول شي ترڅو د تومورحجم کوچنی شي اودعملياتو کړنلاره هم اسانه شي . نومورې مخکنۍ طريقې ته نيواډجيوونټ neoadjuvant درملنه ويل

کيږي. دنومورې موخې لپاره اړين ده چې دتوموردپراختياپړاوونه تشخيص اودرجه بندي شي اود Cancer Staging په نوم سره يادېږي .

کله داسې هم کيدی شي چې دملاتيرپه منځ کې ماغزه spinal cord دمهرې هډوکې ترفشارلاندې راشي ،نوپه داسې يوه حالت کې دجراحي کړنلاره ترسره کيږي ترڅودناروغ دردکمښت ومومي ، دژوندکيفيت ښه شي اودژوندڅخه خوندواخلي. نومورې درملنې ته palliative treatment درملنه ويل کيږي .



/https://prinsli.com/cancer-treatment-techniques-or-modalities

دويم څپرکی

■ د الکترودینامیک اساسات

دراډيو تراپي خطي تعجيل کوونکی Linear Accelerator ماشين يوه ډيره پرمخ تللې طبي دستگاه ده چې دالکترومقناطيسي وړانگوفزيک اوالکتروډينامیک قوانينو پر اساس کارکوي . ددې لپاره چې زده کوونکي ددراډيو تراپي ماشين په تکنالوژي باندې ښه پوه شي نواړين ده چې دکتاب په پيل کې دالکتروډينامیک اړونده اصطلاحونه په لنډ ډول تشريح شي. بلخوادالکترومقناطيسي وړانگود خپرېدنې کړنلاره دماکسول تفاضلي معادلو پر اساس ترسره کيږي . دنومورومعادلودپوهاوی په موخه اړين ده چې درياضي څانگې دوکټوري ساحواينتگريشن integration اومشتق differentiation په هکله څانگړي تعريفونه وپېژندل شي.

دوکټورمحاسبه Vector Calculus

- سکالاري کميتونه Scalar quantities : لکه : $x\,.\,E_x\,.\,\mu_0$
- وکټوري کميتونه Vector quantities داسي ليکل کيږي چې په سرباندي يې يوغشي کښل کيږي. لکه : $\vec{E}\,.\,\vec{B}$
- ديوه وکټور $\vec{A}$ کمپونينت يا دوکټوربرخه په لاندې ډول ليکل کيږي:

$$\vec{A} = (A_x.\,A_y.\,A_z)$$

- ديوه وکټور $\vec{A}$ مطلقه قيمت په لاندې ډول څرگندیږي.

$$|\vec{A}| = A$$

- دوخت په تړاوديوه وکټور $\vec{B}$ مشتق ديوه ټکي په واسطه ښوول کيږي چې دوکټورپه سرليکل کيږي.

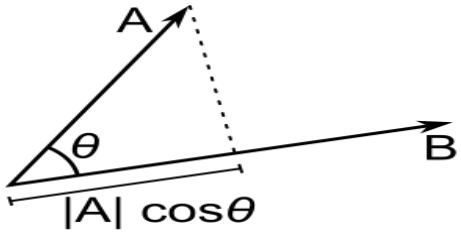
$$\dot{\vec{B}} = \frac{d\vec{B}}{dt}$$

سکالاري ضرب : Scalar product

دوه وکټورونه $\vec{a}$ او $\vec{b}$ په پام کې نيسوچې په خپل منځ کې د تيتازاويه Θ جوړوي. دنومورووکټورونوسکالاري ضرب يوعدد دی اوپه لاندې ډول تعريف شوی دی.

$$\vec{a}\,,\vec{b} = a\,,b\cos\Theta \qquad (2,1)$$

په (2-1) معادله کې a او b دنومورووکټورونو اوږدوالی دی



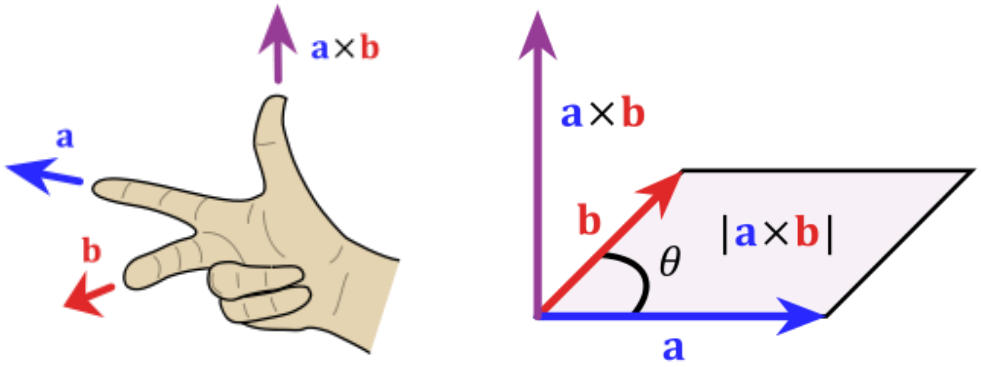
۲-۱ شکل : دسکالاري ضرب هندسي تعريف بڼه ښوول شوې ده.

وکټوري ضرب : Vector product

دوه وکټورونه $\vec{a}$ او $\vec{b}$ په پام کې نيسوچې په خپل منځ کې د تيتازاويه Θ جوړوي. دنوموړووکټورونووکټوري ضرب يو وکټوردی $C = \vec{a} \times \vec{b}$ چې په $\vec{a}$ او $\vec{b}$ باندې عمودولاړدی.

$$\vec{a} \times \vec{b} = a\,,b \sin\Theta \qquad (2,2)$$

په (2.2) معادله کې a او b دنوموړووکټورونو اوږدوالی دی. دوکټور C اوږدوالی د a او b په مټ تشکيل شوی متوازي لاأضلاع مساحت سره مساوي دی .



۲-۲ شکل : په ښې خواکې دوکټوري ضرب هندسي تعريف ښوول شوی دی چې قيمت يې دمتوازي لاأضلاع مساحت سره مساوي دی .په کين خواکې دشی لاس گوتوپه مټ دوکټوري ضرب سمت پيداکولای شو. نوموړې کړنلاره دشي لاس قانون Right-hand rule په نوم يادېږي.

لاپلاس عملگر : Laplace operator

دلاپلاس عملگر دفرانسوي رياضي پوه دکارتی René Descartes مختصات محورپه سيستم کې ديوې تابع f ددويم برخه ايزمشتقونومجموعه ده چې دهريوه مستقل متغيرپه تراوترسره کيږي. نوموړی عملگرد ∇^2 ,$\nabla\cdot\nabla$ اويا Δ سمبول په واسطه ښوول کيږي.

$$\Delta \equiv \nabla^2 \equiv \nabla \cdot \nabla = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \qquad (2.3)$$

د ښپلګې په توګه دتابع f لپاره په دري بعده فضاء کې دلاپلاس عملګرپه لاندې ډول لیکل کیږي.

$$\text{Laplacian(scalar)} = \text{scalar}$$

$$\vec{\nabla}^2 f = \vec{\nabla}.\ \vec{\nabla} = \vec{\Delta} f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \qquad (2,4)$$

$$\text{Laplacian(vektor)} = \text{vektor}$$

$$\vec{\nabla}^2\,\vec{A} = \left(\vec{\nabla}^2 A_x . \vec{\nabla}^2 A_y . \vec{\nabla}^2 A_z\right) \qquad (2,5)$$

نبلا عملګر: ∇ = Nabla operator

نبلادریاضي په څانګه کې دمکان په تړاودیوه وکټورتفاضلي عملګر, vector differential operator په نوم یادیږي چې دیوه وکټورساحې برخه ایزمشتق راښیي. دنبلاعملګر په ∇ سمبول ښوول کیږي اوبل نوم یې دیل دی del = nabla . دښپلګې په توګه که چیرته دواحدوکټور unit vector دري بعده برخه ددکارت مختصاتوسیستم کې په $\{\vec{e}_x . \vec{e}_y . \vec{e}_z\}$ وښیو ، نودنبلاسمبول ∇ دبرخه ایزمشتق $\frac{\partial}{\partial x_i}$ عملګر په توګه په لاندې ډول تعریف شوی دی.

$$\vec{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial x} . \frac{\partial}{\partial y} . \frac{\partial}{\partial z}\right) = \vec{e}_x \frac{\partial}{\partial x} + \vec{e}_y \frac{\partial}{\partial y} + \vec{e}_z \frac{\partial}{\partial z} \qquad (2,6)$$

$$\text{div(vector)} = \text{scalar} \qquad \vec{\nabla}.\ \vec{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} \qquad (2,7)$$

په (2,6) معادله کې ∇ دمکان په تړاوبرخه ایزتفاضلي عملګر partial derivative operators دی .

څرخېدنه یاچورلښت : Rotation

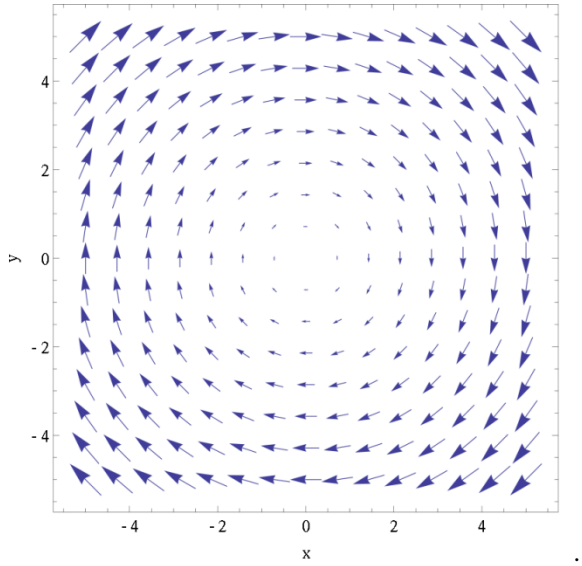
که چیرته دمقناطیسي ساحې یووکټور $\vec{B}(x.y.z)$ په پام کې ونیسو،نودنوموړې وکټوردساحې څرخېدنه Rotation $\vec{B}(x.y.z)$ په لاندې ډول تعریف شوی دی چې لنډیزیې په $\text{rot}\,\vec{B}$ اویا $\vec{\nabla} \times \vec{B}$ اویا په کرل $\text{curl}\,\vec{B}$ لیکل کیږي.

تعریف : دنبلاعملګر $\vec{\nabla}$ اودمقناطیسي ساحې $\vec{B}(x.y.z)$ وکټورې ضرب ته دمقناطیسي ساحې څرخېدل ویل کیږي. که چیرته دواحدوکټور unit vectro هره برخه په $\{\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z\}$ وښیو نودمقناطیسي ساحې وکټور $\vec{B}(x.y.z)$ برخه یزمشتق partial derivative دنبلاسمبول په کارولوسره په لاندې ډول لیکو:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{e}_x \left(\frac{\partial B_z}{\partial y} - \frac{\partial B_y}{\partial z}\right) + \vec{e}_y \left(\frac{\partial B_x}{\partial z} - \frac{\partial B_z}{\partial x}\right) + \vec{e}_z \left(\frac{\partial B_y}{\partial x} - \frac{\partial B_x}{\partial y}\right) \qquad (2,8)$$

$$\text{curl}\,\vec{B} = \text{rot}\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{B} \qquad (2,9)$$

په (2.9) معادله کې $\nabla = \mathrm{rot} = \mathrm{curl}$ دوکټور ډيفرينشل عملګر ,vector differential operator په نوم يادېږي



۲-۳ شکل : دمقناطيسي ساحې وکټور B(x,y) څرخېدل ياچرخش $\mathrm{rot}\,\vec{B}$ په يوه سطحه کې دګراف په بڼه کښل شوی دی اوپه پايله کې يووکټورتشکيلوي.

بېلوالی : Divergence

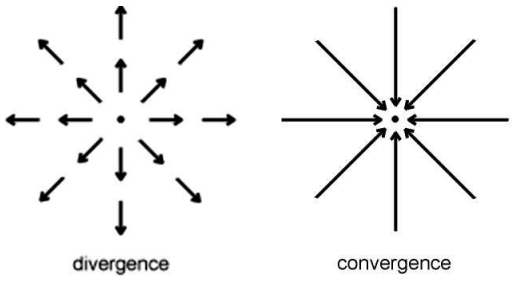
دوکټورونوپه محاسبه کې ډايورجنس Divergence يووکټوري عملګردی vector operator چې دوکټور ساحې منبع اويا دوکټورساحې نزول sink مقداراندازه کوي . په بله معنی ډايورجنس ديوه وکټور ساحې دحجم کثافت ته ويل کېږي چې ديوې نقطې په شاوخواکې ديوه تفاضلي حجم څخه بهرخواته بهېږي .

که چېرته د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}(x.y.z)$ په پام کې ونيسو،نودنوموړې وکټورساحې ډايورجنس لنډيزيې په $\mathrm{div}\,\vec{E}$ اويا $\vec{\nabla},\vec{E}$ ليکل کېږي .

تعريف : د برېښنايز ساحې ډايورجنس دنبلاعملګر $\vec{\nabla}$ اود برېښنايز ساحې $\vec{E}(x.y.z)$ سکالارې ضرب سره مساوي دی .

$$\mathrm{div}\,\vec{E} = \vec{\nabla},\vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} \quad (2,10)$$

په (2-10) معادله کې ډايورجينس ياتباعد يووکټوري عملګردی چې په هره ټاکلې نقطه کې دساحې وکټوردسرچينې کثافت بيلتون مقدا راندازه کوي.ديادونې وړده چې $\mathrm{div}\,\vec{E}$ يوسکالارده.



۲- ۴شکل : په ښی خواګراف کې دیوه وکټورساحې کرښې راټولیږي convergence او هلته ډوبیږي Sink. په کین خواګراف کې دیوه وکټورساحې کرښې دسرچینې Source څخه راوځي اودیوبل څخه تباعد divergence کوي.

ددکارتی René Descartes مختصات محورپه سیستم کې دوکټور محاسبې اساسي څلورعملګرونه operators په لاندې ډول دي.

1) $\text{grad(scalar)} = \text{vector.}\ \vec{\nabla}f = \left(\frac{\partial f}{\partial x}.\frac{\partial f}{\partial y}.\frac{\partial f}{\partial z}\right)$ (2,11)

2) $\text{div(vector)} = \text{scalar.}\ \vec{\nabla},\vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$ (2,12)

3) $\text{curl(vector)} = \text{vector}$

$$\vec{\nabla} \times \vec{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}.\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}.\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right) \quad (2.13)$$

دهرډول وکټوري ساحې $\vec{F}$ لپاره دریاضي لاندې مشخصات identities اعتبارلري:

4) $\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{F} \equiv \vec{\nabla}(\vec{\nabla}, \vec{F}) - \vec{\nabla}^2 \vec{F}$ (2,14)

$$\vec{\nabla}, \vec{\nabla} \times \vec{F} \equiv 0 \quad (2,15)$$

درېيم څپرکی

دوړانګوفزیک اساسات

Basic principle of Radiation Physics

وړانګې : (Radiation)

په فزیک کې وړانګې دانرژۍ یوډول دی چې فضاء اویامادې ته دځپې اویابځرکو په بڼه انتقال کیږي. د بېلګې په توګه دځپې انرژي دالکترومقناطیسي وړانګواودبځرکوانرژي دبځرکودحرکت په واسطه منځ ته راځي. دالکترومقناطیسي وړانګوانرژي دفوتونو اوګاما وړانګو په مټ اودبځرکوانرژي دبیتا وړانګو ،الفا وړانګو ،نویترونواوپیونوپه مټ انتقال کیږي.

په ټولیزه توګه وړانګې په دوه ډوله دي :

- **آیونایز وونکې وړانګې : Ionizing radiation**

آیونایز وونکې وړانګې هغه وړانګې دي چې په کافي اندازه انرژي لري اودبدن په نسجونوکې مالیکولونه آیونایز کولای شي. دبېلګې په توګه که چېرته الکترومقناطیسي وړانګې دبدن نسجونوسره غبرګون وکړي نوهغه مهال مالیکولونه آیونایز کولای شي چې انرژي یې دپینځه الکترون ولټ 5 eV څخه پورته وي. د بېلګې په توګه داوبویوه مالیکول آیونایز وونکې انرژي لږځه دولس الکترون ولټ, 12,6 eV قیمت لري.

دبدن دنسجونو آیونایز وونکووړانګودځپواوږدوالي سرحدپه لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$5\text{eV} = 5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,\text{J} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{8 \cdot 10^{-19}\,\text{J}} = \frac{6{,}6 \cdot 10^{-34}\,\text{Js}\,3 \cdot 10^{8}\,\text{m/s}}{8 \cdot 10^{-16}\,\text{J}} = 250\,\text{nm}.$$

$$\boldsymbol{\lambda = 250\ \text{nm}} \qquad \boldsymbol{(3,1\ )}$$

د آیونایز وونکوځپو دوه سوه پینځوس نانومتر اوږدوالی $\lambda = 250\ \text{nm}$ دالکترومقناطیسي وړانګوداوراى بنفش طیف سره سمون لري.

- **نا آيونايز وونکې وړانګې : Non-ionizing radiation**

نا آيونايز وونکې وړانګې هغه وړانګې دي چې پوره انرژي نه لري اودبدن په نسجونوکې مالیکولونه آیونایز کولای نه شي. دبېلګې په توګه لکه دلیدوړ وړانګې ، دسره رنګ لاندې طیف څېې infrared، راډیوڅېې،مایکروڅېې Microwave اوداسې نوردرواخله .

■ د وړانګوفزیک :(Radiation Physics)

د وړانګوفزیک دطبي فزیک یوه څانګه ده چې دالکترومقناطیسي وړانګوڅانګړتیاوې اوپه ماده کې دنوموړو وړانګو فزیکي ،بیالوژیکي اوکیمیاوي اغېز ې تر څېړنې لاندې نیسي .

د وړانګوفزیک څخه دساینس په ډېروبرخوکې خوپه تیره بیاپه طبابت کې ګټه پورته کیږي. د ېېلګې په توګه : لکه راډیولوژي ،التراسوند، هستوي طب،راډیوبیولوژي اوداسې نور...

Quantity		Units	فزیکي کمیت
$\vec{E}$	Electric Field	V/m	برېښنایز ساحه
$\vec{B}$	Magnetic Field	T	مقناطیسي ساحه
$\vec{H}$	Magnetic Field strength	A/m	مقناطیسي ساحې شدت
Φ_E	Electric Flux	V m	برېښنایز بهیر
Φ_B	Magnetic Flux	Wb	مقناطیسي بهیر
I	Electric current	A	برېښنایز جریان
$\vec{J}$	Electric current Density	A/m^2	برېښنایز جریان کثافت
ϱ	Volume charge density	C/m^3	حجم چارج کثافت
J_d	Displacement current density	A/m^2	دبې ځایه کوونکی برېښنایزجریان کثافت
$\vec{D}$	electric displacement field	C/m^2	په عایق ماده Dielectric کې بې ځایه کوونکې برېښنایز ساحه
μ_0	permeability	H/m	په تشیاکې دمقناطیسي ساحې ثابت
ε_0	permittivity of Free Space	F/m	په تشیاکې د ډې الکتریک مطلق ثابت

۳- ۱ جدول : دالکترومقناطیسي وړانګوڅینې اړین فزیکي کمیتونه راغونډ شویدي .

ددې لپاره چې ددې لپاره چې دراډیو تراپي ماشین دکارکولو،تېکنالوژۍ اوجوړښت په هکله بنسټیزپوهاوی ترلاسه کړو،نواړین ده چې

د وړانګوفزيک اړونده کميتونه وپېژنو. له همدې کبله په ۳- ۱ او ۳- ۲ جدول کې دالکترومقناطيسي وړانګو فزيکي کميتونه راغونډ شويدي .

په هادي اويا عايق ماده کې	په ازاده فضاء کې
$\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$	$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E}$
$\vec{B} = \mu\vec{H}$	$\vec{B} = \mu_0\vec{H}$
$\vec{J}_d = \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$	$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\frac{F}{m}$
$\vec{J_C} = \sigma\vec{E}$ (Ohms law)	$\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6}\frac{N}{m^2}$

۳- ۲ جدول : دځينوالکترومقناطيسي کميتونوخپل منځې اړيکې ښوول شوې دي.

دپام وړخبره خوداده چې په تشيا يعنې فضاء کې دهدايت کوونکې جريان کثافت j_c conductive current شتون نه لري داځکه چې تشياعايق خواص لري اوبرقي هدايت يې $\sigma = 0$ دصفرسره مساوي دی.
په داسې حال کې چې په تشياکې دبې ځايه کوونکی برېښنايز جريان کثافت J_d = Displacement current density اهميت پيداکوي .

دوړانګو بيالوژي (Radiation biology) :

دوړانګو بيالوژي د طبي علوميوه څانګه ده چې په ژوندیوموجوداتو اوبيالوژيکي ماده کې دايونايزوونکو وړانګوionizing radiation بيالوژيکي،کيمياوي اوکلينيکي اغېز وڅخه بحث کوي .

د برېښنايز جريان ډولونه:

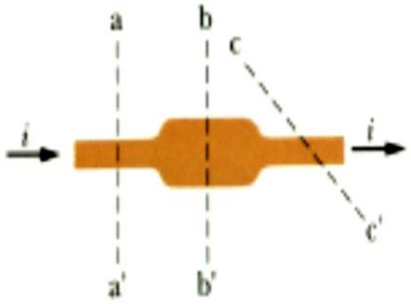
دراډيوتېرپي ماشين يوه ډيره اړينه برخه د برېښنايز جريان الکترونيکي سرکټ تشکيلوي چې هلته متناوب ،مستقيم ،متمادي اوپلس کوونکي برېښنايز جريان توليدکيږي.

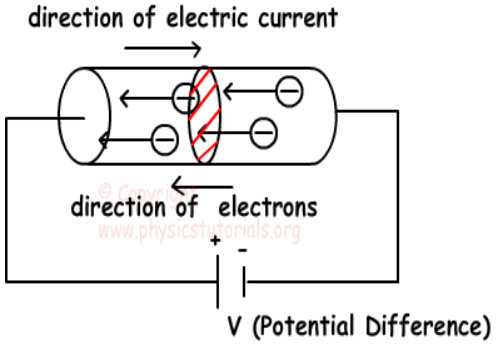
لومړی : متمادي برېښنايز جريان : (Direct current)

متمادي برېښنايز جريان اويا په بله معنی مستقيم برېښنايز جريان DC هغه جريان ته ويل کيږي چې دوخت په تابع سره تغيرنه کوي اوقيمت يې ثابت پاتې کيږي . که چېرته دچارج يومقدار dq دوخت dt په موده کې ديوې په ساره پرې شوې سطحي څخه تيريږي نو برېښنايز جريان i په لاندې ډول تعريف شوی دی .

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (3,1)$$

دواحداتوپه نړيوال سيستېم کې SI د برېښنايز جريان واحدامپير ampere ټاکل شوی دی اولنډيزيې د A په توري کښل کيږي.



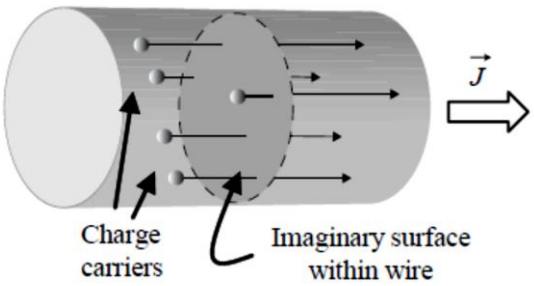


۳-۱شکل : برېښنايز جريان I ديوه هادي څخه تيريږي چې توپيرلرونکی پنډوالی لري. ديادولووړده چې دهادي سيم په هره مقطع کې په يوه اندازه برېښنايز جريان بهيږي. اخذليک (2)

هغه مقدار برېښنايز جريان I چې ديوې تفاضلي سطحې dA څخه تيريږي دسکالري ضرب $\vec{J}, d\vec{A}$ انتګرال سره مساوي دی چې په ټوله سطحه باندې ترسره کيږي.

$$I = \int \vec{J}, d\vec{A} \qquad (3,2)$$

په (3,2) معادله کې J د برېښنايز جريان کثافت دی .د تفاضلي سطحې وکټور $d\vec{A}$ په همدغه سطحه dA باندې عموداً ولاړدی او مطلقه قيمت يې دسطحې مساحت سره مساوي دی.

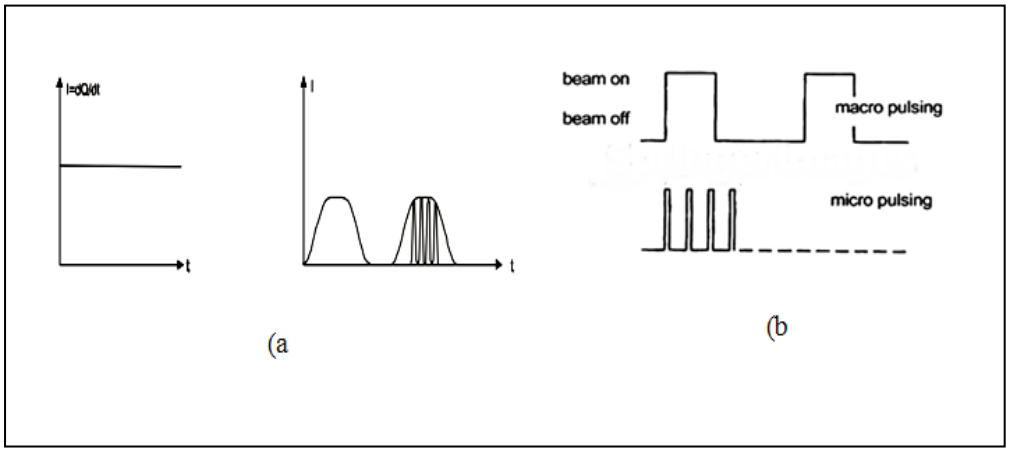


۳-۲ شکل: دوخت په تړاودچارجونوبهير $I = \frac{dQ}{dt}$ اود برېښنايز جريان کثافت J تعريف دانځورپه بڼه ښوول شوی دی. اخذليک (3)

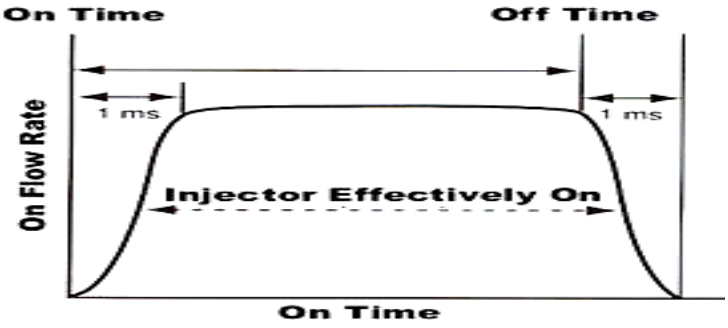
دويم : پلسي برېښنايز جريان : (Pulsating current)

پلسي برېښنايز جريان هغه جريان ته ويل کيږي چې دټاکلې وخت لپاره دوام ولري اوبيا ببرته صفرشي . دپلس و لټيج کېدای شي چې مثبت اويامنفي امپليتودولري .دپلس موده دځومايکروثانيي اود پريودوخت يې دځوملي ثانيي په شاوخواکې وي . د ساري په ډول په طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دپلس موده د پنځه ملي ثانيي څخه ترشل ملي ثانيي پوري رسيږي .

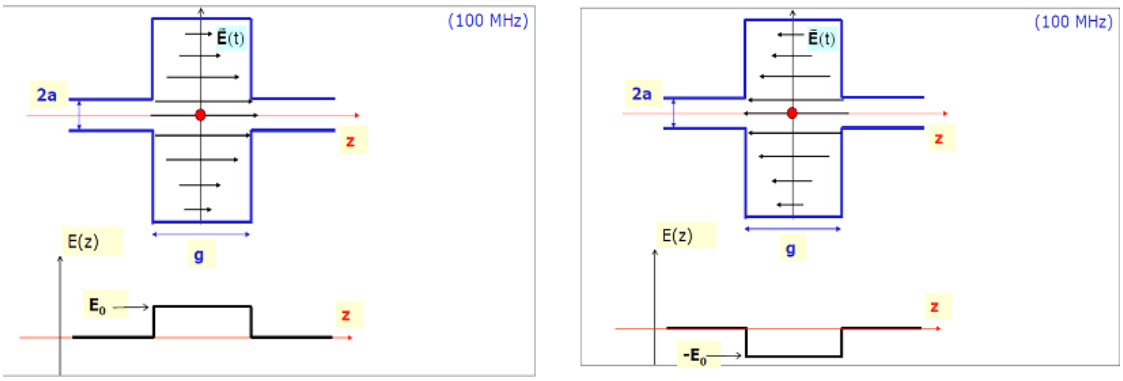
په ۳-۳ شکل کې دمستقيم برېښنايز جريان I اوماکروپلس برېښنايز جريان macro pulsing دوخت په تابع سره کښل شوی دی .



۳-۳ شکل : a) کينې خواته متمادي برېښنايز جريان I = dq/dt او ښي خواته b) ماکروپلسي برېښنايز جريان macropulsing اومايکروپلسي برېښنايز جريان micropulsing دوخت په تابع سره ښوول شوی دی .



۳-۳ شکل : b) شکل د وړانګوغټ پلسي جريان macropulsing کنبل شوی دی چې په راډيو تراپي ماشين کې ورځنه ګټه پورته کيږي. کله چې وړانګې شتون وه نه لري beam off نودپلس قيمت صفردی خوکله چې وړانګې شتون ولری beam onنودغټ پلس دامنه ترټاکلی ثابت قيمت پورې پورته ځي اودځه مودې څخه وروسته ببرته صفرته رابښکته کيږي . د وړانګوهريوغټ پلس په خپل وارسره ددېروکوچنيوپلسونوځخه جوړدي اود micropulsing په نوم يادېږی . په هرکوچني پلس کې په مليونو شمېر برقي چارجونه شتون لری .



۳-۴ شکل : دمثبت اومنفی پلسيزبرېښنايزساحي $E_0(z)$ بڼه ښوول شوي ده چې دراډيو تراپي په ماشين کې ورځنه ګټه پورته کيږي.

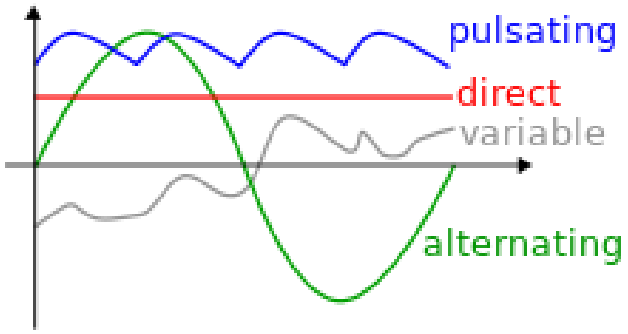
د ۳-۴ شکل په کينې خواکې د تعجيل کوونکي تيوب يوه سلنډرشکله فضاء يي خونه ښوول شوې ده. په فضاء يي خونه باندې د ځايز محور Z په تابع سره يو څلورکونجه مثبت پلسيزبرېښنايز ساحه $+E_0(z)$ اغيزه کوي اود فضاء يي خونې په منځ کې دوخت t په تړاو

برېښنايز شپبه ايزساحه E(t) توليدکوي. دبرېښنايز ساحي E(t) شپبه ايزکرښوسمت ښي خواته دی او په وکټورونوښوول شوې دي . دمثبت څلورکونجه پلس فريکونس سل ميګاهرځ 100 MHz دی .

د ۳- ۴ شکل په ښي خواکې د تعجيل کوونکي تيوب يوه سلنډرشکله فضاء يي خونه ښوول شوې ده. په فضاء يي خونه باندې دځايز محور Z په تابع سره يو ه منفي څلورکونجه برېښنايز ساحه $-E_0(z)$ اغيزه کوي اود فضاء يي خونې په منځ کې دوخت t په تړاو برېښنايز شپبه ايزساحه E(t) توليدکوي. دبرېښنايز ساحي E(t) شپبه ايزکرښوسمت کين خواته دی اوپه وکټورونوښوول شوې دی . دبرېښنايز ساحي شپبه ايزښه E(t) د پريوديک وخت پنځه نانوثانيې T= 5ns په ترڅ کې اخيستل شوې ده . دپلس فريکونس سل ميګاهرځ 100 MHz دی .

متناوب برېښنايز جريان : (Alternating current (AC)

متناوب برېښنايز جريان دمتناوب ولټيج سرچينې په مټ منځ ته راځي او لنډيزيې په (AC) سره کيږی . متناوب برېښنايز جريان هغه جريان دی چې دوخت په تړاو دبرقي چارجونودبهيرسمت (قطب) په پريوديک توګه تغيرکوي . په ۳- ۵ شکل کې دبرقي جريان څوډولونه ښوول شوي دی .

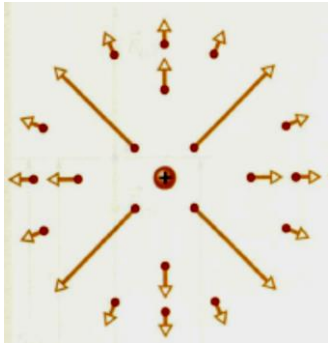


۳- ۵ شکل : دوخت په تابع سره دبرقی جريان توپيرلرونکي ډولونه ښوول شوی دی . اخذليک (4)

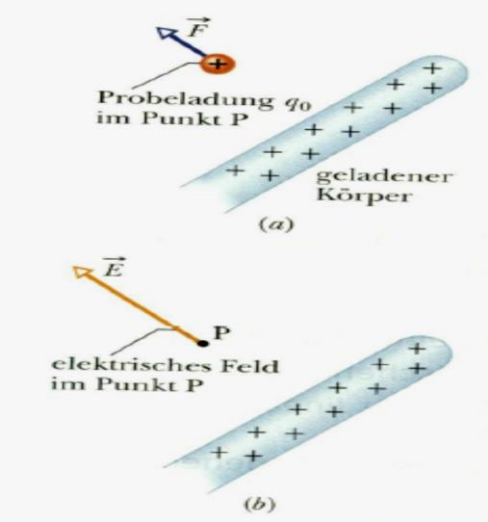
لکه : پلسيزبرقي جريان pulsating current ، مستقيم برېښنايز جريان direct current ، متغيربرقي جريان variable current ، متناوب برېښنايز جريان alternating current

برېښنايزساحه: Electric field

دبرېښنايزساحې E اصلي سرچينه برېښنايز چارجونه دي. همدارنګه که چېرته دوخت t په تړاومقناطيسي بهير $\frac{d\Phi_B}{dt}$ https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_flux تغيروکړي نوپه پايله کې برېښنايز ساحه توليدکيږي .برېښنايزساحه E يوه وکټوري ساحه ده چې دالکترومقناطيسي وړانګو يوه برخه جوړوي.



۳- ٦ شکل : ديوې مثبت چارج سرچيني په شاوخواکې برېښنايز ځايزساحه E(x) توليدکيږي چې سمت يې په وکټورونوکښل شوی دی. اخذليک . (5)



۳- ۷ شکل : a) دیومثبت چارج شوی ساکن جسم سره نږدي د p په ټکي کې یومثبت ازمویښتي چارج q_0 کیښول شوی دی. په ازمویښتي مثبت چارج باندې یوه الکتروستاتیک قوه F اغیزه کوي . اخذلیک .(5)

b) دمثبت چارج شوی جسم په مټ د p په ټکي کې یوه برېښنایز ساحه E تولیدکیږي.

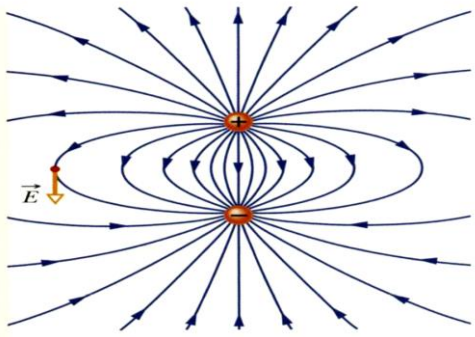
دتعریف سره سم د برېښنایز ساحې لپاره لیکلای شوچې :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad (3,3)$$

په(3.3) معادله کې د برېښنایز ساحې E اوالکتروستاتیک قوې F سمت یوخوادی.

د برېښنایز ساحې کرښې : Electric field lines

دبرېښنایزساحې کرښې یاخطونه داسې لیکي دي چې دبرېښنایزساحې E سمت اومقداررابیيي. دبرېښنایزکرښو مماسونه دتشیاپه هرټکي کې د برېښنایز ساحې سمت سره تطبق کوي. نوموړې کرښې تل دمثبت برېښنایزچارج څخه بهرخواته پیل کیږي اوپه منفي برېښنایز چارج باندې ختم کیږي. دبرېښنایزساحې E دکرښو شمېر چې دیوې ټاکلي سطحي څخه تیریږي دهغې برېښنایز ساحې شدت سره سم سیخ متناسب دی چې دهمدې واحد سطحي unit area څخه تیریږي.



With kind peermission of Wiley & Sons, Inc

۳- ۸ شکل :دبرېښنایزمثبت اومنفي چارج خپلمنځی برېښنایزکرښې کښل شوې دي چې دمثبت چارج څخه پیل کیږي اودبهرخواته ځي خو په پایله کې په منفي چارج کې ختم کیږي. د برېښنایز ساحې ویکټور$\vec{E}$ د برېښنایز کرښې په هرټکي کې مماس تشکیلوي. اخذلیک. (5)

مقناطيسي ساحه : (Magnetic field)

مقناطيسي ساحه دلاندې معادلې په مټ تعريف شوې ده.

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad (3,4)$$

(3.4) معادله څرګندوي چې که يوچارج شوی برښنايز بڅرکی q په يوه مقناطيسي ساحه $\vec{B}$ کې په سرعت $\vec{v}$ حرکت کوي نويوه مقناطيسي قوه $\vec{F}_B$ وربانديې عمل کوي. نومورې قوه دسرعت اومقناطيسي ساحې وکټوري حاصل ضرب $\vec{v} \times \vec{B}$ سره متناسب ده. دمقناطيسي ساحې مطلقه قيمت دلاندې معادلې پر اساس تعريف شوی دی

$$B = \frac{F_B}{q\,v} \qquad (3,5)$$

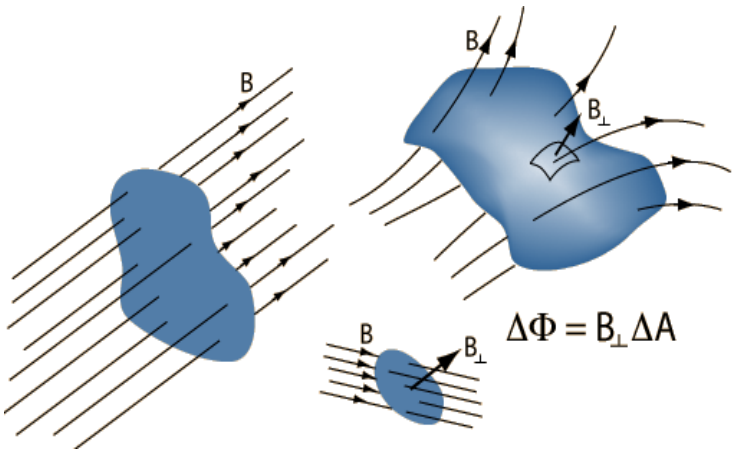
دمقناطيسي ساحې بهير: (Magnetic flux)

مقناطيسي بهير Φ_B دمقناطيسي ساحې B هغه شمېر کرښې دي چې ديوې سطحې A د منځ څخه عموداً $B\cos\Theta = B_\perp$ تيريږي. که چېرته مقناطيسي ساحه B ديوې هموارې سطحې A څخه تيريږي اودسطحې په هرځای کې متجانس او ثابت قيمت ولري نودمقناطيسي وکټور$\vec{B}$ اودسطحې عمودي وکټور $\vec{A}$ سکالري ضرب ته مقناطيسي بهيرΦ_B ويل کيږي.

$$\Phi_B = \vec{B}\,,\vec{A} \equiv BA\cos\Theta \qquad (3,6)$$

په (3,6) معادله کې دسطحې عمودي وکټور $\vec{A}$ په همدغه سطحه باندې عمودولاړدی اومقداريې دسطحې مساحت A سره مساوي دی.تيتا θ هغه زاويه ده چې دمقناطيسي ساحې $\vec{B}$ اودسطحې عمودي وکټور $\vec{A}$ ترمنځ جوړه شوې وي. دمقناطيسي ساحې وکټور هغه برخه چې په سطحه A عمودولاړه وي په $B_\perp$ ښوول کيږي.

که چېرته هغه سطحه چې دمقناطيسي ساحې کرښې ورڅخه تيريږي ناهمواره وي اوبلخوامقناطيسي ساحه B په هرځای کې تغيرکوي نوهمدغه سطحه A په کوچنيوتفاضلي سطحو dA باندې ترهغه پورې پرلپسې ويشو ترڅوچې يوخوا په نومورې سطحه کې مقناطيسي ساحه B متجانس قيمت غوره کړي اوبلخواناهمواره سطحه په همواره سطحه واوړي .



with kind permission of Author Rod Nave

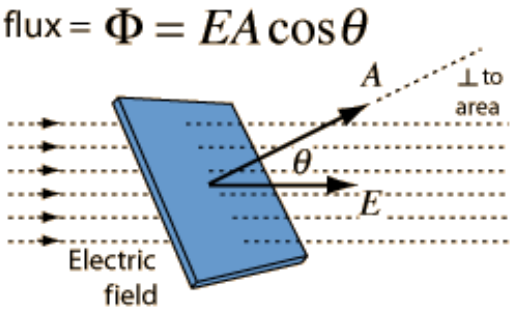
۳- ۹ شکل : ښي خواته دمقناطيسي ساحې بهير Φ_B ديوې ناهمواري سطحې څخه اوکين خواته دهمواري سطحې لپاره ښوول شوی دی. اخذليک (6)

کله چې دټولې سطحې A پرمخ دتفاضلي سطحې وکټور $\overrightarrow{dA}$ اودمقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ سکالري ضرب $\vec{B}, \overrightarrow{dA}$ انټګرال ونيول شي نوپه پايله کې ټول مقناطيسي بهير Φ_B ترلاسه کيږي کوم چې د A سطحي څخه تيريږي.

$$\Phi_B = \iint_A \vec{B}, \overrightarrow{dA} = \iint_A B_\perp \, , dA = \iint_A B\cos\theta, dA \qquad (3,7)$$

د برېښنايز ساحې بهير: (Electric flux)

هغه شمېر برېښنايز کرښې چې ديوې سطحې A دمنځ څخه عموداً $E_\perp$ تيريږي د برېښنايز بهير Φ_E په نوم يادېږي.



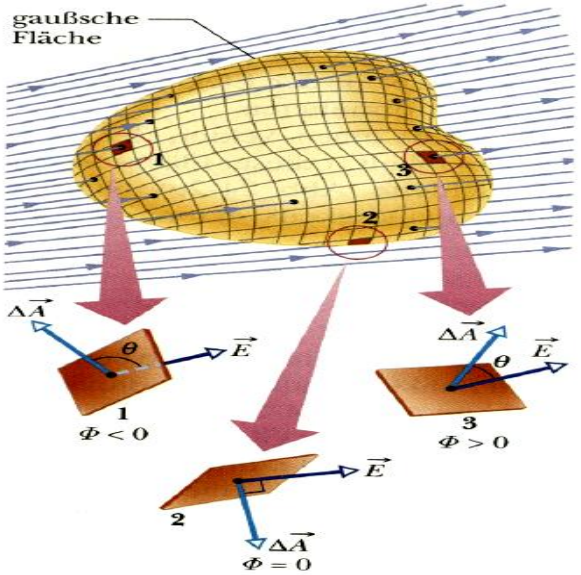
with kind permission of Author Rod Nave

۳- ۱۰ شکل : ديوې هموارې سطحې A څخه برېښنايز بيهر Φ_E تيريږي . برېښنايز ساحه اودسطحي وکټور $\vec{A}$ ديوبل سره دتيتا θ زاويه جوړوي.دسطحې وکټور $\vec{A}$ په همواره سطحه A باندې عمودولاړدی اومطلقه قيمت يې دسطحې مساحت سره مساوي دی. اخذليک.(6)

که چېرته برېښنايز ساحه E لکه ديوه خاذن لوحوتر منځ متجانس اوثابت قيمت ولري نو برېښنايز بهير Φ_E چې ديوې هموارې سطحې A څخه عموداً تيريږي د برېښنايز وکټور $\vec{E}$ اودسطحې وکټور $\vec{A}$ سکالري ضرب scalar product سره مساوي دی :

$$\Phi_E = \vec{E}.\vec{A} \equiv EA\cos\Theta = E_\perp A \qquad (3,8)$$

په (3,8) معادله کې دسطحي عمودي وکټور $\vec{A}$ دتعريف سره سم په همدغه سطحه باندې عمودولاړدی اومقداريې دسطحې مساحت A سره مساوي دی.تيتا θ هغه زاويه ده چې د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}$ اودسطحې عمودي وکټور $\vec{A}$ ترمنځ جوړه شوې وي.



With kind peermission of Wiley & Sons, Inc

۳- ۱۱شکل : دیوه جسم منحني ډوله سطحې څخه چې دګاوس سطحې په نوم یادیږي برېښنایز ساحې بهیرتیریږي .نوموړې سطحه په مربع شکله کوچنیوسطحوویشل شوې ده. ددریوټاکل شویوسطحولپاره د برېښنایز ساحې بهیر Φ_E مقدارښوول شوی دی. اخذلیک (5)

که چېرته هغه سطحه چې د برېښنایز ساحې کرښې ورڅخه تیریږي همواره نه وي نوهمدغه سطحه په کوچنیو مربع شکله سطحو ΔA ویشل کیږي په پایله کې دیوې ځانګړي کوچني برخي بهیر $\Delta\Phi_i = E_i, \Delta A_i$ ترلاسه کیږي. که ΔA کوچنی سطحه په فکرکې دومره نوره هم کوچنی کړوچې تفاضلي سطحې ته dA ورسیږي نود برېښنایز بهیرحاصل جمع په انتګرال اوړي.

کله چې دټولې سطحې A پرمخ دتفاضلي سطحې وکټور $\overrightarrow{dA}$ اود برېښنایز ساحې وکټور $\vec{E}$ سکالري ضرب انتګرال ونیول شي نوپه پایله کې ټول برېښنایز بهیر Φ_E ترلاسه کیږي .

$$\Phi_E = \sum_i \Delta\Phi_i = \sum_i E_i, \Delta A_i \longmapsto \Phi_E = \iint_{surface} \vec{E}\ , \overrightarrow{dA} \quad (3,9)$$



دويمه برخه

څلورم څپرکی

دماکسول معادلې : Maxwell's equations

دماکسول معادلې په ډاګه کوي چې څرنګه بربښنایزساحه اومقناطیسي ساحه منځ ته راځي اوڅرنګه هغوی په خپل منځ کې اړیکي لري .بلخوا بربښنایزساحه اومقناطیسي ساحه دبربښنایزچارج او بربښنایز جریان سره سم سیخ تړاولري.

- دماکسول معادلې دکلاسیک الکترودینامیک ،کلاسیک اپتیک او بربښنایز سرکټونوبنسټ تشکیلوي.
- په نوموړومعادلوکې دالکترومقناطیسي څپوتیوري اوټول پېژندل شوي قوانین دریاضي په څلوروبرخه ایزتفاضلي معادلو partial differential equations کې دډیفرنسشل اویا انتګرال په بڼه راغونډشوي دي.

Maxwell's four equations	دماکسول څلور معادلی
1. Gauss's Law for electric fields	د بربښنایز ساحې لپاره دګاوس قانون
2. Gauss's Law formagnetic fields	دمقناطیسي ساحې لپاره دګاوس قانون
3. Faraday's induction Law	دفاراډای انډکشن قانون
4. Ampere - Maxwell Law	دامپیر- ماکسول قانون

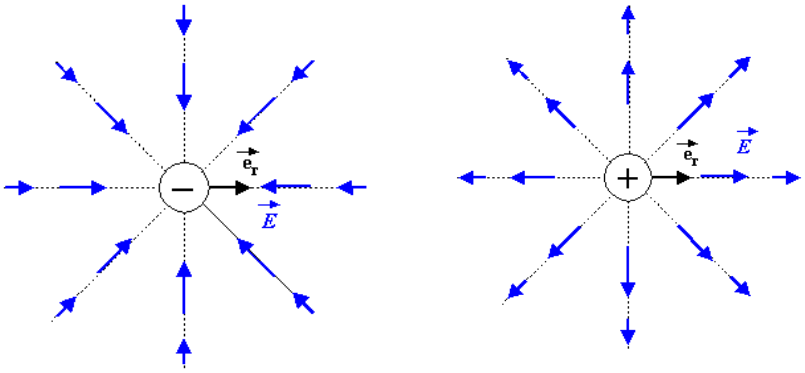
دماکسول لومړی معادله :

د برېښنایز ساحې لپاره دګاوس قانون : (Gauss's law for electric field)

دګاوس قانون په ډاګه کوي چې ساکن برېښنایز چارجونه Q_{encl} په خپل شاوخواکې دبرېښنایزساحې E بېلبدونکې (ډایورګینس Divergence) کرښې تولیدکوي چې دمثبت چارج څخه پیل کیږي اوپه منفي چارج باندې ختم کیږي

دګاوس قانون ډیفرنشل بڼه دیوې معادلې په توګه په لاندې ډول لیکو:

$$\operatorname{div}\vec{E} = \vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{Q_{encl}}{\epsilon_0} \qquad (4,1)$$



۴- ۱شکل : دمثبت چارج څخه برېښنایز کرښې راوځي اودیوبل څخه تباعدکوي divergence . بلخوا برېښنایز کرښې په منفي چارج کې راټولیږي Convergence اوهلته ختم کیږي.

یوحجم په نظرکې نیسوچې په دننه کې یې برېښنایز مثبت اومنفي چاروجونه Q_{encl} پراته دي او برېښنایز ساحه E تولیدکوي. داحجم -دیوې بهرنۍ ترڅې خیالي سطحې A څخه احاطه شویدی چې دګاوس سطحې Gaussian surface په نوم یادیږي .

د برېښنایز ساحې بهیر Φ_E چې دیوه حجم ترڅې سطحې $\oiint dA$ څخه بهرته راوځي دحجم په دننه کې دمحصله چارجونو Q_{encl} اودتشیا برېښنایز ثابت ε_0 حاصل تقسیم سره مساوي دی.

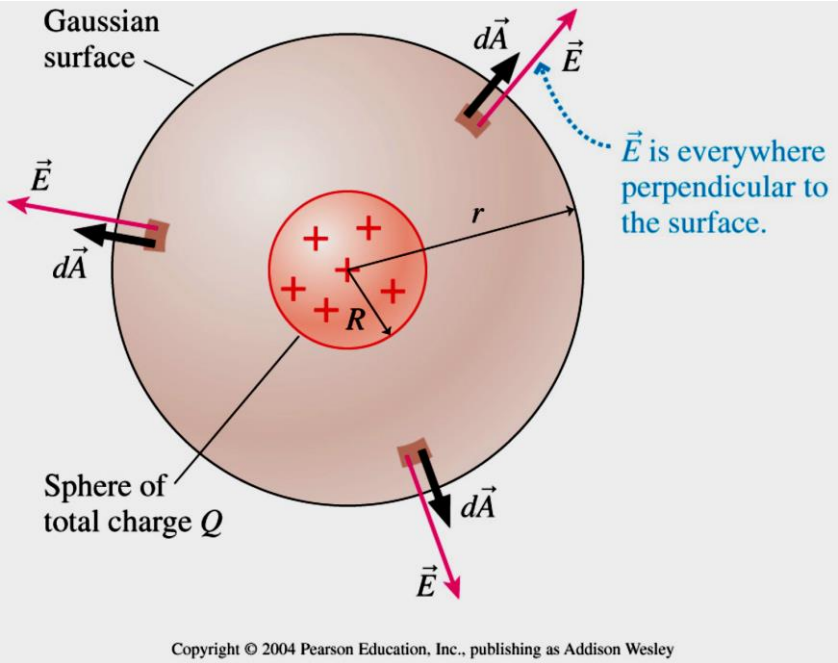
د برېښنایزساحې لپاره دګاوس قانون اینټګرال بڼه په لاندې ډول لیکو:

$$\Phi_E = \oiint_S \vec{E}.\overrightarrow{dA} = \frac{1}{\varepsilon_0}\iiint_V \rho\, dV = \frac{Q_{encl}}{\varepsilon_0} \qquad (4,2)$$

(دګاوس قانون)

دانتګرال سمبول په منځ کې دایره دا معنی لري چې دانتګرال کړنلاره په ټوله تړلې سطحه باندې عملي کیږي.

دتعریف سره سم دتفاضلي سطحې وکټور $\overrightarrow{dA}$ دګاوس په سطحه عمودولاړدی اوسمت یې دبهرخواته دی. همدارنګه د برېښنایز ساحې وکټور $\vec{E}$ سمت هم بهرخواته دی ځرنګه چې برېښنایز ساحه E دتړلي سطحي په هره نقطه کې ثابت قیمت لري نوله دې کبله دانتګرال څخه دمخ خواته کیښول کیږي اوپه پایله کې یوازې دتړلي تفاضلي سطحي $\oint dA$ انتګرال نیول کیږي اودثابت برېښنایز ساحي E سره ضرب کیږي.



۴- ۲ شکل: دګاوس یوه خیالي اوکروي ډوله سطحه Gaussian surface په پام کې نیسو چې په مرکزکې یې مثبت چارجونه Q_{encl} پراته دي. نوموړې یوه تړلې سطحه ده چې مثبت چارجونه یې احاطه کړي دي .

په نوموړې شکل کې منل شوې ده چې دتفاضلي سطې وکټور$\overrightarrow{dA}$ اودچارجونو برېښنایز ساحې وکټور $\vec{E}$ ترمنځ زاویه صفرده یعنې $(\cos 0^0 = 1)$. په بله معنی $\overrightarrow{dA}$ وکټوراو$\vec{E}$ وکټوردګاوس په تړلې کروي سطحه باندې عموداًولاړدي .

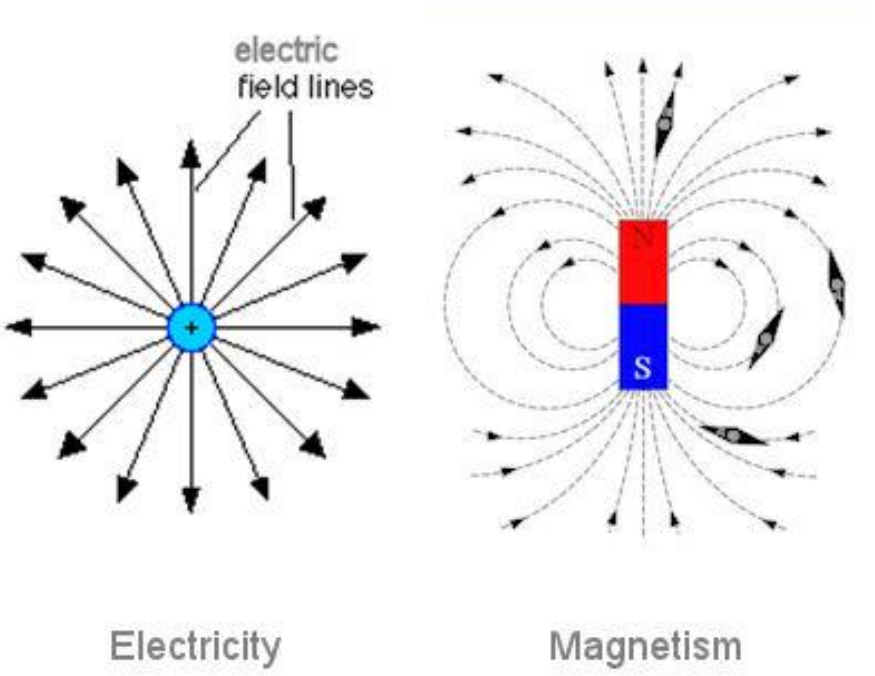


دماکسول دویمه معادله :

دمقناطیسي ساحې لپاره دګاوس قانون : (Gauss's law for magnetic field)

نوموړي قانون په ډاګه کوي چې دبرېښنایزچارج په شان مقناطیسي چارج لاتراوسه نه دی موندل شوي . په بله معنی داسې مقناطیس نه شته چې یوقطب ولري خوداسي مقناطیس شته دي چې دوه قطبونه لري. ځرنګه چې مقناطیسي چارج دیوې سرچینې په توګه نه شته چې مقناطیسي ساحه تولیدکړي نوله دې کبله دمقناطیسي

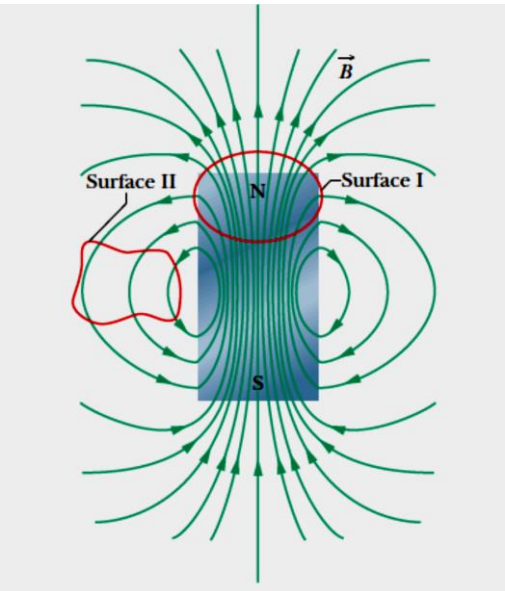
ساحې B ډايورګينس divergence = div دصفرسره مساوي دی. په دې معنی چې مقناطيسي کرښې يودبل څخه تباعد نه کوي اوټرلي کرښې دي .



۴- ۳ شکل : دمقناطيسي ساحې او برښنايز ساحې توپيرښوول شويدی

دمقناطيسي ساحې لپاره دګاوس قانون ډيفرينشل بڼه په لاندې ډول ليکلای شو:(7)

$$\operatorname{div}\vec{B} = \vec{\nabla}.\vec{B} = 0 \qquad (4,3)$$



۴-۴شکل:ديوې مقناطيسي ميلې لپاره دمقناطيسي ساحې B کرښې ښوول شوې دي چې په جنوب قطب S کې ورننوځي اوپه شمال قطب N کې ورڅخه راوځي . دمقناطيسي ډيپول شمال قطب ته سرچينه Source اوجنوب قطب ته Sink ويل کيږي . (7)

همدارنګه دګاوس دوه تړلې سطحي هم کښل شوې دي چې دکړۍ بڼه لري . څومره کرښې چې تړلې سطحې ته ورننوځي په همغه اندازه ېبرته ورڅخه راوځي. په بله معنی دمقناطيسي ساحې کرښې پيل او اخر نه لري بلکې دکړۍ په شان تړلې کرښې دي. همدالامل دی چې دمقناطيسي ساحې B ډايورګينس دصفرسره مساوي دی. دمقناطيسي ساحې B لپاره دګاوس قانون انتګرال بڼه په لاندې ډول څرګندوو :

- دمقناطيسي ساحې بهير Φ_B چې دیو حجم تړلې سطحې $\oiint_S \overrightarrow{dA}$ څخه بهرته راوځي، دصفرسره مساوي دی.

$$\Phi_B = \oiint_S \vec{B}, \overrightarrow{dA} = \iiint_V \vec{\nabla}, \vec{B}, dV = 0 \qquad (4,3)$$

يادونه : يوه تړلې سطحه A يوډول سطحه ده چې په منځ کې سورى نه لري اويوحجم V بيخې احاطه کوي. دنوموړې سطحې وکټور$\vec{A}$ په همدې سطحه باندې عمودولاړدی اوقيمت يې دسطحي مساحت سره مساوي دی.



دماکسو ل درېيمه معادله :

دفاراډای انډکشن قانون : Faraday's law of induction

که چېرته دمقناطيسي ساحې دکرښو شمېر چې ديوې تړلې هادي حلقې د دننه سطحې څخه تيريږي دوخت په تړاوتغيروکړي نوپايله يې داده چې دهادي حلقې په اوږدوکې برېښنايز جريان اوولټيج توليدکيږي .په هادي حلقه کې توليدشوی برېښنايز جريان ته induced current اوتوليد شوي ولټيج ته induced Electromotive force ويل کيږي. نوموړې کړنلارې د انډکشن induction په نوم يادېږي . انډکشن ولټيج emf دحلقې په اوږدوکې د برېښنايز ساحې حاصل جمع سره مساوي دی .

دفارادی قانون ډيفرنشل بڼه :

نوموړی قانون څرګندوي چې که ديوې هادي حلقې په واسطه احاطه شوې سطحي A په منځ کې دوخت t په تړاومقناطيسي ساحه تغيروکړي $\dot{B} = \frac{dB}{dt}$ نوپه پايله کې :

- نوپه هادي حلقه کې يوه برېښنايز ساحه E(r) توليدکيږي چې دساحې کرښې يې تړلې دي اود

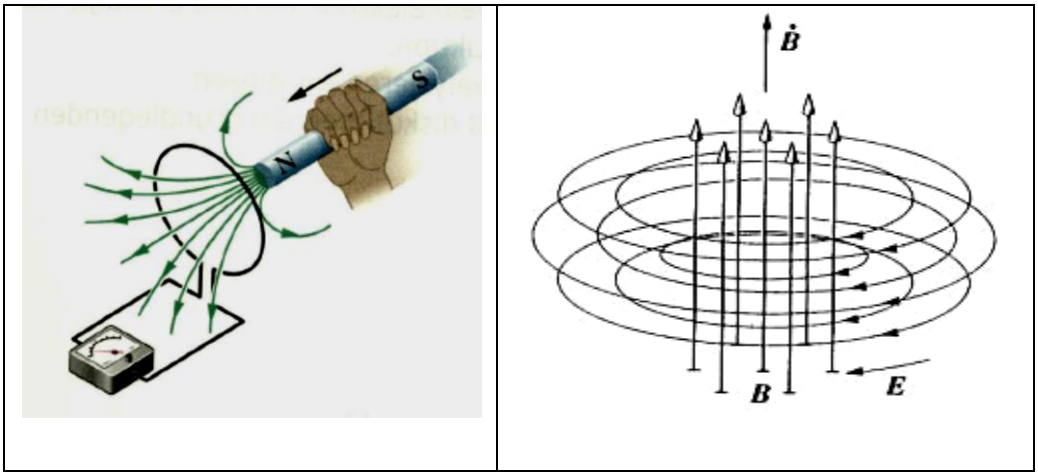
مقناطيسي کرښوپه شاوخواراځرخيږي (rotation= rot) .

- بلخوابدلېدونکې مقناطيسي ساحه ددې لامل ګرځي چې دهادي حلقي په اوږدوکې دانډکشن جريان induced current منځ ته راشي.
- دفارادی قانون **ډيفرنشل** بڼه په لاندې ډول ليکو:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E}(r) = \text{rot}\,\vec{E}(r) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = -\dot{\vec{B}} \qquad (4,4)$$

په پورتنۍ معادله کې دمنفي نښه ځکه ليکل شوې ده چې توليدشوی (انډکشن) بريښنايز جريان I_{ind} په خپل وارسره هم يوډول ثانوي مقناطيسي ساحه B_{ind} توليدکوي چې دابتدايي مقناطيسي ساحې B بدلون مخنيوی کوي اوله دې کبله مخالف سمت لري .

مقناطيسي ساحه B(r,t) اوهمدارنګه بريښنايز ساحه E(r,t) دځای r اودوخت t تابع دي.



۴- ۵ شکل: په نښې خواشکل کې ښوول شوې ده چې دمقناطيسي ساحې B(r,t) هرډول تغيريوه تړلې بريښنايزساحه E(r) توليد ("induces")کوي چې دمقناطيسي ساحې په شاوخواراځرخي . اخذليک .(7)

په کينې خواشکل کې تجربه رابنيي چې که چېرته دهادي سيم يوې حلقې ته مقناطيسي ميله ورنږدې کړو اويا ورځخه ليرې کړو نودهادي حلقې په منځ کې بريښنايز جريان توليدکيږي. داجريان دامپيرمترآلې په مټ اندازه کيږي اود Induced current په نوم يادږي.

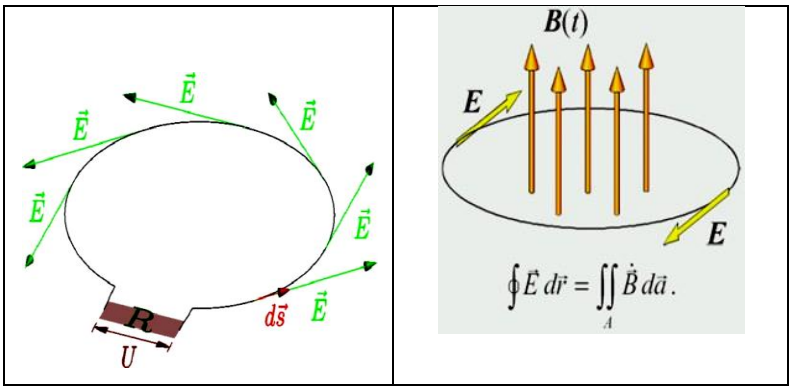
دفارادی قانون انتګرال بڼه :

که چېرته يوه ثابته سطحه A په پام کې ونيسوچې ديوې تړلې هادي حلقې په واسطه احاطه شوې وي اودنمورې سطحي په منځ کې دمقناطيسي ساحې بهير Φ_B دوخت په تړاوتغيروکړي $\frac{d\Phi_B}{dt}$ نوعددي قيمت يې دتړلې هادي حلقې په اوږدو C کې دانډکشن (توليدشوې) بريښنايز ساحې $\vec{E}_{ind}$ اودتفاضلي اوږدوالي $\overrightarrow{dS}$ سکالاري ضرب $\vec{E}_{ind}, d\vec{S}$ خطې انتګرال سره مساوي ده.

$$\oint_C \vec{E}_{ind}, d\vec{S} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}\iint_A \vec{B}, \overrightarrow{dA} \quad (4,5)$$

که چېرته د هادي حلقه تړلې نه وي اوخلاصه وي نودهادي حلقي دځوکوپه اخر برخه کې انډکشن ولټيج $\epsilon_{ind} = U_{ind}$ منځ ته راځي. نوموړی ولټيج دوخت په تړاوبدليدونکی مقناطيسي بهيرسره مساوي دی. نوموړی مطلب په لاندي ډول ليکو:

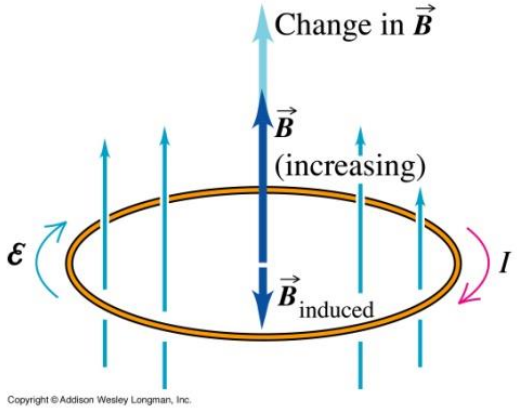
$$\epsilon_{ind} = \oint_C \vec{E}_{ind}, d\vec{S} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4,6)$$



۴-٦ شکل : دهادي سيم يوه حلقه ښوول شوې ده چې په څنډه کې يې يومقاومت R تړلی دی . که چېرته دنوموړې هادي حلقي په د دننه سطحه کې دمقناطيسي ساحې کثافت دوخت په تړاوتغيروکړي $\frac{d\Phi_B}{dt}$ ، نودهادي حلقي دمقاومت په څنډوکې دانډکشن ولټيج ϵ_{ind} توليدکيږي. بلخوادهادي سيم په هره تفاضلي برخه کې يوه څرخېد ونکې برېښنايز ساحه E منځ ته راځي چې انډکشن برېښنايز جريان induction current توليدکوي. کله چې دهادي سيم په هرتفاضلي اوږدوالي dS کې د برېښنايز ساحې انتګرال ونيسونوعددي قيمت يې دانډکشن ولټيج $\epsilon_{ind} = \oint_C \vec{E}_{ind}, d\vec{S}$ سره مساوي دی.(7)

دفاراډای انډکشن قانون سره په تړاوکې ماکسول کارپوه نوي معلومات ومودل چې په لاندي ډول بيان کيږي .

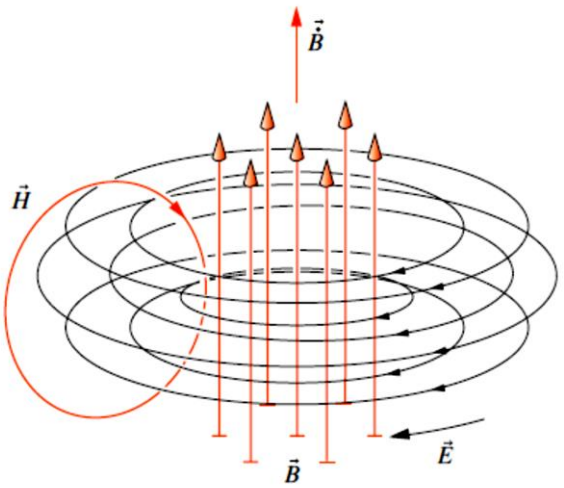
- دفاراډاي انډکشن قانون په ډاګه کوي چې که چېرته ديوه حلقوي هادي سيم په منځ سطحه کې دابتدايي مقناطيسي ساحې کثافت $B_{increasing}$ دوخت په تړاوتغيروکړي د ېلګې په توګه ډيرښت وموميِ $\frac{d\Phi_B}{dt} > 0$ ،نوپه پايله کې په هادي سيم کې دانډکشن ولټيج ϵ_{ind} توليدکيږي . نوموړې ولټيج دانډکشن برېښنايز جريان $I_{induction}$ لامل ګرځي. دانډکشن برېښنايز جريان په خپل وارسره دوخت په تړاوثابته ثانوي مقناطيسي ساحه $B_{induced}$ توليدکوي چې دابتدايي مقناطيسي ساحې $B_{increasing}$ په وړاندې مخالف جهت لري. نوموړی مطلب په ۴-۷ شکل کې ښوول شوی دی .



۴- ۷ شکل : دلینځ قانون Lenz's law څرګندوي چې دطبیعت تمایل داسي دی چې دیوه هادي سیم په د دننه سطحه کې دیوې ابتدایي بدلیدونکي مقناطیسي ساحې $B_{increasing}$ پر وړاندي مقاومت منځ ته راځي اویوه ثانوي مخالف جهته مقناطیسي ساحه $B_{induced}$ تولیدکیږي. نوموړې ثانوي مقناطیسي ساحه داندکشن برېښنایز جریان $I= I_{induced}$ په مټ منځ ته راځي چې دهادي سیم په اوږدوکې بهیږي . په پایله کې دابتدایي مقناطیسي ساحې $B_{increasing}$ دزیاتوالي مخنیوی کیږي. اخذلیک (7)

خوپه فضاء ءکې دماکسول معادلې تفاضلي معادلو په ډاګه کړه چې دفاراډای اندکشن قانون نیمګړی دی . داځکه چې که دوخت په تړاودابتدایي مقناطیسي ساحې کثافت په غیرثابت سرعت تغیروکړي $B_{increasing}$ (د بېلګې په توګه هغه مقناطیسي ساحه چې دمتناوب جریان په واسطه تولیدکیږي)، نوپه پایله کې دابتدایي مقناطیسي ساحې په چاپیره کې ،که دهادي سیم حلقه شتون ولري اوکه یې وه نه لري، یوه څرخېد ونکی برېښنایز ساحه E او برېښنایزجریان $I_{induced}$ تولیدکیږي چې دوخت په تړاوتغیرکوي. نوموړي متغیر برېښنایز جریان په خپل شاوخواکې څرخېدونکې ثانوي مقناطیسي ساحه H(t) تولیدکوي .

په پایله کې د برېښنایز څرخېدونکې ساحې E(t) او د مقناطیسي څرخېدونکي ساحې H(t) دتولید کړنلاره پرلپسې تکرارکیږي چې په فضاء ءکې دالکترومقناطیسي څپود خپرېدنې لامل ګرځي .

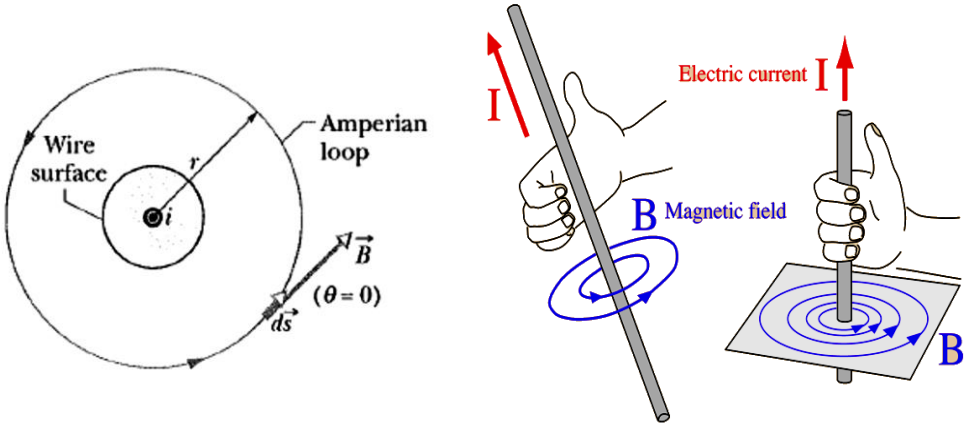


۴- ۸ شکل: که دوخت په تړاودابتدایي مقناطیسي ساحې کثافت په ناثابت سرعت سره تغیروکړي $\frac{d\Phi_B}{dt} \neq \text{constant}$ ، نوپه پایله کې دوخت په تړاومتغیر څرخېد ونکی برېښنایز ساحه E(t) تولیدکیږي چې په خپل وارسره ثانوي مقناطیسي ساحه H(t) تولیدکوي. نوموړی مطلب په لاندې ډول سره لیکلای شو:

$$\vec{E}(r.t) \Leftrightarrow \vec{B}(r.t)$$

دامپيرقانون : Ampere's Law

يو برېښنايز سرکټ په پام کې نيسوچې دهادي سيم په مټ دمستقيم ولټيج منبع سره ټرلی دی. دهادي سيم د منځ څخه برېښنايزجريان I تيريږي اودخپل شاوخوادايروي مسيرپه اوږدوکې متحدالمرکزمقناطيسي ساحه B توليدکوي. دامقناطيسي ساحه $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ د برېښنايز جريان مقدارI سره سم سيخ متناسب ده .



permission

۹-۴ شکل : ښي خواته يوهادي سيم دځنګ خواڅخه ښوول شوی دی چې

دمنځ څخه برېښنايز جريان I_c تيريږي اوپه خپل شاوخواکې دايروي شکله متحدالمرکزمقناطيسي ساحه $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ توليدکوي.مقناطيسي ساحه دهادي سيم څخه دشعاع برعکس واټن سره کمښت مومي اودوکټورونوپه اوږدوالي ښوول شوې ده. اخذليک (8)

کيږ خواته همدغه هادي سيم د عرضي مقطع په بڼه ښوول شوی دی. برېښنايز جريان I_c ديوې سطحې منځ څخه تيريږي چې ددايروي شکله ټرلي حلقې loop په واسطه احاطه شوې ده. احاطه شوې سطحه دامپيرحلقي Amperian loop په نوم يادېږي. مقناطيسي ساحه B ددايروي مسير په هره نقطه کې د تانجينت Tangent بڼه لري او dS دحلقې يوه کوچنی تفاضلي اوږدوالی څرګندوي.

دامپيرقانون په ډاګه کوي چې که ديوې ټرلي حلقې C په اوږدوکې د $\vec{B}, \vec{dS} = B \cos\theta \; dS$ سکالارې ضرب خطي انتګرال ونيول شي نوپايله يې دمحصله برېښنايز جريان I_C سره سم سيخ متناسب ده چې د ټرلي حلقې په واسطه احاطه شوې سطحې A دمنځ څخه تيريږي نوموړی مطلب د انتګرال معادلې په توګه په لاندې ډول ليکو:

$$\oint_c \vec{B}, \vec{dS} = \mu_0 \iint_A \vec{J_c}, d\vec{A} = \mu_0 I_C \quad \text{(امپيرقانون)} \quad (4,7)$$

.په (4.7) معادله کې I_C برېښنايز جريان دی چې دخيالي امپيرحلقي په واسطه احاطه شوی دی، μ_0 په فضاء کې دمقناطيسي نفوذوړتياثابت permeability او J_c دهدايت کوونکی برېښنايز جريان کثافت دی چې ديوه هادي سيم مقطع عرضي سطحي څخه تيريږي. د J_c واحدامپيرپرمترمربع A/m^2 ټاکل شوی دی. دامپرقانون ډيفرنسيال بڼه په لاندې ډول ليکل کيږي.

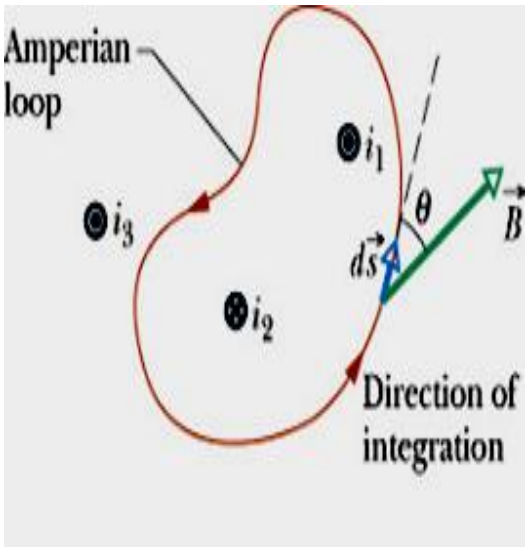
$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \text{rot}\,\vec{B} = \text{curl}\,\vec{B} = \mu_0 \vec{J_C} \quad (4,8)$$

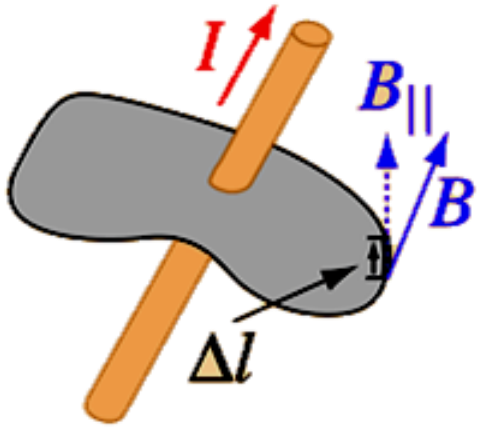
خوځيدونکي برېښنايز چارجونه ($\vec{J}_C$) جريانونه برېښنايز مقناطيسي ساحې توليدکوي چې دهغوی دساحې کرښې دبرېښنايزجريانونوپه شاوخواراڅرخي.

په (4.8) معادله کې کرل curl ، روټ rot اونبلا $\vec{\nabla}$ د مکان په تړاودمقناطيسي ساحې درې بعده ځايزبدلون څرګندوي اودعملګر operator په نوم يادېږي.

دامپيرقانون نه يوازې ديوې تړلې دايروې حلقي لپاره اعتبارلري چې دايروي بڼه ولري بلکې دزړه په خوښه خيالي حلقي لپاره هم اعتبارلري چې مسيريې منحني بڼه ولري اودامپيرين حلقي Amperian loop په نوم يادېږي.

که چېرته حلقوي مسيرپه کوچنيوتفاضلي برخو $d\vec{s}$ وويشواودټول مسيرپه هره نقطه کې دمقناطيسي ساحې B مطلقه قيمت حاصل جمع ترسره کړونومقدار يې دمحصله برېښنايز جريان I سره متناسب ده چې دامپيرحلقي په واسطه احاطه شوې سطحې دمنځ څخه تيريږي.





۴ -۱۰ شکل : په بڼې خواکې دامپيرقانون دمنحني ډوله حلقي لپاره ښوول شوی دی چې دمنځ څخه يې برېښنايز جريان I تيريږي . که چېرته دحلقي مسيرپه کوچنيوبرخوΔl وويشواودمقناطيسي ساحې هغه جزسره يې ضرب کړوچې دمسير Δl سره موازې وي $B_{\|}$ اوداکړنلاره دټول مسيرلپاره ترسره کړونوحاصل جمع يې دمحصله برېښنايز جريان سره سم سيخ متناسب ده چې دحلقي په واسطه احاطه شوې سطحې منځ څخه تيريږي. نوموړي مطلب درياضي په ژبه په لاندې ډول ليکو:

$$\sum B_{\|}\,\Delta l = \mu_0 I \quad (4,9)$$

په کېن خواکې ديوې تړلې اختيارې امپيرحلقي Amperian loop دسطحې منځ څخه برېښنايز جريان i_1 او i_2 تيريږي اودحلقوي مسيرپه اوږدوکې مقناطيسي ساحه B توليدکوي. دمسيرپه هره نقطه کې دتفاضلي اوږدوالي وکټور $d\vec{s}$ اومقناطيسي ساحې وکټور$\vec{B}$ ترمنځ زاويه په Θ ښوول شوې ده. څرنګه چې برېښنايز جريان i_3 دامپيرحلقې څخه بهرتيريږي نوله دې کبله دامپيرقانون وربانديې نه شي تطبيق کېدای. اخذليک (9)

دماکسول معادلې انډکشن قانون : Maxwell's law of induction

سريزه :

https://en.wikipedia.org/wiki/Amp%C3%A8re%27s_circuital_lawپر 1861 زکال کې انګريزفزيک پوه جيمزکليرک م اکس ول J.C.Maxwell دفارادای قانون Faraday's Law تر څېړنې لاندې ونيواوپه پايله کې يې لاندې تحليل وکړ :

۱. څرنګه چې دفارادای انډکشن قانون induction له مخې دوخت په تړاوبدليدونکې مقناطيسي ساحه برېښنايز جريان I_{ind} توليدکوي اوپه فزيک کې دتناظرکړنلاره تل ثبوت شوې ده نوم اکس ول کارپوه داپوښتنه راپورته کړه چې دتناظرپه پام کې نيولوسره همدارنګه دوخت په تړاو بدليدونکې برېښنايز ساحه کېدای شي يوډول جريان I_d توليدکړي.

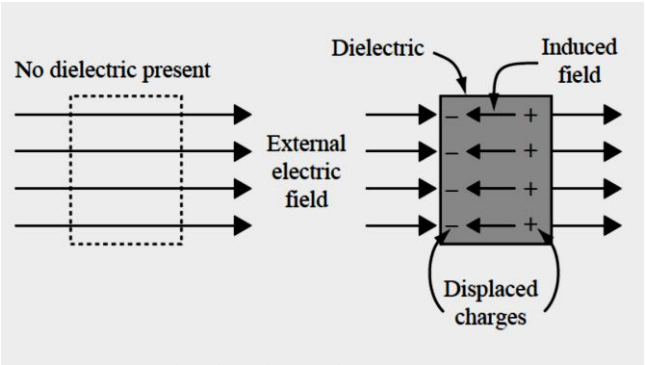
۲. بلخواپه يوه هادي جسم کې آزادچارجونه q د برېښنايز ساحې $E = F/q$ تراغيزې لاندې راځي اوحرکت کوي. په پايله کې په هادي جسم کې د برېښنايز جريان کثافت $J_c = \sigma E$ بهيږي.

۳. خوپه يوه عايق جسم کې برېښنايز چارجونه لکه ديوه هادي جسم په شان ازادحرکت نه شي کولای اويودبل سره کلک تړلي دي . دعايق مادې تړلي چارجونه لکه داټوم هسته اودهغې شاوخوا الکترونونه دهمدې ځای برېښنايز ساحې E په مټ دخپل تعادل ځای څخه لږځه بې ځايه کيږي . په پايله کې دعايق جسم اټومونه برېښنايز قطبونه ځانته غوره کوي اودځايز برېښنايز ساحې E اغيزمنتوب راټيټوي . نوموړې کړنلاره دعايق پولارېزېشن dielectric polarization په نوم يادېږي . څرنګه چې داټوم هسته اودهغې الکترونونه دخپل ځای څخه د برېښنايز ساحې E په مټ بې ځايه کيږي نوله دې کبله په عايق ماده کې يوه اغيزمنه برېښنايز ساحه $D = \varepsilon_r\varepsilon_0 E$ توليدکيږي (induced) چې د برېښنايز بې ځايه کوونکي ساحې, electric displacement field په نوم يادېږي. په تشياکې دنوموړې ساحې او برېښنايزساحې E ترمنځ اړيکي مساوي دي له : $D = \varepsilon_0 E$، اوپه عايق ماده کې $D = \varepsilon_r\varepsilon_0 E$

۴. دماکسول معادلې تيوري پر اساس دوه ډوله برېښنايز ساحې شتون لري چې په E او $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E}$ ښوول کيږي: داځکه چې دوه ډوله برېښنايز چارجونه پېژندل شوي دي اوپه لاندې ډول څرګندېږي :

a. هغه چارجونه دي چې په هادي جسم کې آزادحرکت کوي.

b. هغه چارجونه دي چې ازادحرکت نه شي کولای اوپه يوه عايق ماده کې شتون لري ،داځکه چې په عايق ماده کې چارجونه په خپل منځ کې سره تړلي وي. لکه داټوم مثبت هسته اودهغه منفي چارج شوي الکترونونه ديوبل سره کلک تړلي دي.



۴ -۱۱ شکل : کينې خواشکل کې برېښنايز ساحه ديوه چاپېريال څخه تيريږي چې هلته عايق ماده شتون نه لري . په ښي خواشکل کې برېښنايز ساحه ديوه چاپېريال څخه تيريږي چې هلته عايق ماده شتون لري . په وروستي حالت کې بهرنی برېښنايز ساحه E دعايق مادې اټومونه قطبي کوي Electric polarization په پايله کې داټوم مثبت هسته دمدارمنفي الکترونوڅخه

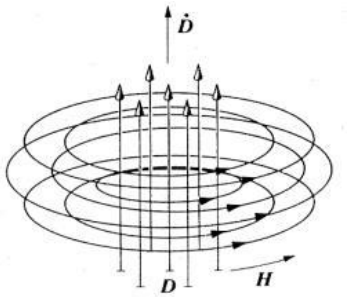
لړځه بې ځايه کيږي (displaced charges) اودچارجونوترمنځ يوه برېښنايز ساحه (Induced field) توليدکيږي . دانډکشن نوموړي برېښنايز ساحه E_{ind} دبهرنی برېښنايز ساحې مخالف سمت لري اوله دې کبله کمزوري کيږي . په پايله کې اغيزمنه برېښنايز ساحه $D = \varepsilon_0, E_{ind}$ منځ ته راځي چې دبې ځايه کوونکې برېښنايز ساحې Displacement field په نوم يادېږي.

دماکسول معادلې انډکشن قانون ډيفرنشل بڼه :

دماکسول معادلې انډکشن قانون ډيفرنسيال بڼه په ډاګه کوي چې دوخت t په تړاوبدليدونکې برېښنايز بې ځايه کوونکې ساحه $\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E}$ په خپل شاوخواکې دمقناطيسي ساحې B تړلې کرښې توليدکوي ("induces") چې د برېښنايز ساحې E په شاوخوا راڅرخيږي . نوموړې مطلب په لاندې ډول ليکو:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \text{rot}\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial\vec{E}}{\partial t} = \mu_0 \frac{\partial D}{\partial t} \qquad (4{,}10)$$

په (4.10) معادله کې $D = \varepsilon_0\vec{E}$ بې ځايه کوونکې برېښنايز ساحه electric displacement field ده. بلخوادياددولوخبره داهم ده چې په يوه ماده کې مقناطيسي ساحه B دمقناطيسي ساحې شدت H سره متناسب ده . د بېلګې په توګه $\vec{B} = \mu\vec{H}$ ،دلته ميو μ دمادي ثابت دی چې دمقناطيسي دنفوذوړتيا magnetic permeability په نوم يادېږي.



۴- -۱۲ شکل: دماکسول معادلې تجربو په ډاګه کړه چې که چېرته دوخت په تړاو بېځايه کوونکې برېښنايز ساحه $\dot{D} = \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$ تغيروکړي ،نوپه پايله کې دمقناطيسي ساحې شدت H تړلې کرښې توليدکيږي ("induces") چې د $\dot{D}$ په شاوخواراڅرخيږي.

دماکسول معادلې انډکشن قانون انتګرال بڼه:

که چېرته په تشيال لاويااعايق ماده کې يوه سطحه A په پام کې ونيسوچې ديوې تړلې هادي حلقې C په واسطه احاطه شوې وي او د A سطحې په د دننه کې دبرېښنايز ساحې بهير Φ_E دوخت په تړاوتغيروکړي $\frac{d\Phi_E}{dt}$ نوعددي قيمت يې دتړلې هادي حلقې په اوږدوکې C دانډکشن (توليدشوي) مقناطيسي ساحې $\vec{B}_{ind}$ اودتفاضلي اوږدوالي $\overrightarrow{dS}$ سکالاري ضرب $\vec{E}_{ind}, d\vec{S}$ خطي انتګرال سره مساوي ده.

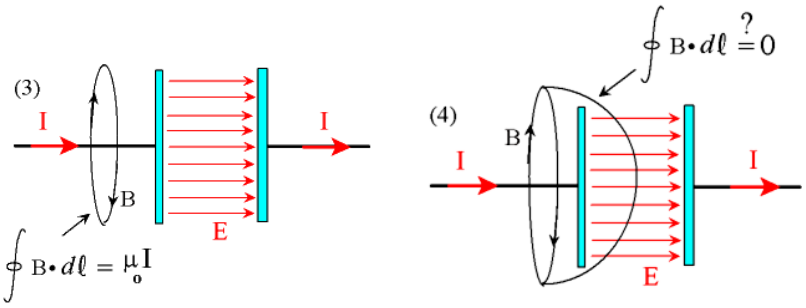
$$\oint_C \vec{B}_{ind}, d\vec{S} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{d}{dt}\iint_A \vec{E}, \overrightarrow{dA} \quad (4{,}11)$$

دماکسول څلورمه معادله :

دامپيراوماکسول قانون :Ampere - Maxwell law

ماکسول C.Maxwell. ساينسپوه په ډاګه کړه چې په تشيال اوپه عايق ماده dielectricum کې دالکترومقناطيسي څپود خپرېدنې کړنلاره اوشتون باندې سړی هغه مهال پوهيدلای شي کله چې دامپيرقانون په معادله کې د انتقال کوونکي بريښناجريان $I_C =$ $\frac{dQ}{dt}$ برخې term سره يوځای ديوه بل ډول جريان برخه جمع شي چې دماکسول معادلې په وينا دبيځايه کوونکي بريښنايز جريان electric displacement current په نوم يادېږي. دنوموړي جريان لنډيزپه په I_d کيږي. نوموړی جريان مساوي دی له :

$$I_d = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$



۴ -۱۳ شکل : : په يوه متناوب بريښنايز سرکټ کې يوچارج شوی خاذن په پام کې نيسو چې دخاذن دواړه لوحې يې ديوه هادي سيم په مټ د بريښنايز سرچينې سره ټرلې دي.

ماکسول C.Maxwell.کارپوه دتجربوپه مټ وښودله چې دامپير قانون Ampère's Law نيمګړی دی . داځکه چې که په يوه متناوب بريښنايز سرکټ کې يوخاذن موجودوي نودخاذن په منځ کې هدايت کوونکی بريښنايز جريان $I_C = \frac{dq}{dt}$ په ټپه دريږي. په داسې حال کې چې دخاذن څخه بهرپه پاتې بريښنايز سرکټ کې هادي بريښنايز جريان I_C = conducting current دوام لري. نوموړي مطلب ۴-۱۳ شکل په مټ تشريح شوی دی.

دکيني خواڅخه ښي خواته د بريښنايز سرکټ Electric Circuit هره يوه برخه دامپيرقانون په کارولوسره په لاندې ډول څرګندوو.

۱. په ښي خوا شکل کې (4) دسرکټ په هرځای کې هدايت کوونکی بريښنايز جريان I_C بهيږي خودخاذن په منځ برخه کې هادي بريښنايزجريان يوه ناڅاپه په ټپه دريږي.

۲. په کينې خواشکل کې (3) دخاذن څخه بهربرخه کې هدايت کوونکی بريښنايز جريان I_C بهيږي اودهادي سيم په شاوخواکې څرخېد ونکې مقناطيسي ساحه توليد کوي. دامپيرقانون پر اساس دخاذن په بهربرخه کې دتوليدشوې مقناطيسي ساحې B اود انتقال کوونکي بريښنايز جريان I_C ترمنځ لاندې اړيکې شتون لري:

$$\oint_C \vec{B}, \vec{ds} = \mu_0 I_C \qquad (4,12\ )$$

۳. په ښي خواشکل کې (4) دامپيرقانون سره سم يوه منحني ډوله سطحه کښل شوې ده چې دخيالي امپيرحلقې په واسطه احاطه شوې ده اواوږدوالي يې آن دخاذن لوحوترمنځ برخې پورې رسيږي. څرنګه چې دخاذن لوحوترمنځ هدايت کوونکی

برېښنايز جريان $I_C = \frac{dQ}{dt}$ نه بهيږي نوله دې کبله دامپيرقانون اعتبارنه لري . نوموړی مطلب په لاندې ډول ليکو:

$$\oint_C \overrightarrow{B}, \overrightarrow{ds} = 0 \quad (4,12)$$

۴. م اکس ول فزيک پوه دتجربواوتيوري پر اساس وښودله چې که چېرته دخاذن دواړولوحوپه منځ کې برېښنايز بهير Φ_E دوخت په تړاوتغيروکړي نود انتقال کوونکي جريان I_C پرځای يوبل ډول ځانګړی برېښنايز جريان توليدکيږي چې دبې ځايه کوونکي برېښنايز جريان Displacement current په نوم يادېږي اولنډيزيې په I_d سره کيږي. م اکس ول فزيک پوه په ډاګه کړه چې دخاذن په منځ کې بې ځايه کوونکی برېښنايز جريان $I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$ دسرکټ په هادي سيم کې دبهيدونکي جريان $I_C = \frac{dQ}{dt}$ سره کټ مټ يوشان اغيزه لري . داځکه چې بيځايه کوونکی برېښنايز جريان I_d دخاذن لوحوپه منځ کې د برېښنايز ساحې E په شاوخواکې څرخېد ونکې مقناطيسي ساحه B توليدکوي چې د انتقال کوونکي جريان I_C په واسطه توليدشوې مقناطيسي ساحې سره کټ مټ يوشان ده .



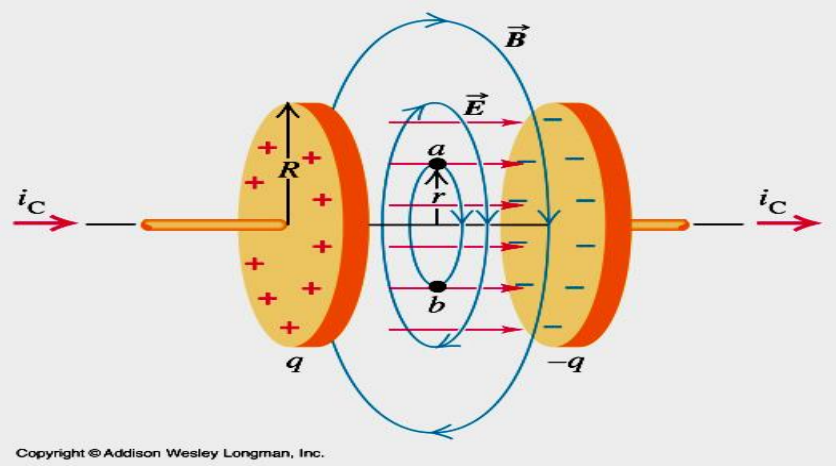
بېځايه کوونکی برېښنايز جريان : Displacement current

ماکسول فزيک پوه دتجربوپه مټ وښودله چې کله يو خاذن چارج کيږي نودخاذن په لوحوباندې د برېښنايز چارجونو شمېر تغيرکوي . په پايله کې دخاذن په منځ کې هم يوډول برېښنايز جريان بهيږي چې د بېځايه کوونکي برېښنايز جريان په نوم يادېږ ي اومساوي دی له :

$$I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{dQ}{dt} \qquad (4,13)$$

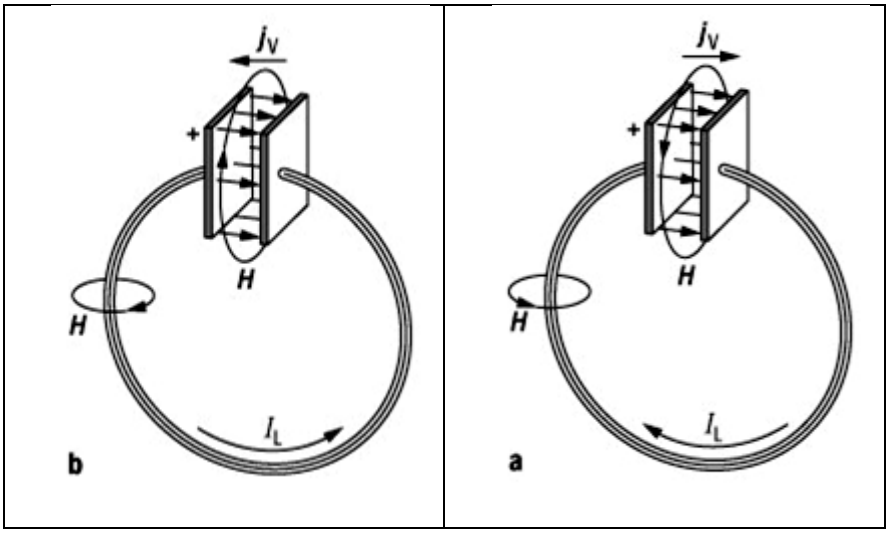
دماکسول دتيورې له مخې نوموړی جريان دعايق مادې پولاريزيشن پر اساس منځ ته راځي. دخاذن په دننه برخه کې دبېځايه کوونکي برېښنايز جريان I_d په مټ يوه مقناطيسي ساحه B توليد کيږي چې دنوموړي برېښنايز ساحې په شاوخواراڅرخيږي . نوموړې مقناطيسي ساحه په هادی سيم کې د انتقال کوونکي برېښنايز جريان I_c په مټ توليدشوې مقناطيسي ساحې سره کټ مټ يوشان ده .

- هغه برېښنايز جريان چې په عايق ماده کې بهيږي دماکسول فزيک پوه له خواومونډل شواودبېځايه کوونکي برېښنايز جريان electric displacement current په نوم يادېږي .
- هغه برېښنايز جريان چې په هدايت کوونکې ماده کې بهيږي دامپير فزيک پوه له خواومونډل شواودهدايت کوونکي برېښنايز جريان "*conducting* electrical *current*" په نوم يادېږي .



۴- -۱۴ شکل : په يوه متناوب برېښنايز سرکټ کې يوخاذن دهادي سيم په مټ ديوې برېښنايزسرچينې سره ټرلی دی . دخاذن لوحوپه منځ کې يوه عايق ماده شتون لري چې هدايت کوونکی بريښناجريان $I_c = \frac{dQ}{dt}$ ورڅخه تېريدلای نه شي. دکيرهوف دټرون قانون Kirchhoff's junction rule پر اساس دخاذن کين خوالوحې ته انتقال کوونکي برېښنايز جريان i_c ورننوځي اودخاذن نښې خوالوحې څخه بېرته راوځي.

دماکسول تيوري په ډاګه کوي چې دبرقي سرکټ هادی برخې برېښنايز جريان کثافت $J_c = \sigma E$ اودخاذن په منځ عايق ماده کې بېځايه کوونکي برېښنايزجريان کثافت $I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{dQ}{dt}$ په فزيکي تړاوکټ مټ يوډول خواص لري . داځکه چې دواړه برېښنايز جريانونه يعنې J_c او J_d په خپل شاوخواکې کټ مټ يوشان مقناطيسي ساحه B توليدکوي.



۴ - -۱۵ شکل : په يوه رزونېنس برېښنايز سرکټ کې resonant circuit يوچارج شوی خاذن په پام کې نيسوچې دخاذن دواړه لوحې يې ديوه هادي سيم په مټ ديوبل سره ټرلی دی اودوخت په تړاوډيسچارج يعني بې چارج کيږي.

دخاذن په دننه کې برېښنايز ساحه لړځه مخکې له اعظمي چارج کيدنې څخه (a اولړځه وروسته له اعظمي چارج کيدنې څخه (b کښل شوی دی

کله چې يوخاذن چارج کيږي نوپه هادي سيم کې دچارجونو برېښنايز جريان I_L اودخاذن په عايق ماده کې برېښنايز بېځايه کوونکي جريان I_V بهيږي. خودواړه جريانونه سره جمع کيږي اودسرکټ ټول جريان I_{total} تشکيلوي.

$$I_{total} = I_C + I_d \qquad (4,14)$$

په لوړفريکونس سرکټ کې بېځايه کوونکې جريان $I_V = I_d$ ونډه زياته ده خوپه ټيټ فريکونس سرکټ کې دهادي جريان $I_L = I_c$ ونډه زياتيږي.

په پايله کې دماکسول اوامپيرکارپوهانوګډه ډيفرنسيال معادله په لاندې ډول ليکلای شو:

$$\text{rot}\,\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J_C} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \qquad (4,15)$$

(دامپيراوماکسول فزيکپوهانو ګډقانون)

- د(4.15) معادلې د ښي خوالومړي ترم term داوم قانون Ohms law دی اوپه هادي جسم کې دازادوچارجونو دجريان کثافت $J_C = \sigma E$ څرګندوي .
- دمعادلې دويم ترم $J_d = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$ په ډاګه کوي چې که چېرته دخاذن په عايق ماده کې دوخت په تړاو برېښنايز ساحه تغيروکړي نود نومورې ساحې په شاوخوا کې دمقناطيسي ساحې شدت څرخېد ونکې ټرلې کرښې منځ ته راځي. په پايله کې دخاذن لوحوترمنځ بېځايه کوونکي برېښنايزجريان کثافت J_d بهيږي.
- د ماکسول اوامپيرکارپوهانوګډه انټګرال معادله په لاندې ډول ليکلای شو:

$$\oint_C \vec{B}_{ind}, \overrightarrow{dS} = \mu_0 I_C + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \iint_A \vec{E}(r.t), d\vec{A} \quad (4,16)$$

$$\oint_C \vec{B}_{ind}, \overrightarrow{dS} = \mu_0 \iint_A \vec{J}_C , d\vec{A} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \iint_A \vec{E}, d\vec{A} \quad (4,17)$$

ماکسول دامپیراو انتګرال ګډقانون معادله

- دامپیراوماکسول ګډ قانون په ډاګه کوي چې په هادي جسم کې د انتقال کوونکي برېښنایز جریان کثافت J_C اوهمدارنګه په تشیال اویاعایق ماده کې بیځایه کوونکي برېښنایزجریان کثافت J_d په خپل شاوخواکې کټ مټ یوشان مقناطیسي ساحه $\vec{B}_{ind}$ تولیدکوي . دمقناطیسي ساحې کرښې دیوې ترڼې سطحې په څنده کې C راڅرخیږي او I_C او J_d دهمدې سطحې A د د دننه څخه تیریږي.

پایله :

دالکتروډینامیک په څانګه کې دماکسول تفاضلي معادلې په ډاګه کوي چې دوخت اومکان په تړاوبدلیدونکي برېښنایز ساحه **E(r,t)** تل یوه مقناطیسي ساحه تولیدکوي اوبرعکس دوخت اومکان په تړاو بدلیدونکي مقناطیسي ساحه **B(r,t)** تل یوه برېښنایز ساحه تولیدکوي. نوموړی مطلب دریاضي په ژبه په لاندې ډول لیکو:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) \quad \Leftrightarrow \quad \vec{B}(\vec{r}, t)$$

په ۴- ۱جدول کې دماکسول ډیفرنشل معادلې بڼه لیکل شوي ده

شمېره	دماکسول ډيفرنشل معادلې نوم		تشريح
1	د برېښنايز ساحې لپاره دګاوس قانون	$\vec{\nabla}, \vec{E} = \frac{Q}{\epsilon_0}$	چارجونه د برېښنايز ساحې سرچينې دي
2	دمقناطيسي ساحې لپاره دګاوس قانون	$\vec{\nabla}, \vec{B} = 0$	واحدمقناطيسي قطب نه شته
3	فاراډای انډکشن قانون	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	دمقناطيسي ساحې بدلون يوه څرخېد ونکې برېښنايز ساحه توليدکوي
4	امپير ماکسول قانون	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J_C} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	بهيدونکی هدايتي جريان کثافت اويا بدلېدونکې برېښنايز ساحه کټ مټ يوشان څرخېد ونکي مقناطيسي ساحه توليدکوي

۴-۱جدول : د ماکسول ډيفرنشل څلورو معادلورياضي بڼه ليکل شوي ده

پنځم څپرکی

دلورینځ قوه : Lorentz force

دلورینځ قوه په چارج شوې ذره باندې دالکترومقناطیسي ساحې اغیزه څرګندوي. د بېلګې په توګه ، کله چې یوه برېښنایز چارج شوې ذره q په برېښنایز ساحه $\vec{E}$ او مقناطیسي ساحه $\vec{B}$ کې په سرعت $\vec{v}$ حرکت کوي نوپه نوموړې چارج شوې ذره باندې یوه محصله الکترومقناطیسي قوه اغیزه کوي چې دلورینځ قوي په نوم یادیږي . داقوه دهالینډي فزیک پوه په ویاړ چې لورینځ Hendrik Antoon Lorentz نومیده ،نومول شوې ده . دلورینځ قوې لنډیزپه $\vec{F}_L$ حرف سره کیږي اومساوي ده له :

$$\vec{F}_L = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \qquad \text{لورینځ قوه} \qquad (5,1)$$

په (5,1) معادله کې په برېښنایز چارج q باندې برېښنایز قوه F_E او مقناطیسي قوه F_B عمل کوي .

- برېښنایز قوه $F_E = qE$
- مقناطیسي قوه $F_B = q(v \times B)$

دپام وړخبره خوداده چې په (5,1) معادله کې دچارج سرعت وکټور $\vec{v}$ ، دمقناطیسي ساحې وکټور$\vec{B}$ اودلورینځ قوه $\vec{F}_L$ درې واړه یوپر بل باندې عمودولاړدي .

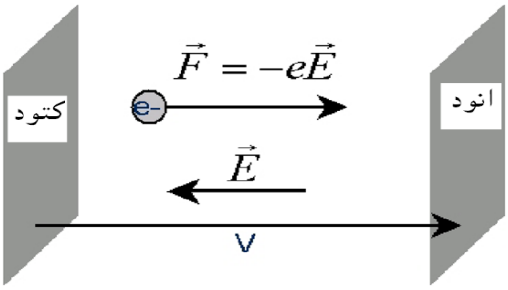
دپام وړه :

دلورینځ قوه په ډاګه کوي چې یوه چارج شوې ذره دمقناطیسي ساحې په واسطه تعجیل نه مومي بلکې یوازې د برېښنایز ساحې په مټ تعجیل مومي. په بله معنی چارج شوې ذره په مقناطیسي ساحه کې انرژي نه ترلاسه کوي بلکې مسیریې دمقناطیسي ساحې وکټور اودسرعت وکټورپه تړاوعموداً کوږ کیږي .

دبرېښنایز ساحې اغیزه :

که وغواړوچې برېښنایز چارج شووذروته تعجیل ورکړو،نودنوموړې موخې لپاره یوبرقي سرکټ electric circuit ته اړتیاشته ده .یوه ساده برقي سرکټ دولټیج منبع ،مقاومت،ګوټک اوخاذن څخه جوړه شوې وي. په یوه برېښنایز سرکټ کې دخاذن لوحوترمنځ یوه برېښنایز ساحه E تولیدکیږی چې الکترونوته تعجیل ورکوي.

د ساړې په ډول په ۵- ۱ شکل کې دټرلي سرکټ یوخاذن ښوول شوی دی چې د انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode لوحوترمنځ د برېښنایز ساحې E په مټ یو الکترون ته تعجیل ورکول کیږي .



۵- ۱ شکل : يوخاذن ښوول دی چې دلوحوترمنځ يې برېښنايز پوتنشل توپير V لري. دخاذن دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode لوحو ترمنځ په يوه الکترون e- باندې برېښنايز قوه $F_E = -e\,E$ عمل کوي اود دکتود Cathode څخه انودالکترود(+) anode خواته تعجيل ورکوي . ځرنګه چې الکترون منفي چارج لري نوله دې کبله برېښنايز قوه F_E اوبرقي ساحه E يودبل سره مخالف سمت لري. پايله يې داده چې منفي چارج شوی الکترون دبرېښنايز قوې $\vec{F}$ په مټ دبرقي ساحې $\vec{E}$ په مخالف خواکې تعجيل مومي

که ومنوچې دخاذن دلوحوپه منځ کې مقناطيسي ساحه صفره B = 0 اويوالکترون e- دخاذن لوحوپه منځ کې کيږدو، نوپه برېښنايز ساحه E کې يوالکترون لاندې حرکې انرژي E_{kin} ترلاسه کوي .

$$E_{kin} = \frac{1}{2}\,mv^2 = eU \qquad (5{,}2)$$

په (5,2) معاله کې دخاذن دلوحوترمنځ برېښنايز پوتنشل تفاوت په U ، دالکترون کتله په m اودالکترون برېښنايز چارج په e- ښوول شوی دی .

دالکترون حرکي انرژی په واحدالکترون ولټ (eV) اندازه کيږي .

- يوالکترون ولټ 1eV هغه مقدارانرژي ده ،چې ديوه الکترون برېښنايز چارج يې ځانته ګټې اويابايلې ،کله چې ديوولټ 1V برېښنايز پوتنشل تفاوت څخه تيرشي. دواحداتوپه نړيوال سيستم کې يوالکترون ولټ دانرژي واحد ټاکل شوی دی.

يوکيلوالکترون ولټ	1000 eV	1 KeV
يوميګاالکترون ولټ	1000 000 eV	1 MeV
يوګيګاالکترون ولټ	1000 000 000 eV	1 GeV
يوتېرالکترون ولټ	1000000000 000 eV	1 TeV

۵- ۱ جدول : ديوالکترون ولټ 1eV غټ واحدونه ښوول شوي دي

(5.2) معادله په ډاګه کوي چې دالکترون حرکې انرژي د برېښنايز پوتنشل تفاوت سره سم سيخ ډېرښت مومي . خونومورې معادله ترهغه مهاله پورې اعتبارلري کله چې دالکترون سرعت V_e دنورسرعت c په پرتله ډيرکوچنی $V_e \ll c$ وي .

- که چېرته دخاذن دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode لوحې ترمنځ دبرقي پوتنشل تفاوت يوولټ U = 1 V قيمت ولري، نودالکترون حرکي انرژي يوالکترون ولټ 1eV قيمت لري .
- که دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode ترمنځ د پوتنشل تفاوت نوي کيلوولټ $U = 90\ kV$ قيمت ولري نودالکترون حرکي انرژي نوي کيلوالکترون ولټ $E_{kin} = 90\ keV$ ده .

- بلخواكه چېرته يوالكترون دومره حركي انرژی تراسه كړي چې سرعت يې v دنورسرعت c ته ورنږدي شي،نواړين ده چې دالكترون سكون كتلې m_0 ډيرښت په پام كې ونيول شي. په نوموړي حالت كې دالكترون حركي انرژي E_{kin}، د الكترون نسبي ټوله انرژي E اودالكترون سكون انرژي E_0 دحاصل تفريق څخه تراسه كيږي.

دالكترون نسبي ټوله انرژي E = دالكترون حركي انرژي E_{kin} + پوتنشل انرژي E_0

$$eU = \frac{1}{2}mv^2 = E - E_0$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \gamma m_0 c^2 - m_0 c^2 = (\gamma - 1)m_0 c^2 \qquad (5,3)$$

په (5.3) معادله كې c په فضاء ء كې دنورسرعت، m_0 دالكترون سكون كتله او گاما دلورينځ فكټور په نوم يادېږی .

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \qquad (5,4)$$

دېلګې په توګه دنړی ترټولوسترتعجيل كوونكي ماشين LHC كې يوپروتون ته دومره تعجيل وركول كيږي چې حركي انرژي يې ان اوه تيرا الكترون ولټ 7 TeV = 7000 Ge V پورې رسيږي

دالكترون انرژي	دالكترون اونورسرعت تناسب v/c	دسكون كتلې په تناسب دالكترون كتلې ډيرښت m/m_0
15 keV	0.237	1.03
1 MeV	0.942	2.96
4 MeV	0.993	8.83
6 MeV	0.997	12.74
10 MeV	0.998	20.57
15 MeV	0.99945	30.35
21 MeV	0.99971	42.1

۵- ۲- جدول : په كينې خواكې دالكترون حركي انرژي ښوول شوې ده چې د راډيو تراپي تعجيل كوونكي ماشين كې توليدكيږي.
دراډيو تراپي په ماشين كې دمايكروڅپې برېښنايز ساحې په مټ الكترونوته تعجيل وركول كيږي . په پايله كې الكترونونه آن دومره انرژي تراسه كوي چې دالكترونوسرعت v لږڅه دنورسرعت c سره سمون خوري . د بېلګې په توګه ،كله چې دراډيو تراپي ماشين په منځ كې دمايكروڅپې برېښنايز ساحې په مټ الكترونونه يوويشت ميګاالكترون ولټ 21 MeV حركي انرژي تراسه كړي، نودالكترون

کتله m ډيرښت مومي . په نوموړي حالت کې دالکترون کتله m دسکون کتلې m_0 په پرتله لږځه دوه څلويښت ځله زياتيږي. همدارنګه دالکترون سرعت v دنورسرعت لږځه نهه نوي سلنه برخه 0,99 تشکيلوي.

د برېښنايز پوتنشل تفاوت : Electrical potential Difference

دتعريف سره سم د برېښنايز پوتنشل تفاوت ΔV هغه برېښنايز کار ته ويل کيږي چې يوه برېښنايز ساحه E يې د برېښنايز چارج په واحد q_0 باندې ترسره کوي اودابتدايي نقطي initial point(i) څخه يوې بلې اخرې نقطي final point(f) ته حرکت ورکړي.په پايله کې د برېښنايز واحدچارج پوتنشل انرژي کې بدلون راځي. نوموړي مطلب درياضي په ژبه په لاندې ډول ليکو:

$$\Delta V = (V_f - V_i) = \frac{W_e}{q_0} = \frac{\Delta U}{q_0} \qquad (5,5)$$

د ښلگې په توګه په ۵- ۲ شکل کې ديوه خاذن په منځ کې يوازمايښتي مثبت چارج $+q$ په پام کې نيسوچې دخاذن برېښنايز ساحې په مټ دلوړ پوتنشل انرژی High PE څخه دټيټ پوتنشل انرژی low PE خواته حرکت کوي. هغه مقدار برېښنايز کار W_e چې د برېښنايز ساحې E په مټ په ازمايښي مثبت چارج $+q$ باندې ترسره کيږي مساوي دی له :

$$W_e = +q, E, \Delta x \qquad (5,6)$$

په (5,6) معادله کې Δx د ازمايښتي مثبت چارج q له خواطی شوې فاصله ده. که چېرته يو برېښنايز چارج q دخاذن دلوحوتر منځ د پوتنشل تفاوت $(V_f - V_i)$ په مټ حرکت وکړي،نودنوموړې چارج په پوتنشل انرژی ΔU کې تغيرراځي اومساوي ده له :

$$\Delta U = q\Delta V = q(V_f - V_i) \qquad (5,7)$$

که چېرته يو ازمايښتي چارج شوي ذره q په لايتناهي ∞کې شتون ولري اودتعريف سر سم هلته دچارج پوتنشل انرژي صفروټاکو U=0 ، اوبلخوا ومنوچې هيڅ بهرنی قوه وربانديي اغيزه وه نه کړي، اونوموړی چارج دلايتناهي ∞ څخه يوې نقطي p ته راوړو چې هلته برېښنايز ساحه شتون لري، نوپه ازمايښتي چارج کې پوتنشل انرژي **U** زخيره کيږي .

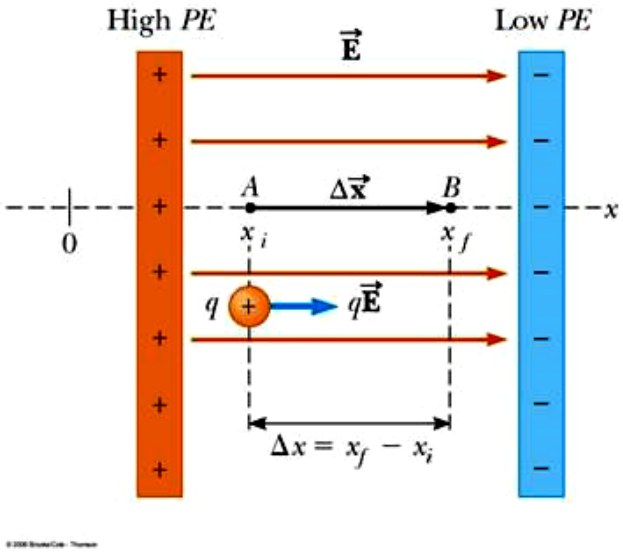
هغه کارچې په نوموړې کړنلاره کې په ازمايښتي چارج باندې د د برېښنايز ساحې په مټ ترسره کيږي مساوي دی له :

$$-W_\infty = q\,V \qquad (5,8)$$

په (5,8) معادله کې V برېښنايز پوتنشل electric potential دی اودتعريف سره سم په لاندې ډول ليکلای شو.

$$V = \frac{-W_\infty}{q} = \frac{U}{q} \qquad (5,9)$$

په (5,9) معادله کې **U** دبرېښنايزچارج شوې بڅرکې پوتنشل انرژي ده .



۵- ۲ شکل : دخاذن په برېښنايز ساحه کې په يوه مثبت برېښنايز چارج q باندې يوه برېښنايز قوه $F_e = qE$ عمل کوي اودخپل ابتدايې لوړنرژي ځای A څخه يې اخري ټيټ انرژي ځای B ته انتقال کوي .

اخذليک (10)

پوتنشل انرژي Potential Energy :

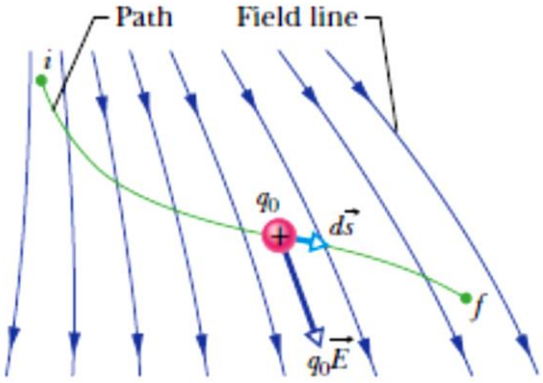
که وغواړوچې په يوه نامتجانسه برېښنايز ساحه کې د برېښنايز قوي $\vec{F}$, په مټ يو ازمايښتي برېښنايز چارج q ته دلومړنی نقطي initial point(i) څخه تراخري نقطي final point(f) پورې په فاصله د ds حرکت ورکړو،نود برېښنايز قوې په مټ ترسره شوی کار W_{el} مساوي دی له :

$$W_{el} = q \int_i^f \vec{F}, \ d\vec{s} \qquad (5,10)$$

کله چې برېښنايز چارج q دلومړی نقطې i څخه تر اخر نقطي f پورې حرکت وکړي نوپه برېښنايز چارج باندې د برېښنايز ساحې E په مټ ترسره شوی کاردې لامل گرځي چې د برېښنايز چارج په پوتنسل انرژي potential energy کې بدلون راشي .

$$W_{el} = -\Delta U \qquad (5,11)$$

په برېښنايز چارج q باندې د برېښنايز ساحې E په مټ ترسره شوی کاردالکترون پوتنشل انرژي بدلون ΔU سره مخالف منفي علامه لري . داځکه چې کله دالکترون حرکې انرژي K_i ډېرښت مومي نوورسره سم دانرژي دبقا قانون conservation of energy پر اساس دالکترون پوتنشل انرژي U_i کمښت مومي.



with kind permission from Wily publishers

۵- ۳ شکل :يو ازمايښتي برېښنايز چارج q_0 په يوه نامتجانس برېښنايزساحه **E** کې دابتدايي نقطې **i** څخه تراخرې نقطې f پورې حرکت کوي. هغه قوه چې په نوموړي چارج باندې دطی شوې فاصلې ds په اوږدوکې ترسره کيږي مساوي دی له : $F = q_0 E$

دانرژي بقاء قانون : Conservation of Energy

کله چې يوالکترون دابتدايي نقطې i څخه تر اخرې نقطې f پورې په يوه برېښنايزساحه کې حرکت کوي نوپه يوه ټرلي سيستم کې دالکترون دحرکي انرژي K او برېښنايز پوتنشل انرژي U مجموعه ثابته پاتې کيږي .نوموړي قانون دانرژي بقا قانون په نوم يادیږي

$$U_i + K_i = U_f + K_f \qquad (5,12)$$

اويا

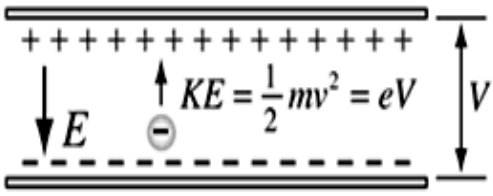
$$\Delta K = -\Delta U \qquad (5,13)$$

په بله معنی دالکترون حرکې انرژي بدلون دمنفي برېښنايز پوتنشل انرژي دبدلون سر مساوي دی .
برېښنايز کار کېدای شي چې مثبت ،منفي اوياصفرقيمت ولري.که چېرته برېښنايز کارمثبت قيمت ولري نودالکترون پوتنشل انرژي کمښت مومي
د بېلګې په توګه ،کله چې په ونه کې يوه منه دجاذبې قوي په مټ ځمکې ته راولويږي ، نودمنې دجاذبې پوتنشل انرژي اندازه دپخواپه پرتله لږکيږي.

يوالکترون ولټ (Electronvolt = 1eV):

يوالکترون ولټ دانرژي واحد دی چې په هستوي فزيک کې ډير کارول کيږي اولنډيز يې په Electronvolt = 1eV ښوول کيږي .

دتعريف سره سم يوالکترون ولټ هغه مقدار حرکي انرژي ده چې ديوالکترون چارج يې ترلاسه کوي (اويابايلي) کله چې ديوه ولټ 1V برېښنايز پوتنشل تفاوت په منځ کې مثبت تعجيل(اويامنفي تعجيل) ومومي .
په بله معنی يوالکترون ولټ 1eV هغه مقدارحرکي انرژي KE په واحدژول ده چې يو الکترون يې په برېښنايز ساحه E کې ترلاسه کوي کله چې ديوولټ 1V برقي پوتنشل تفاوت په منځ کې راولويږي .



With kind permission from Author Rod Nave

۵- ۴ شکل : دخاذن لوحو په مټ ديوالکترون ولټ انرژی 1eV تعريف ښوول شوی دی. دخاذن پورتنی لوحه مثبت اولا ندنی لوحه يې منفی چارج لري . دپام وړه چې دبرقي ساحي E سمت دالکترون سرعت v سمت سره مخالف جهت لري.که دالکترون کتله په m وښيو،نود الکترون حرکي انرژي KE مساوي ده له :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = ev \qquad (5,14)$$

څرنګه چې يوالکترون ولټ eV دانرژي بنسټيزواحددی ،نوله دې کبله په تعجيل کوونکي ماشين کې دلوړې انرژي دځرګندونې په موخه د کيلوالکترون ولټ keV ، ميګاالکترون ولټ MeV، ګيګاالکترون ولټ **GeV** ، او تېرا الکترون ولټ TeV کاراخيستل کيږي.

دمقناطيسي ساحې اغيزه :

که چېرته يوه منفي چارج شوې ذره لکه الکترون e- په سرعت v يوې مقناطيسي ساحې $\vec{B}$ ته عموماً ورننوځي ، چې هلته برېښنايز ساحه صفرده E = 0 ، نوپه پايله کې په الکترون باندې يوه مقناطيسي قوه $\vec{F}_B$ عمل کوي .

$$\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B}) \qquad (5,15)$$

که چېرته دالکترون سرعت v اودمقناطيسي ساحې ترمنځ زاويه په φ وښيو،نودمقناطيسي قوې F_B مقدارمساوي دی له :

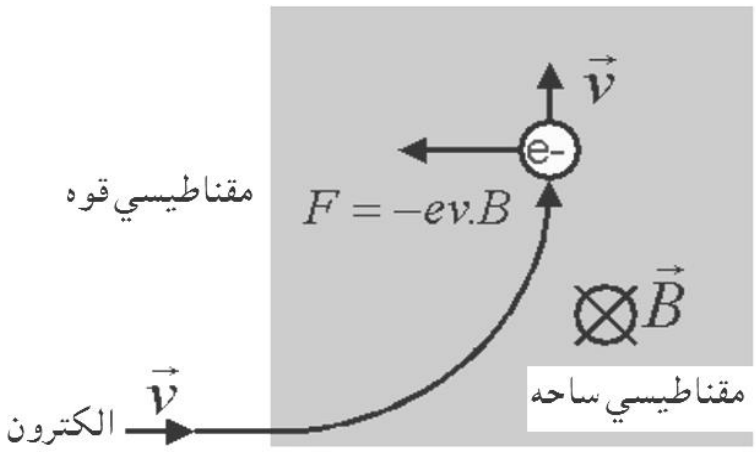
$$F_B = q(v, B \sin \varphi) \qquad (5,16)$$

که چېرته دالکترون سرعت v اودمقناطيسي ساحې ترمنځ زاويه φ

نوي درجې قيمت ولري يعنې $(\varphi = 90^0)$ نومقناطيسي قوه F_B دالکترون e- مسيرته دايروې شکله تغير ورکوي.

دپام وړ :

يوه چارج شوې ذره په مقناطيسي ساحه B کې انرژي نه شې ترلاسه کولای بلکې يوازې مسيريې تغيرکوي. خوپه برقې ساحه کې الکترونونه اوچارجونه انرژي ترلاسه کولای شي.



۵- ۵ شکل : يوالکترون e- مقناطيسي ساحې ته په سرعت v ورننوځي اودمقناطيسي قوې په مټ $F_B = -evB$ دخپل مسيرڅخه کوږکيږي . مقناطيسي ساحه B دکاغذ سحطې څخه عموداًراوتلې ده اوپه يوچليپا باندې په نښه شوې ده .

دربيمه برخه

شپږم څپرکی

څپې (Waves) :

په فريک کې په ټولیزه توګه څپه په یوه چاپېریال کې یوډول ځایزاختلال disturbance ته ویل کیږي. دیوه اختلال په مټ کیدای شي چې دسکون ځای څخه rest position دیوه چاپېریال دبځرکوبې ځایه کیدنه displacement منځ ته راشي لکه درسی څپې،داوبوڅپې اوداسې نور . همدارنګه دیوه اختلال په واسطه کېدای شي چې دیوه چاپېریال دکثافت ځایزبدلون لکه دصوت څپې اویادځمکې زلزلې څپې منځ ته راشي.همدارنګه که چېرته یوه ناڅاپه دبرېښنیاجریان بل on کړو اویا مړکړو off،نوپه پایله کې الکترومقناطیسي څپې منځ ته راځي.

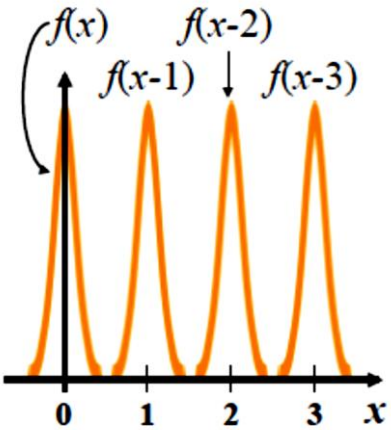
په بله معنی څپه یوډول اهتزازته ویل کیږي چې په فضاء ء اوچاپېریال کې خپریږي اودیوه ځای څخه بل ځای ته انرژي، مالوماتې زیګنالونه اوماده انتقال کوي.

دبېلګې په توګه دیوه ځایز اختلال تابع $f(x.t)$ په پام کې نیسو چې دوخت t او ځای x په تړاوتغیرکوي اوپه x_0 ځای کې داهتزازاعظمي دامنه لري .که ومنوچې نوموړی ځایزاختلال دڅپې تفاضلي معادلې دحل جمله تشکیلوي،نودوخت اوځا ی په تړاوداختلال تابع په لاندې ډول لیکلای شو.

$$f(x.t) = f(x - vt) \qquad (6,1)$$

(6,1) معادله دڅپې داهتزازتابع ده چې په سرعت v ښي خواته حرکت کوي. همدارنګه که چېرته نوموړې څپه په سرعت v کې خواته حرکت کوي نودڅپې داهتزازتابع یې په لاندې ډول لیکو.

$$f(x.t) = f(x + vt) \qquad (6,2)$$



٦- ١شکل : یوه څپه $f(x)$ دسکون ځای x = 0 څخه په ثابت سرعت v ښي خواته حرکت کوي. دنوموړې څپې درې ځایز موقعیتونه دx محور په تابع سره $f(x - vt)$ ښوول شوي دي .

په نوموړوځايونوکې دځپې له خوا طی شوی واټن Δx په خپل وارسره مساوي دی له :
$(\Delta x = vt = 1.2.3$)

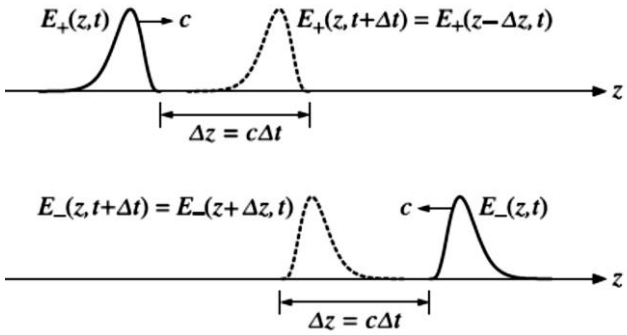
همدارنګه يوه همواره برښنايز څپه $E_+(\mathrm{z.t})$ چې دوخت t اوځای z تابع وي اوپه سرعت c دځای محورz په مثبت خواکې خپريږي دریاضي معادله يې په لاندې ډول ليکل کيږي.

$$E_+(\mathrm{z.t}) = F(z - ct) \qquad (6{,}3)$$

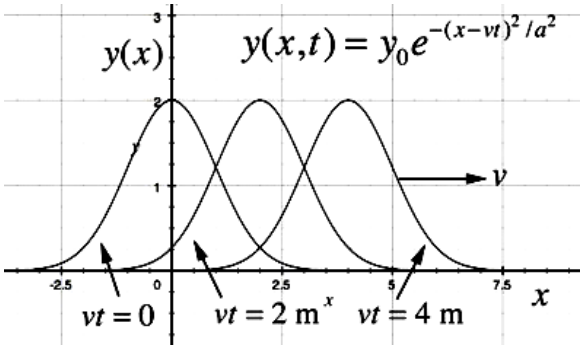
که $(6{,}3)$ څپه دځای محور z په منفي خواکې خپريږي،نو دریاضي معادله يې په لاندې ډول ليکل کيږي.

$$E_+(\mathrm{z.t}) = F(z + ct) \qquad (6{,}4)$$

کله چې $E_+(\mathrm{z.t})$ څپه په سرعت c مثبت خواته حرکت وکړي اوکه يوځه موده وروسته $\mathrm{t} + \Delta\mathrm{t}$ ورته وګورو،نوښکاري چې دنوموړې څپې بڼه تغيرنه کوي بلکې يوازې دځای محور z مثبت خواته ټاکلې فاصله $\Delta\mathrm{z} = \mathrm{c}\Delta\mathrm{t}$ طی کوي . په ٦- ٢ شکل کې د$E_+(\mathrm{z.t})$ څپې بڼه ښوول شوې ده.



٦- ٢شکل : په پاس شکل کې يوه څپه $E_+(\mathrm{z.t})$ ښوول شوې ده چې په سرعت c دځای محور z مثبت خواته حرکت کوي اوپه لاندې شکل کې نوموړې څپه $E_-(\mathrm{z.t})$ په سرعت c دځای محور z منفي خواته حرکت کوي. په دې ترڅ کې $\Delta\mathrm{t}$ ټاکلې فاصله $\Delta\mathrm{z} = \mathrm{c}\Delta\mathrm{t}$ طی کوي .
دپام وړده چې دځپې بڼه تغيرنه کوي اويوازې داړونده سمت خواته مخ په وړاندې ځي.



٦- ٣شکل : يوه متحرکه څپه y(x,t) ښوول شوې ده چې په سرعت v د x دمحورپه مثبت خواکې حرکت کوي. اخذليک (22)

$$(6.5)\ y(x.t) = \ y(x - vt) = \ y_0 e^{-(x-vt)^2/a^2}$$

د $y(x-vt)$ څپې موقعیت کولای شوچې دهروخت لپاره په لاندې ډول ترلاسه کړو
کله چې وخت صفروي : $t=0$

$$y(x) = y_0 e^{-(x)^2/a^2}$$

کله چې دوخت t اوسرعت v حاصل ضرب دوه مترہ وي .

$$y(x-vt) = y_0 e^{-(x-(2m))^2/a^2}$$

کله چې دوخت t اوسرعت v حاصل ضرب څلورمترہ وي .

$$y(x-vt) = y_0 e^{-(x-(4m))^2/a^2}$$

دساین ډوله څپې دحرکت معادله :

په ټولیزه توګه دهرډول متحرکې څپې دیفرنسیل معادله differential equation لا ندې بڼه لري

$$\frac{\delta^2 y(x,t)}{\delta x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\delta^2 y(x,t)}{\delta t^2} \qquad (6,6)$$

په (6,6) معادله کې $y(x.t)$ یوه څپه ده چې دوخت t اوځای x په تړاو د y محورسره موازې اهتزازکوي او په ثابت سرعت v د x محورمثبت خواته اویامنفي خواته حرکت کوي.
که ومنوچې y(x,t) یوه ساین ډوله sinusoidal عرضي څپه ده چې دځای محورx په مثبت خواکې حرکت کوي اودعمودې محور y سره موازې اهتزازکوي ،نودنوموړې څپې دحرکت معادله دوخت t اوځای x په تړاوپه لاندې ډول ده.

$$y(x.t) = A_{max}, \sin(kx - \omega t) \qquad (6,7)$$

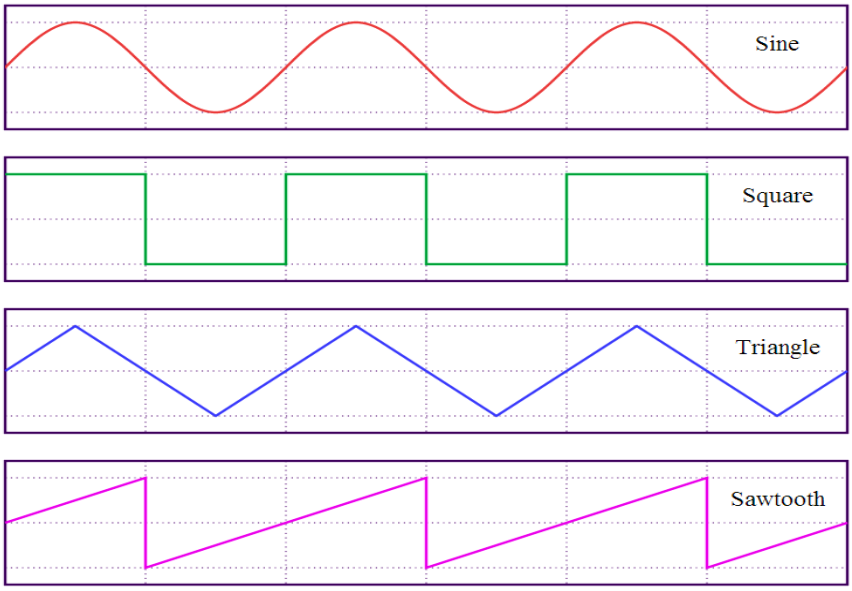
په (6.7) معادله کې د عرضي څپې y(x,t) فزیکي کمیتونه په لاندې ډول تشریح کوو:

- $y(x.t)$: په وخت t کې دمتحرکې څپې داهتزاز شیبه ایز موقعیت x راښیي
- $\text{Amplitude} = A_{max}$: دڅپې امپلیتود اویا په بله معنی داهتزاز مطلقه اعظمي دامنه ده. دامپلیتودواحد په مترm اندازه کیږي.
- $\text{wave number} = K$ دڅپې شمیرپه نوم یادیږي . نوموړی فزیکي کمیت دڅپې ځایزفریکونس راښیي او په واحددسایکلونوcycles شمېرپه متر اندازه کیږي. ب
- بلخوا دڅپې زاویوي شمېر $\vec{K}$ یووکټوري کمیت دی چې دڅپې دخپریدلو سمت په ګوته کوي اوله دې کبله دڅپې وکټور Wave vector په نوم هم یادیږي.
- x : په وخت t کې دڅپې موقعیت یاځای
- $\text{Angular frequency} = \omega$: زاویوي فریکونسي ده
- $\text{phase} = (kx - \omega t)$: دڅپې فاز دی

- دڅپې اهتزازکوونکې برخه: $\sin(kx - \omega t) = \text{Oscilating term}$
- دڅپې فريکونسي :(Frequency)
- دڅپې طول (Wavelength)
- T دڅپې پريود: (Period)
- ν دڅپې سرعت Wave Velocity

دڅپې بڼه :

دڅپې بڼه په ډاګه کوي چې يوه څپه په فزيکي چاپېريال کې په څرنګه شکل سره مخ په وړاندې خوځيږي دېلګې په توګه لکه : ساينډوله څپه ،څلورکونجه څپه،درې کونجه څپه اونور.

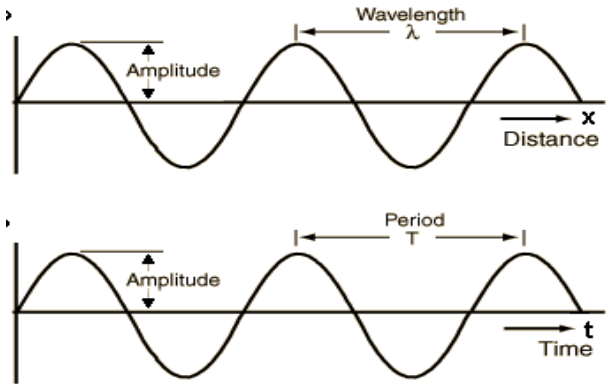


٦- ۴شکل : پنځه ډوله څپې کښل شوي دي چې دهرپريود period څخه وروسته دهغوی بڼه تکرارکيږي .

ډېرداسې پېښيږي چې دڅپې ريښتونې بڼه په کوم چاپېريال کې چې څپه مخ په وړاندې حرکت کوي نه شي څرګندېدلای . په يوه داسي حالت کې دڅپې بڼه يوازې دوخت په تړاوبدليدونکی زيګنال اوياګراف تشکيلوي. خودیوه اسيلوسکوپ oscilloscopes په مټ کيدای شي چې دوخت په تړاو دڅپې پريوديک بڼه په پرده باندې ښکاره شي. اخذليک (22)

داهتزاز دامنه (امپليتود) : Amplitude

کله چې يوجسم دساکن ابتدايې حالت څخه اويا په بله معنی د تعادل موقعيت څخه په اهتزازپيل وکړي نو داهتزاز اعظمي مطلقه بعد ته داهتزازدامنه ويل کيږی. بلخواامپليتوديو وکټوري کميت دی اودامپليتودمربع دڅپې شدت سره متناسب ده.

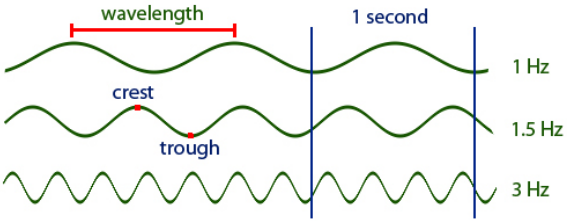


٦- ٥ شکل : دساين ډوله څپې ګراف ښوول شوی دی چې امپلیټوډیې دمکان x اووخت t په تړاو تغیرکوي. نوموړې څپه دعمودي محور $y(x.t)$ سره موازي ښکته اوپورته اهتزازکوي . اخذلیک (16)

دځپې فریکونسي :(Frequency)

په ټولیزه توګه فریکونسي اویافریکونس f دیوې پرلپسې تکراریدونکې پېښې شمېر ته ویل کیږي چې په واحدوخت کې منځ ته راځي . په بله معنی دسایکلونو شمېر cycles په واحدوخت کې دځپې فریکونسي په نوم یادیږي. دځپې فریکونسي دځپې پریودسره برعکس متناسب دی.

$$f = \frac{1}{T} \qquad (6,8)$$



٦- ٦ شکل : درې ډوله څپې ښوول شوې دي چې توپیرلرونکی فریکونسي اودځپې اوږدوالی لري.(17)

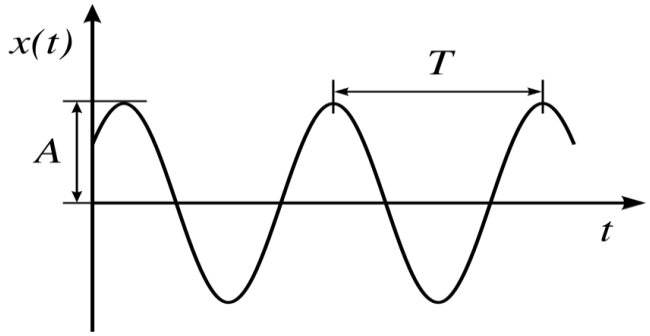
دفریکونسي نړیوال واحد یوپرثانیه s^{-1} دی چې دجرمني فریک پوه هرځ Herz په ویاړ نومول شوی دی.یوهرځ دا معنی لري چې یوه پېښه په یوه ثانیه کې یوځل تکرارکیږي. نوموړې مطلب داسې لیکو: $1\ Hz = s^{-1}$

دځپې پریود: (Period)

یوه ساین ډوله څپه X(t) په پام کې نیسوچې دوخت t په تړاواهتزازکوي دنوموړې څپې پریود period هغه وخت ته ویل کیږي چې داهتزازoscillation یوې بشپړې دورې دپوره کولولپاره په کاردی .دیوې څپې پریودپه T ښوول کیږي اودځپې فریکونس f سره برعکس متناسب دی.

$$T = \frac{1}{f} \qquad (6,9)$$

دځپې پريودواحدثانيه ټاکل شوې ده .د ساري په توګه،که چېرته ديوماشوم دزړه فريکونس په يوه دقيقه کې يوسلوشل ځله ضربه وکړي، نوپريوديې هغه وخت دی چې ددووضربوترمنځ تيريږي اوپه دې بېلګه کې دنيماي ثانيي سره مساوي دی. $T = \frac{1}{f} = \frac{60\ s}{120} = 0.5\ s$

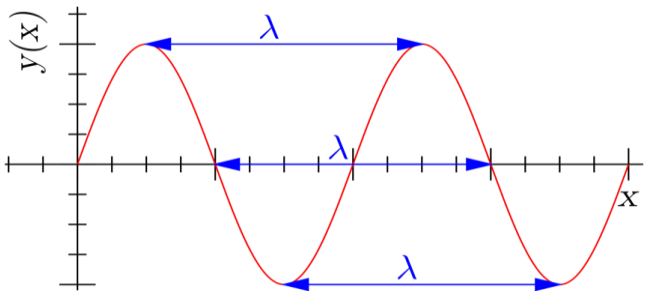


٦- ٧ شکل: دساين ډوله څپې $x(t) = A, \sin(\omega t)$ پريودTښوول شوی دی چې ديوې اعظمي دامنې څوکې A څخه تربلې ګاونډی اعظمې دامنې څوکې پورې وخت نيسي.

دځپې طول (Wavelength)

په ٦- ٨ شکل کې يوه ساين ډوله څپه ښوول شوې ده . دنومورې څپې طول λ هغه واټن دی چې دځپې داهتزازدوره ېبرته پيل کيږي . په بله معنی دځپې طول ددوو هم فازphase ټکوترمنځ واټن دی . دېبلګې په توګه لکه دګاونډيو دامنواعظمي څوکواويااصغري څوکوترمنځ واټن دځپې طول راښيي . په ٦- ٨ شکل کې هم فازټکي دځپې داهتزازهغه ټکي دي چې دوکټورونو په څوکوښوول شوي دي.

دځپې طول ته ځايزپريودهم ويل کيږي. دځپې طول دمتحرکې څپې اوهم دولاړې څپې لپاره يوشان تعريف شوی دی.هغه څپې چې په ثابت سرعت سره حرکت کوي دځپې طول يې دځپې فريکونسي سره برعکس متناسب دی. هغه څپې چې لوړفريکونس لري دځپې طول يې لنډوي اوهغه څپې چې ټيټ فريکونس لري دځپې طول يې اوږدوي.



author: Dicklyon (Richard F. Lyon)

٦- ٨ شکل: دساين ډوله څپې ګراف $y(x) = A, \sin(kx)$ دواټن x په تابع سره کښل شوی دی .دځپې اوږدوالی λ هغه واټن دی چې ديوې اعظمي دامنې څوکې A څخه دګاونډی بلې اعظمې دامنې څوکې پورې رسيږي. دواحداتوپه نړيوال سيستم کې دځپې اوږدوالي واحدمتر m ټاکل شوی دی. (18)

که چېرته يوه ساين ډوله څپه په يوه چاپېريال کې په ثابت سرعت v سره خپريږي ،نودځپې اوږدوالی λ ، دځپې فريکونسي f ،زاويوي سرعت ω اودځپې شمېر k ترمنځ لاندې اړيکې اعتبارلري .

$$\lambda = \frac{\upsilon}{f} = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi\upsilon}{\omega} \qquad (6,10)$$

(6,10) معادله په ډاګه کوي چې دځپې اورډوالی λ ،دځپې فریکونسي f سره برعکس متناسب دی .
کله چې الکترومقناطیسي څپې د فضاء ء څخه یوه بل چاپېریال ته ورننوځي نودځپې اورډوالی اوسرعت c یې کمښت مومي .
د ښلګې په توګه ،که چېرته په فضاء ء کې دالکترومقناطیسي څپې اورډوالی په λ_0 اوسرعت په c وښیو،نوپه یوه بل چاپېریال کې دالکترومقناطیسي څپې فاز سرعت υ_p مساوي دی له :

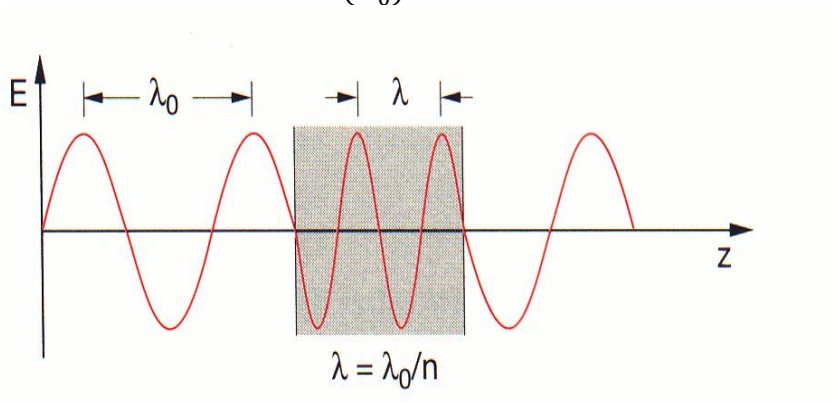
$$\upsilon_p = \frac{c}{n(\lambda_0)} \qquad (6,11)$$

په (6.11) معادله کې $n(\lambda_0)$ د چاپېریال انکسارضریب دی چې د الکترومقناطیسي څپې اورډوالي λ_0 سره تړاولري.

انکسار: Refraction

کله چې الکترومقناطیسي څپې د فضاء ء څخه یوه بل چاپېریال ته ننوځي نودځپې اورډوالی λ_0 یې کمښت مومي . په یوه بل چاپېریال کې دالکترو مقناطیسي څپې اورډوالی λ مساوي دی له :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n(\lambda_0)} \qquad (6,12)$$



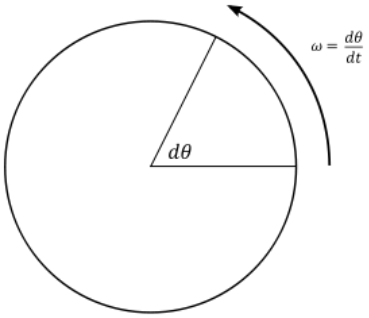
Author: Brews ohare

٦- ٩ شکل : کله چې الکترومقناطیسي څپې د فضاء څخه یوه بل چاپېریال ته ننوځي نودځپې اورډوالی λ_0 اوسرعت c کوچنی کیږي،خوفریکونس اوپریود یې ثابت پاتې کیږي. اخذلیک (18)

زاویوي فریکونسي Angular frequency

په یوه څرخېد ونکي حرکت کې زاویوي فریکونس ω اویا په بله معنی زاویوي سرعت د فاز زاویي هغه کوچنی تفاضلي برخه ده $d\theta$ چې دوخت په تفاضلي انټرول dt کې طی کیږي. دزاویوي فریکونس نړیوال واحد رادین radian په یوه ثانیه ټاکل شوی دی .
څرنګه چې یوه بشپړه دوره د 2π radians یعنې درې سوه شپیته درجې زاوي $360°$ سره مساوي ده، نوزاویوي فریکونس ω لپاره لیکلای شوچې:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = \frac{d\theta}{dt} \qquad (6,13)$$



٦- ١٠شکل : يو څرخېد ونکی حرکت دغشي په څوکه ښوول شوی دی چې دايروي بڼه لري . په يوه څرخېد ونکي حرکت کې زاويوي سرعت ω دطی شوې تفاضلي زاويې اوتفاضلي وخت dt دحاصل تقسيم $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ څخه ترلاسه کيږي. زاويوي فريکونس په ډاګه کوي چې په څومره چټکی سره يوجسم څرخيږي. اخذليک (19)

طورموج (فاز wave phase)

دساين ډوله څپې فاز phase اويا په بله معنی د فاز زاويه phase angle دوه ډوله معنی وې لري چې يودبل سره نږدې اړيکې لري.

- **لومړی :** فاز phase ديوې ساين ډوله څپې دسايکل cycle هغه برخه ده چې دوخت په تړاو دمختصاتودمبداپه پرتله طی شوې وي . په بله معنی داهتزازدورې شيبه ايزموقعيت ته دځپې فاز ويل کيږي .

د بېلګې په توګه کله چې يو جسم دوراني حرکت ترسره کوي نودوخت اومکان په تړاوطی شوې زاويه $\varphi(x.t)$ ديوه ساين ډوله sinusoidal څپې $y(t)$ اهتزاز سره يوشان ده

$$y(x.t) = y_{max}, \sin(kx - \omega t + \varphi_0) \qquad (6,14)$$

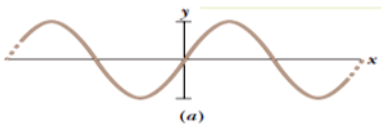
په (6.14) معادله کې $\varphi(x.t) = (kx - \omega t + \varphi_0)$ دځپې فاز زپه نوم يادېږي. دځپې فاز په ډاګه کوي چې ديوې پريودپه کومه برخه کې يوه څپه دوخت t اوځای x په تړاوشتون لري. په بله معنی دمختصاتودمبدأپه پرتله طی شوې زاويې ته دځپې فاز زاويه $\varphi(x.t)$ ويل کيږي .

- بلخوا φ_0 دځپې فاز ثابت phase constant اويادابتدايي فاز زاويې initial phase angle په نوم يادېږي. داځکه چې نومورې کميت دځپې ابتدايي حالت څرګندوي کله چې وخت $t = 0$ اوواټن $x = 0$ صفروټاکل شي.که چېرته دځپې فاز ثابت مثبت قيمت ولري ،نودځپې منحني دځای محور x منفي خواته ټيله کيږي اوکه د فاز ثابت منفي قيمت ولري نودځپې منحني دځای محورx مثبت خواته ټيله کيږي.

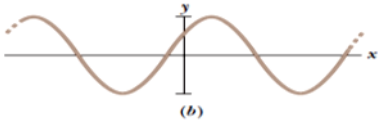
په ٦- ١١ شکل کې د فاز ثابت دصفرقيمت $\varphi_0 = 0$ اود $\varphi_0 = +\frac{\pi}{5}$ قيمت لپاره ښوول شوی دی.

د فاز phase واحدپه زاويه اويا په راديان radians باندې ښوول کيږی . دزاويې قميت دصفرڅخه تردړې سوه شپيته درجې پورې $(0^0$ (360^0 – اود راديان قيمت دصفرڅخه تردوه پای (2π - 0) پورې رسيږي .

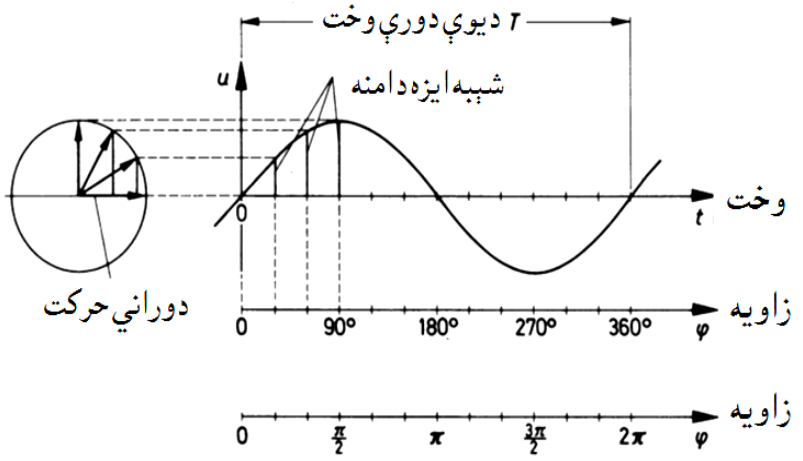
$\varphi_0 = 0$



$\varphi_0 = +\frac{\pi}{5}$

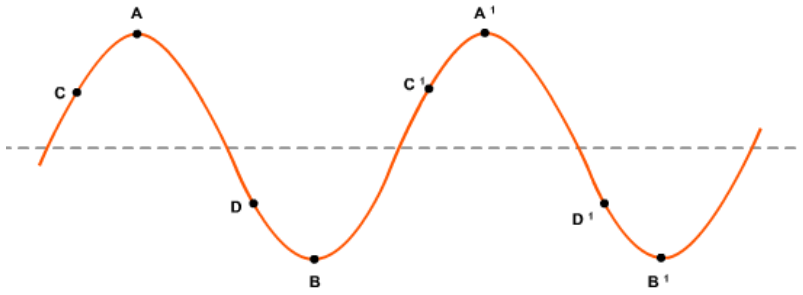


٦- ١١ شکل : په پورتنۍ برخه کې (a يوه سايندوله متحرکه څپه ښوول شوې ده چې د فاز ثابت قيمت يې صفردی $\varphi_0 = 0$ اوپه لاندې برخه (b کې همدغه متحرکه څپه ښوول شوې ده چې د فاز ثابت قيمت يې $\varphi_0 = +\frac{\pi}{5}$ ټاکل شوی دی .



٦- ١٢ شکل: د يوجسم دوراني حرکت ښوول شوی دی چې سايندوله اهتزازتشکيلوي. په عمودي محورکې داهتزازشپېه ايزدامنې Amplitude موقعيت دوخت t اوفاززاويې $\varphi(t)$ په تابع سره ښوول شوی دی .

➢ **دويم** : په مخابراتي سيستم کې فاز ديوې څپې په سايکل cycle باندې ديوې نقطي موقعيت ته ويل کيږي. د بېلګې په توګه په ٦- ١٣ شکل کې څونقطي کښل شوې دي چې فاز يې يوشان دی.



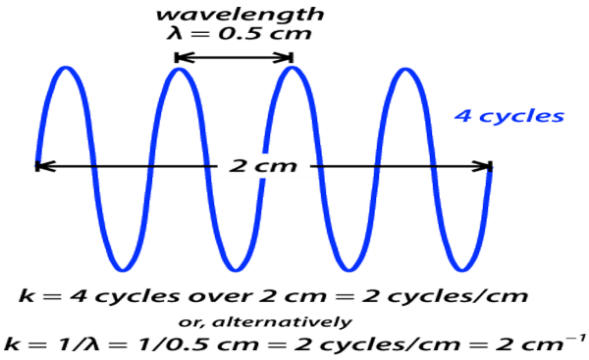
٦- ١٣ شکل: هغه نقطي چې دڅپې په منحني باندې دڅپې اوږدوالي λ بشپړعدد $0,1,2,3.....\lambda$. په اندازه يودبل څخه ليرې پرتې دي ،په خپل منځ کې يوشان فاز لري. د بېلګې په توګه د A نقطه د A1 نقطې سره هم فاز ده. هغه نقطي چې يودبل څخه دڅپې نيمايي اوږدوالي طاق عدد$\lambda/2$.....1,3,5,7 په اندازه ليرې پرتې دي يوشان فاز phase نه لري. د بېلګې په توګه لکه د A نقطه د B نقطې سره هم فاز نه ده.

دڅپې شمېر: Wavenumber

ديوې څپې ځايزفريکونس ته دڅپو شمېر ويل کيږي. په بله معنی دڅپو داهتزازونوشمېرچې په واحدفاصله کې ترسره کيږي، دڅپوشمېرپه نوم يادېږي. دڅپوشمېرنړيوال واحددڅپې ددورو cycles شمېر په واحدمتر m^{-} اويا دريدين radians شمېر په واحد واټن ټاکل شوی دی.دڅپو شمېر يووکټوري کميت دی خودڅپوشمېرمقدار k لپاره ليکلای شوچې

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\nu}{\upsilon_p} = \frac{\omega}{\upsilon_p} \qquad (6,15)$$

په (6.15) معادله کې ν دځپې فريکونس، λ دځپې اوږدوالی، ω دځپې زاويوي فريکونس او υ_p دځپې فازسرعت دی.



With kind permission from Dr. Allen

٦- ١۴ شکل: يوه څپه ښوول شوې ده چې په دوه سانتي متروا‌تن کې څلور دورې ترسره کوي. د څپې شمېر K يې دوه دورې په سانتي $2\ cm^{-1}$ اودځپې اوږدوالی يې نيم سانتي متردی. اخذليک (20)

دځپې فاز سرعت (Phase velocity)

دځپې فاز سرعت v_p هغه سرعت ته ويل کيږي چې دځپې ثابت فاز ځايونه په همدې سرعت سره حرکت کوي. په ۴-۱۵ شکل کې ښوول شوې ده چې څرنګه ديوې متحرکې څپې فاز سرعت ترلاسه کيږي. دنوموړې موخې لپاره يوه ساين ډوله sinusoidal څپه $y(x,t)$ په پام کې نيسوچې د x محورپه اوږدوکې حرکت کوي اود y محورسره موازي اهتزازکوي. دساين ډوله څپې دحرکت معادله دوخت t اومکان x په تړاوپه لاندې ډول ليکو.

$$y(x.t) = y_m \sin(kx - \omega t) \qquad (6,16)$$

د (6.16) څپې گراف ددوه پرلپسې وختونولپاره په ٦- ١۵ شکل کې ښودل شوی دی .لومړی ځل کله چې نوموړې څپه په حرکت پيل کوي يعنې وخت $t = 0$ او بياځه موده وروسته Δt کله چې څپه Δx واټن مخ په وړاندې حرکت وکړي. دتعريف سره سم دځپې فاز سرعت مساوي دی له :

$$v_p = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad (6,17)$$

پوښتنه داده چې څرنګه کولای شود فاز سرعت v_p قيمت ترلاسه کړو.دنوموړې موخې لپاره شرط دادی چې بايد دځپې فاز phase ثابت پاتې شي.

$$(kx - \omega t) = \text{constant} \qquad (6,18)$$

کله چې دوخت t په تړاود (6.18) معادلې مشتق ونيسو،نودځپې فاز سرعت ترلاسه کيږي.

$$\frac{dx}{dt} = \upsilon_p = \frac{\omega}{k} \qquad (6,19)$$

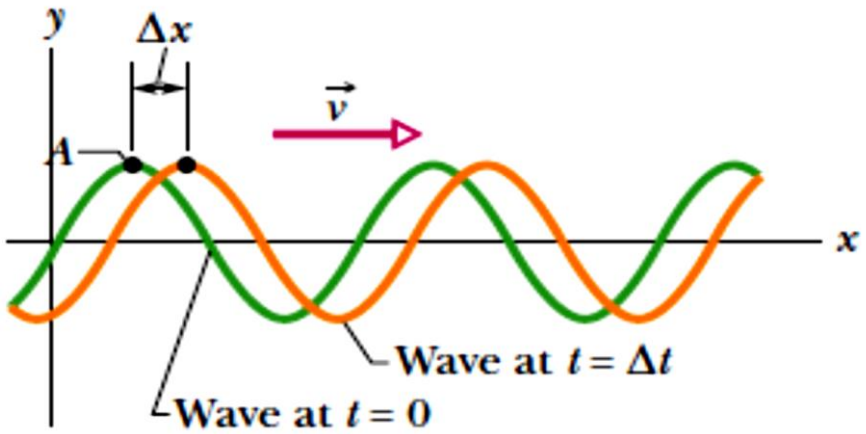
بلخوادځپې فاز سرعت v_p دځپې اوږدوالی λ ،پريود T اوفريکونس f سره لاندې اړيکې لري.

$$\upsilon_p = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda\, , f \qquad (6,20)$$ دځپې فاز سرعت

دپام وړه چې که چېرته دځپې فاز دوخت اومکان په تړاوثابت قیمت ولري نودځپې په څوکه باندې یوه نقطه A خپل موقعیت ته تغیرنه ورکوي بلکې دځپې سره یوځای په څوکه سپره مخ په وړاندې ځي.

دنوموړي کړنلارې څخه په خطي تعجیل کوونکي ماشین کې ګڼه پورته کیږي اوالکترونونه دالکترومقناطیسي څپوپه مټ تعجیل مومي.

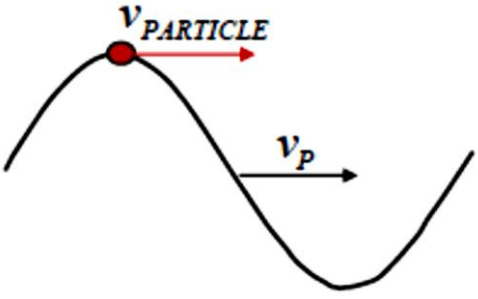
دیادولووړه چې دتیورې پر اساس په یوه غیرنارمل شیندونکې Dispersion چاپېریال کې دالکترومقناطیسي وړانګو فاز سرعت په فضاء کې دنورسرعت څخه زیات قیمت غوره کوي . داځکه چې په غیرنارمل شیندونکې چاپېریال کې دانکسارضریب دفریکونس زیاتوالي سره سم کمښت مومي.



With kind permission John Wiley

٦- ١٥ شکل: دساین ډوله څپې ګراف دوخت $t = 0$ اوځه موده وروسته Δt دځای محورx په تابع سره کښل شوی دی . یوه نقطه A هغه مهال دځپې په څوکه سپره rides پاتې کیږي کله چې دځپې فاز $(kx - \omega t)$ ثابت وي. (5) اخذلیک .

که وغواړوچې په تعجیل کوونکي تیوب کې دانجکټر Injector په مټ شړل شووالکترونو ته دمایکروڅپو Microwave په مټ تعجیل ورکړونوداکارهغه مهال شونې دی چې دالکترونوسرعت $V_{particle}$ دالکترومقناطیسي څپې فاز سرعت سره $V_{phase} = V_{particle}$ لړځه یوبرابروي .



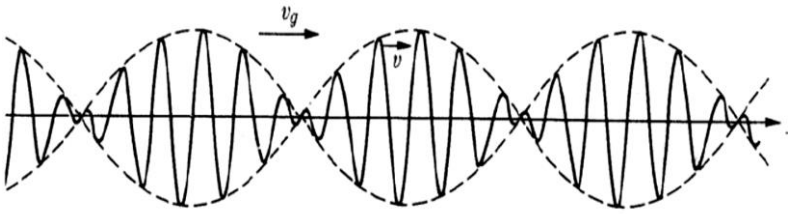
٦- ١٦ شکل : یوچارج شوې بڅرکی particle دالکترومقناطیسي څپې په څوکه کې قرارلري اوهغه مهال تعجیل موندلای شي چې دځپې فاز سرعت v_p د بڅرکي سرعت $v_{particle}$ سره یوشان وي .

دځپې ګروپ سرعت (Group velocity)

دځپې ګروپ سرعت υ_g هغه سرعت ته ويل کيږي چې دځپويوې ډلې امپليټودونه waves' amplitudes په همدې سرعت سره حرکت کوي. که چېرته دايروي فريکونس په ω اودځپوشمېرپه k وښيو، نودځپې ګروپ سرعت υ_g مساوی دی له :

$$\upsilon_g(\omega) = \frac{d\omega}{dk} \qquad \text{دځپې ګروپ سرعت} \quad (6,21)$$

دالکترومقناطيسي ځپې ګروپ سرعت υ_g په مټ معلوماتي زيګنالونه انتقال کيږي . په بله معنی دځپې ګروپ سرعت هغه فزيکي کميت دي چې دځپې ګروپ انرژي انتقال سره تړاولري اودفريکونس په تړاود ډېرو توپير لرونکوځپودتداخل په پايله کې منځ ته راځي. په فضاء کې دالکترومقناطيسي ځپوګروپ سرعت تل دنورسرعت څخه کوچنی اويامساوي وي $\upsilon_g \leq c$.



٦- ١٧ شکل : دځپې ګروپ سرعت υ_g اودځپې فاز سرعت υ_p په وکټورونو ښوول شوي دي . دځپوډله دکيږ خواڅخه ښي خواته خپريږي .

دځپې ګروپ سرعت يوه پريودیک ځپه نه ده په دې معنی چې دټاکلې وخت څخه وروسته ېبرته نه تکرارکيږي بلکې ديوې ډلې هارمونيک harmonic ځپوڅخه جوړه شوې ده چې دځپو اوږدوالی او سرعت يې توپير لري . هارمونيک ځپې يوټاکلی فريکونس نه لري خودهغوی فريکونسونه ديوه انترول interval په منځ کې پراته دي . هرڅومره چې نوموړې انترول نری وي په همغه اندازه سره دځپوګروپ بڼه هموار وي .

دساينډوله څپې فزيکي کميتونه	فرمول
دځپې زاويوي فريکونس په واحدراډيه ثانيه $rad \cdot s^{-1}$	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
دځپې فريکونس f په واحد يوپه ثانيه (1/s)	$f = \frac{1}{T} = \frac{v}{\lambda}$
دځپې اوږدوالی λ په واحد متر (m)	$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi v}{\omega} = \frac{v}{f}$
په فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې سرعت c په واحدمترپه ثانيه m/s	$c = \lambda , f$
دځپې فاز سرعت ياد خپرېدنې سرعت v په واحدمترپه ثانيه (m/s)	$v_p = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda, f$
دځپې پريود T په واحدثانيه (s)	$T = \frac{1}{f}$
دځپې ځايز شمېر په واحدمتر m^{-1}	$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{v} = \frac{\omega}{v}$

٦- ١جدول : ديوې ساين ډوله څپې فزيکي کميتونه لکه دځپې اوږدوالی ،دځپې فريکونس،دځپې ځايز شمېر اودځپې پريود period تعريف شوي دي.



دځپې ډولونه : Types of waves

که څه هم دځپې ډيرډولونه شته دي خوپه ټوليزه توګه دځپې درې اړين ډولونه په لاندې ډول دي:

- **ميخانيکي ځپې :** Mechanical Waves
- **الکترومقناطيسي ځپې:** Electromagnetic waves
- **دمادې ځپې :** Matter waves

دنوموړوځپوځانګړتياوي په ډاګه کوي چې په يوه چاپېريال کې دانرژي انتقال په توپيرلرونکې ډول سره منځ ته راځي. د ښلګې په توګه دليزر وړانګواومايکروځپو په مټ انرژي انتقال کيږي.دصوت ځپې ،راډيوځپې اوتلويزيون ځپې په مټ مخابراتي معلومات انتقال کيږي. دمادي ځپې په مټ ماده انتقال کيږي.

لومړی : ميخانيکي ځپې: Mechanical Waves

ميخانيکي ځپې داسې ډول ځپوته ويل کيږي چې د خپرېدنې لپاره يوه چاپېريال ته اړتيالري. د ښلګې په توګه لکه دصوت ځپې، داوبوځپې،دځمکې زلزلې ځپې يعنې زايزميک ځپې Seismic wave . نوموړې ځپې دنيوټن ميخانيکې قانون پر اساس په هوا،اوبواوډبروکې خپريږي.

دويم : الکترومقناطيسي ځپې: Electromagnetic waves

الکترومقناطيسي ځپې داسي ډول ځپې دي چې دخپريدولپاره يوه چاپېريال ته اړتيانه لري اوپه فضاء کې دنورپه سرعت خپريږي. دښلګې په توګه لکه : دليدوړ وړانګې،راډيوځپې، ماوراء بنفش ځپې، رونتګن وړانګې ،ګاما وړانګې ....اونور. ترټولوساده الکترومقناطيسي ځپې عبارت له يکسان هموارو ځپو څخه دي چې دهغوی دځپې جبهه Wavefront سطحي تشکيلوي. الکترومقناطيسي ځپې په فضاء کې انرژي انتقال کوي چې دنوموړې ځپې په برېښنايز ساحه اومقناطيسي ساحه کې زخيره ساتل کيږي. په کلاسيک فزيک کې الکترومقناطيسي وړانګې دالکترومقناطيسي ځپوځخه جوړې شوې دي چې د برېښنايز ساحې اومقناطيسي ساحې همزمان synchronized اهتزازپه مټ په فضاء کې دنورپه سرعت خپريږي

دريم : دمادې ځپې : Matter waves

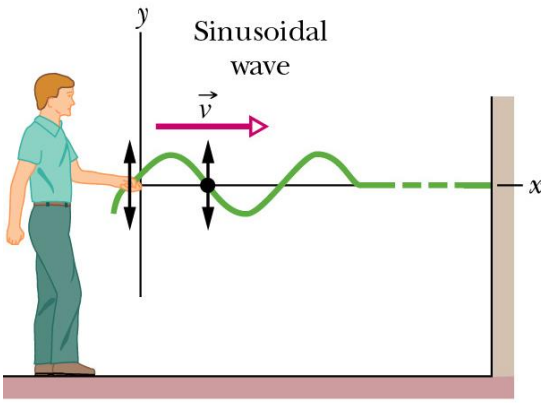
تجربوښودلې ده چې دهرې مادې بنسټيز بڅرکي لکه اټوم ،پروتون،الکترون اوداسې نوردرواخله دوه ګون خواص ښيي، چې کله دځپې په شان اوکله ديوه بڅرکي په شان عمل کوي . دښلګې په توګه دالکترون وړانګوانحراف دنورو‌ړانګو اويادواوبوځپوانحراف سره کټ مټ يوشان دی. دمادې نوموړې خواص ته دځپې او بڅرکي دوه ګونوالی Wave–particle duality ويل کيږي. د ښلګې په توګه ددوبرولي ځپې اوږدوالی de Broglie wavelength, ديوه بڅرکي مومنټم Momentum سره لاندې اړيکي لري.

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (6{,}22)$$

په (6,22) معادله کې h ډيلانک ثابت Planck constant، اوديوه بڅرکي مومنټم په $p = mv$ ښوول شوی دی.

عرضي څپې : Transverse Waves

عرضي څپې متحرکو څپو ته ویل کیږي چې د خپرېدنې په خواباندې عموداً اهتزازکوي. دېلګې په توګه په ٦- ١٨ شکل کې یوه ساینډوله عرضي څپه کښل شوې ده. کله چې نوموړې عرضي څپه دx محورپه مثبت خواکې حرکت کوي،نودهغې اهتزازونه ښکته اوپورته خواته رپیږي. . د ېلګې په توګه په فضاء کې الکترومقناطیسي څپې ساینډوله عرضي څپې دي چې برېښنایزساحه اومقناطیسي ساحه دانرژي دانتقال په سمت عمودً اهتزازکوي.

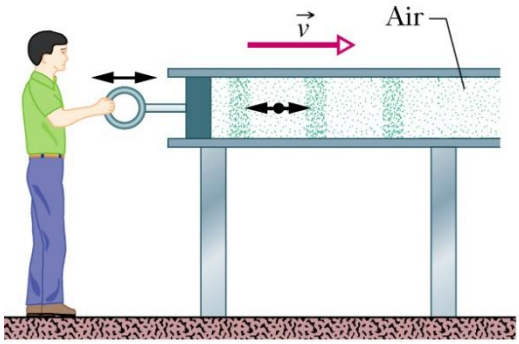


With kind permission John Wiley

٦- ١٨ شکل : یوشخص یوخواته ټرلې رسی string په لاس کې نیولې ده اوښکته او پورته حرکت ورکوي . په پایله کې یوه ساین ډوله عرضي څپه درسی په اوږدوکې تولیدکیږي. کله چې نوموړې څپه دځای محورx په مثبت خواکې په سرعت v حرکت کوي، نوپه همدې ترڅ کې درسی(مزی) هره کوچنی برخه element شکته اوپورته اهتزازکوي . اخذلیک (5)

طولي څپې : Longitudinal Waves

طولي څپې متحرکو څپوته ویل کیږي چې د خپرېدنې خواپه اوږدوکې اودچاپیریال حرکت سره موازي اهتزازکوي . د ېلګې په توګه لکه دصوت څپې چې په هواکې اویامایع کې خپریږي اویادځمکې زلزلي څپې. په ٦- ١٩ شکل کې دصوت طولي څپه ښوول شوې ده.



With kind permission John Wiley

٦- ١٩ شکل : دیوه پایپ pipe په منځ کې چې دهواڅخه ډک دی ،دصوت طولي څپې په سرعت د v ښي خواته حرکت کوي. کله چې یو پیستن piston مخ خواته اوشاخواته حرکت کوي ،نوپه پایله کې دصوت طولي څپې منځ ته راځي. داځکه چې دهوایوعنصر element چې په تورټکي کښل شوی دی،دصوت څپې دحرکت سره موازي اهتزازکوي. اخذلیک (5)

دصوت څپې د خپرېدنې معادله په لاندې ډول لیکل کیږي

$$y(x.t) = y_0(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)) \qquad (6{,}22a)$$

زاويوې فريکونس: ω
دصوت څپې سرعت : C

الکترومقناطيسي وړانګې : Electromagnetic radiation

په کلاسيک تيورې classical theory کې الکترومقناطيسي وړانګې په آزاده فضاء کې دانرژي جريان ته ويل کيږ ي چې دبرښنايزساحې اومقناطيسي ساحې هم مهال اهتزازونو څخه جوړې دی. الکترومقناطيسي وړانګې په فضاء کې دنورپه سرعت C اوپه يوه ماده کې دنورسرعت څخه په ټيټ سرعت خپريږي . په فضاء کې دنورسرعت لږځه درې سوه زره کليومتره په يوه ثانيه کې قيمت لري .

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$ (تشياکې د نورسرعت)

الکترومقناطيسي وړانګې په ټاکلوالکترومقناطيسي پروسو processes کې توليدکيږي. د بېلګې په توګه کله چې يوبرښنايز چارج شوی بځرکی لکه الکترون خپل سرعت ته تغيرورکړي اويااهتزازۍوله حرکت ترسره کړي، نوپه پايله کې الکترومقناطيسي وړانګې منځ ته راځي. ځينې الکترومقناطيسي وړانګې په سترګوليدل کيږي لکه دنور وړانګې اوځينې بياپه سترګونه ليدل کيږی لکه د اکس وړانګې X-rays اودراډيوڅپې.

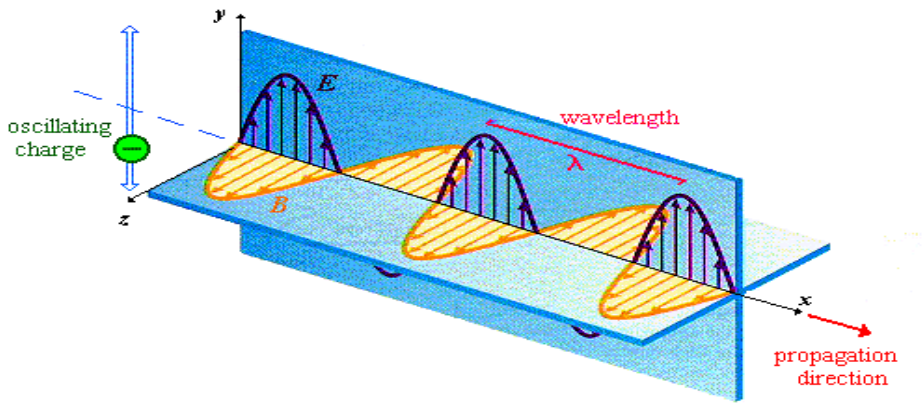
داوسني عصرکونتم تيورې quantum theory له مخې الکترومقناطيسي وړانګې په فضاء کې دفوتونو photons جريان ته ويل کيږي چې دنورکونتا light quanta په نوم هم يادیږي. فوتونونه دانرژي پاکټونه packets دي چې تل دنورپه سرعت سره حرکت کوي. بلخوا دالکترومقناطيسي وړانګوانرژي $E = hf$ دپلانک ثابته h = Planck's constant اود څپوفريکونس f دحاصل ضرب څخه ترلاسه کيږي. نوموړې انرژي دفوتون وړانګوانرژي سره يوشان ده او دالکترون ولټ (eV) په واحدسره اندازه کيږي .

په بله معنی دالکترو مقناطيسي وړانګوځينې خواص دڅپې تيورې wave theory په مټ اوځينې نورخواص يې دکوانتم تيوري Quantum theory له مخې دقيق بيان کېدای شي.ځرنګه چې الکترومقناطيسي وړانګې داهتزازکونکو برښنايز چارجونوڅخه په ليږې واټن کې موقعيت لري نوله دې کبله د برښنايز چارجونودسرچينې اغيزه وربانديې ډيره لږده.

الکترومقناطيسي څپې : (Electromagnetic waves)

کله چې يوبرښنايز چارج Q په اهتزازپيل وکړي نوپه شاوخوانږدي واټن کې الکترومقناطيسي څپې منځ ته راځي . نوموړې څپې د اهتزازکوونکې مقناطيسې ساحې B او اهتزازکوونکې برښنايزساحې E دخپل منځی غبرګون څخه جوړې دي. الکترومقناطيسي څپې دانرژی يوځانګړی ډول دی چې دبرښنايز چارج شووبځرکوڅخه خپريږي اودمخالف چارج شوو بځرکو څخه جذب کيږي . کله چې دالکترومقناطيسي وړانګو انرژي په فضاء کې خپريږي نو کټ مټ ديوې څپې په شان خواص لري اودالکترومقناطيسي څپې په نوم يادیږي . دېلګې په توګه لکه د راډيوڅپې radio waves ، مايکروڅپې microwaves ، دسره رنګ نه لاندې څپې infrared radiation ، دليدورڅپې visible light ، دبنفش نه اخوا څپې ultraviolet radiation ، اکس ريزX-rays اوګاما وړانګې gamma rays . دالکترومقناطيسي څپې برښنايزساحه E اومقناطيسي ساحه B اوهمدارنګه د خپرښدنې سمت وکټوريوپربل عمودولاړدي اوپه خپل منځ کې يوه قايمه زاويه جوړوي. بلخوا برښنايز ساحه اومقناطيسي ساحه په يوشان فاز کې اهتزازکوي.

کله چې الکترومقناطيسي وړانګې دمادې سره ولګيږي نودغبرګون په پايله کې دمادې مالیکولونو اوشبکې ته انرژي اوضربه momentumانتقال کوي. په يوه ماده کې دالکترومقناطيسي وړانګو دخپرښدنې سرعت v ، فريکونسي f،اودڅپې اوږدوالي λ ترمنځ لاندې اړيکې اعتبارلري . $v = f\lambda$



٦- ٢٠ شکل : دالکترومقناطيسي څپودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده چې ديوه اهتزازکوونکي منفي چارج په مټ منځ ته راځي. په کين خواکې يوالکترون عموماً اهتزازکوي اوپه پايله کې انرژي توليدکيږي. دانرژي ديوې اهتزازکوونکې برښنايزساحې E(x,t) اويوې اهتزازکوونکې مقناطيسي ساحې B(x,t) په ډول شاوخواته خپريږي.

د بېلګې په توګه دراډيوپه انتن radio antenna کې برښنايز چارج دوخت په تړاواهتزازي حرکت ترسره کوي اوالکترومقناطيسي وړانګې خپروي.

يوه الکترومقناطيسي څپه چې د x محورپه اوږدوکې حرکت کوي ، د برښنايز ساحې E(x,t) اومقناطيسي ساحې B(x,t) دامنه يې دوخت t اومکان x په تړاوپه لاندې ډول تغيرکوي.

- برښنايز ساحه : $E(x.t) = E_0 \sin(kx - \omega t)$
- مقناطيسي ساحه : $B(x.t) = B_0 \sin(kx - \omega t)$

په ٦- ٢٠ شکل کې دځپو اوږدوالی wavelength په λ او دځپې د خپرېدنې خوا پرځای زمحور x ښوول شوی دی. ديادولووړه خبره خوداده چې يوه ريښتونې الکترومقناطيسي څپه د ډله ايزو څپو څخه جوړه ده چې ددېروځپودتداخل په کړنلاره کې منځ ته راځي . داځکه چې په طبيعت کې داسې څپې شتون نه لري چې يوازي يورنګ (Monochromatic) ولري . همدالامل دی چې الکترومقناطيسي څپې د توپيرلرونکو فريکونسونو f_i او دځپو شمېر k_i څخه جوړې وي .

په تشه فضاء کې الکترومقناطيسي څپې د عرضي څپې transverse wave په ډول خپريږي . په دې معنی چې دبرقي ساحې وکټور اوهمدارنګه دمقناطيسي ساحې وکټوردځپې د خپرېدنې په سمت باندې عمودولاړدي . بلخوابرقي ساحه اومقناطيسي ساحه هم يوپربل باندې عمودولاړې دي. دنوروځپو لکه دصوت څپې،داوبوځپې په برخلاف الکترومقناطيسي څپې دخپرېدنې لپاره کومې مادې ته اړتيانه لري.

خوکله چې الکترومقناطيسي څپې په يوه هادي جسم کې خپريږي نودبرقي ساحې وکټور $\vec{E}(x.t)$ تل دهادي جسم په سطحه باندې عمودولاړوي .

دالکترومقناطيسي وړانګوطيف :

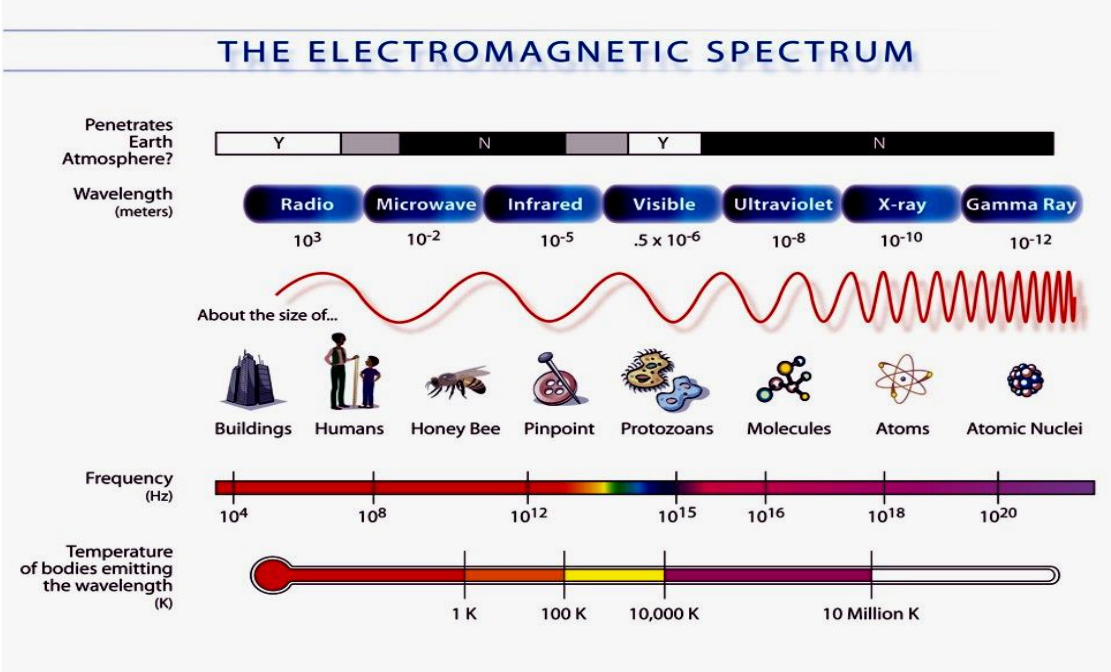
(Electromagnetic spectrum)

په ٦- ٢١ شکل کې دالکترومقناطيسي وړانګو بشپړطيف ښوول شوی دی چې دتوپيرلرونکوځپوفريکونسونو څخه جوړدی. دالکترومقناطيسي وړانګو دټولو فريکونسو نو ساحوته دنوموړو وړانګو طيف ويل کيږي . دالکترومقناطيسي وړانګو طيف دراډيوځپوټيټ فريکونس 10 kHz څخه پيل کيږي اوان تر ګاما وړانګولوړفريکونس 10^{20} Hz< پورې غځيږي.

دليدلووړځپې هغه دي چې دځپو اوږدوالی يې دځلورسوونانومتروڅخه تراووسوونانومتروپورې (400 nm - 700 nm) رسيږي .

دطيف هغه ساحه چې انرژي يې ددېرش کيلوالکترون ولټ څخه پورته وي په طبابت کې دناروغيودپېژندنې اودرملنې په موخه ورڅخه ګټه پورته کيږي.

دښلګې په توګه دبدن هډوکو او غړودناروغيوپېژندنې لپاره داسې ډول اکس وړانګې کارول کيږي چې درونتګن دستګاه X-ray tube ولټيج اندازه ددېرش کيلو ولټ څخه تريوسلوشل کيلو ولټ 120 kV پورې رسيږي. همدارنګه دتيوسرطان ناروغۍ د پېژندنېmammography لپاره ديرش کيلوولټ 30 kV اکس وړانګې کارول کيږي، خودتيوسرطان ددرملنې په موخه ان دشپږميګاولټ 6 MV لوړانرژي اکس وړانګوڅخه ګټه پورته کيږي.



٦- ٢١ شکل : دالکترومقناطيسي وړانګودانرژي بشپړطيف Spectrum ښوول شوی دی .

په لاندينۍ برخه کې دنوموړو وړانګوفريکونسي په واحدهرڅ (Hz) اوپه پورتنۍ برخه کې دهغوی دځپو اوږدوالی په واحدمترmeter ښوول شوی دی.د ساري په ډول دګاما وړانګوفريکونسي لړڅه لس په طاقت شل هرڅ 10^{20} Hz څخه اوړي.

دالکترومقناطيسي څپې معادله : (Electromagnetic wave equation)

پر 1865 زکال کې نامتوفزیک پوه م اکس ول James Clerk Maxwell وکولای شول چې په فضاء کې د ماکسول څلورګونو تفاضلي معادلو Maxwell's equations په کارولوسره دالکترومقناطيسي څپې معادله ترلاسه کړي. دنوموړې موخې لپاره ماکسول کارپوه دوکټورونومحاسبي قوانینو اودالکتروډینامیک قوانینوڅخه ګټه پورته کړه.

خرنګه چې په فضاء کې دبرېښنایزچارج کثافت ρ اودبرېښنایزجریان کثافت j سرچینه موجوده نه ده $(\rho = 0, j = 0, \varepsilon = \varepsilon_0, \mu = \mu_0)$ نو د ماکسول کلاسیک تفاضلي معادلې Differential equation لاندې بڼه ځانته غوره کوي.

په فضاء کې د ماکسول تفاضلي معادلې		
Gauss's law	1	$\vec{\nabla}, \vec{E} = 0$
Gauss's law for magnetism	2	$\vec{\nabla}, \vec{B} = 0$
Faraday's law of induction	3	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Ampère's Maxwell's law	4	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

ماکسول کارپوه وکولای شول چې دفاراډای قانون (3) اوامپیرقانون ماکسول (4) تفاضلي معادلوپه مټ ثبوت کړي چې برېښنایز ساحه E اومقناطیسي ساحه B الکترومقناطیسي څپې دي اوپه فضاء کې دنورپه سرعت سره خپریږي. همدارنګه ماکسول کارپوه ثابته کړه چې الکترومقناطیسي څپې دنورپه سرعت مخ په وړاندې ځي .

- په فضاء کې دالکترومقناطيسي څپوسرعت مساوي دی له :

$$C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 300\,000\ \text{km/s}$$

د ماکسول معادلوڅخه دالکترومقناطيسي څپې اشتقاق

دالکترومقناطيسي څپې داشتقاق په موخه فرض کووچې د برېښنایز ساحې یوه برخه $E_y(x,t)$ د y محورسره موازي اودمقناطیسي ساحې یوه برخه $B_z(x,t)$ د Z محورسره موازي اهتزازکوي اوبلخوا نوموړې څپې د x محورپه اوږدوکې دنورپه سرعت C په فضاء کې حرکت کوي.

کله چې په فضاء کې دفاراډای قانون معادلې (3) بڼې خواوکیې خوا کرل curl ونیسواوهمدارنګه دوکټورمحاسبې پېژندنې فرمول Curl of the curl identity وکاررو نولروچې:

$$\text{curl}(\text{curl}\ \vec{E}) = \text{grad}(\text{div}\ \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E}$$

$$\vec{\nabla}(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = \vec{\nabla}(\vec{\nabla},\vec{E}) - \nabla^2\vec{E} = -\vec{\nabla}\times\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad (6,23)$$

کله چې د (6,23) وکټوري محاسبه ترسره شي اوپه نوموړې معادله کې دګاوس قانوون $\vec{\nabla},\vec{E}=0$ وکارول شي نو په پايله کې د برېښنايز ساحې E(r,t) اومقناطيسي ساحې B(r,t) لپاره د مشتق دويمه درجه تفاضلي درې بعده معادله ترلاسه کيږي چې دوخت t اومکان r(x,y,z) تابع ده.

$$\vec{\nabla}^2,\vec{E} = \vec{\Delta},\vec{E} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} \quad (6,24)$$

$$\vec{\nabla}^2,\vec{B} = \vec{\Delta},\vec{B} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2} \quad (6,25)$$

- که پورتنيومعادلوته په ځيروګورو،نو د(6,24) معادله د برېښنايز ساحې دځپې معادله ده او (6,25) دمقناطيسي ساحې دځپې معادله ده.

په پايله کې د برېښنايز ساحې $E_y(x,t)$ دځپې اودمقناطيسي ساحې $B_z(x,t)$ دځپې لپاره د ماکسول يوه بعده معادله په لاندې ډول ليکلای شو.

$$\frac{\partial^2 B_z}{\partial x^2} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2 B_z}{\partial t^2} \quad (6,26)$$

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} \quad (6,27)$$

مورفرض کووچې دپورتنيومعادلودحل جمله په لاندې ډول دي :

$$E_y = E_0\ \sin(kx-\omega t) \quad (6,28)$$

$$B_z = B_0\ \sin(kx-\omega t) \quad (6,29)$$

په پورتنۍ هره يوه معادله کې دالکترومقناطيسي څپې بشپړ ځانګړتياوي نغښتې دي. دائکه چې برېښنايز ساحه $E_y(x,t)$ اومقناطيسې ساحه $B_z(x,t)$ ديوبل سره تړلې مخ په وړاندې حرکت کوي.

- په (6,28) معادله کې E_0 د برېښنايز ساحې اعظمي دامنه ده
- په (6,29) معادله کې B_0 دمقناطيسي ساحې اعظمي دامنه ده
- x د وړانګود خپرېدنې سمت، t وخت ، ω زاويوي فريکونس دی
- $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ دځپې ځايز شمېر دی
- T دځپې پريودPeriod ده
- ω زاويوي فريکونس دی
- v دځپې د خپرېدنې سرعت اوياد فاز سرعت v_p دی
- λ دځپې اوږدوالي دی.

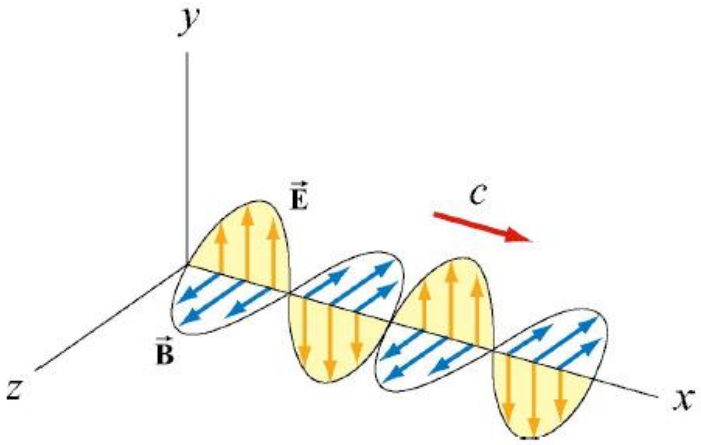
کله چې دوخت t اومکان x په تړاو د(6,26) معادلې اویاد(6,27) معادلې دحل جملې لومړی اودویم مشتق ونیسو اونتیجه یې دځپې په (6,25) معادله اویا (6,24) کې واچوو، نولروچې:

$$k^2 - \omega^2 \mu_0 \varepsilon_0 = 0 \qquad (6{,}30)$$

پایله یې داده چې دحل جمله (6,28) په دې شرط دالکترومقناطیسي هموارې څپې (6.27) معادله حل کولای شي چې ددایروي فریکونس ω ، دځپوعدد k او د $\mu_0\varepsilon_0$ ترمنځ لاندې اړیکې شتون ولري .

$$\frac{\omega^2}{k^2} = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0} = c^2 \qquad (6{,}31)$$

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$



٦- ٢٢ شکل : یوه الکترومقناطیسي څپه ښوول شوې ده چې دx محورپه مثبت خواکې دنورپه سرعت c خپریږي. برښنایز ساحه E اومقناطیسي ساحه B یوپربل عمودولاړدي . څرنګه چې دواړه ساحې یوشان فاز لري نوله دې کبله په عین وخت کې دواړه اعظمي اواصغري امپلیتودلري. اخذلیک (47)

لنډيز:

پخوامورنلي وه چې ګڼه الکترومقناطيسي څپې دنورپه سرعت سره خپريږي . خو (6,31) معادله په ډاګه کوي چې الکترومقناطيسي څپې په رښتياسره دنورپه سرعت خپريږي . داځکه چې کله په (6.29) معادله کې $\mu_0\varepsilon_0$ قيمتونه واچوونودالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې سرعت دنورسرعت سره مساوي راښيي.

په پايله کې د ماکسول دتيورې پر اساس دالکترومقناطيسي څپې په هکله لاندې اړين معلومات ترلاسه شوه

- الکترومقناطيسي څپه يوه عرضي څپه ده داځکه چې برېښنايز ساحه E دځپې د خپرېدنې په سمت باندې عمودولاړه ده.
- څرنګه چې برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B يوپربل عمودولاړدي نوله دې کبله دهغوی سکالارې ضرب صفردی

$$\vec{E}.\vec{B} = 0$$

- په فضاء کې الکترومقناطيسي څپې دنورپه سرعت c سره خپريږي اومساوي دی له :
- $$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$
- په يوه ماده کې دالکترومقناطيسي څپې سرعت v دنورسرعت c څخه لږدی

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu\,\varepsilon}} < c$$

- دنورسرعت c دالکترومقناطيسي څپې زاويوي فريکونس اودځپې عدد k دحاصل تقسيم سره مساوي دی $\frac{\omega}{k} = c$
- برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B په يوشان فاز phase سره خپريږي. په دې معنی چې دهغوی امپليټود په عين وخت کې اعظمي اواصغري قيمت لري .
- دځپې وکټور k دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې سمت راښيي.
- دبرېښنايزساحې امپليټود E_0 اومقناطيسي ساحې امپليټود B_0 حاصل تقسيم څخه دنورسرعت ترلاسه کيږي
- بلخواد برېښنايز ساحې E اومقناطيسي ساحې B ترمنځ په هره لحضه کې لاندې اړيکې اعتبارلري چې په جدول کې ښوول شوې دی

$\vec{k},\vec{B} = 0$	$\vec{k},\vec{E} = 0$
په فضاء کيدنورسرعت $= \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} = \frac{E_0}{B_0} = \frac{E}{B} = c$	

٦-٢ جدول : دالکترومقناطيسي ځپې ځانګرتياوې ښوول شوې دي

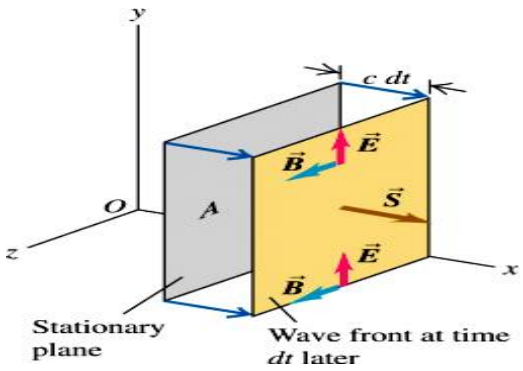
pointing Vector

دمقناطيسي ساحې او برېښنايز ساحې وکټوري حاصل ضرب ته pointing Vector ويل کيږي . نوموړی وکټورد فضاء په هره نقطه کې دځپې د خپرېدنې سمت اوانرژي رابنيي. هغه مقدارانرژي چې دځپوپه مټ په واحدوخت اوسطحه W/m^2 کې يوه جسم ته انتقال کيږي دنوموړې وکټورپه واسطه اندازه کيږي.

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E} \times \vec{B} \qquad (6,32)$$

هغه مقدارانرژي dU چې دتفاضلي وخت dt په ترڅ کې دسطحي A څخه انتقال کيږي مساوي ده له :

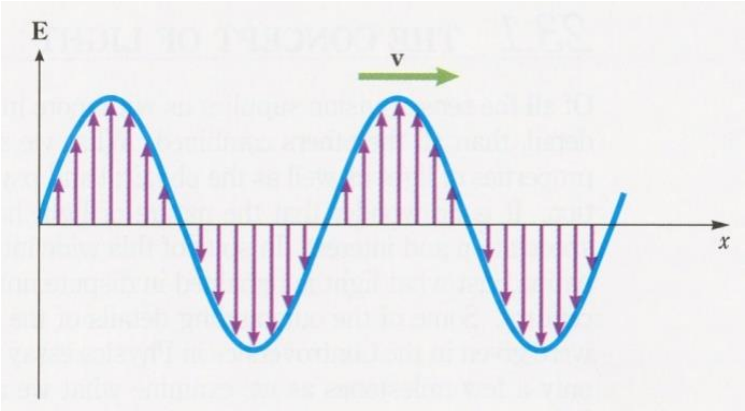
$$S = \frac{dU}{A,dt} = \frac{E,B}{\mu_0} \qquad (6,33)$$



٦- ٢٣ شکل: يوه ساکنه سطحه A په پام کې نيسوچې پرځای زمحور x باندې عمودولاړه ده.کله چې دنوموړې سطحې څخه د برېښنايز ساحې څپه E اودمقناطيسي ساحې څپه B د x محورپه اوږدوکې مثبت خواته په اندازه د (dx = c.dt) حرکت کوي نوپه پايله کې دخپل ځان سره انرژي انتقال کوي.

متحرکه الکترومقناطيسي څپه : (Traveling Electromagnetic Wave)

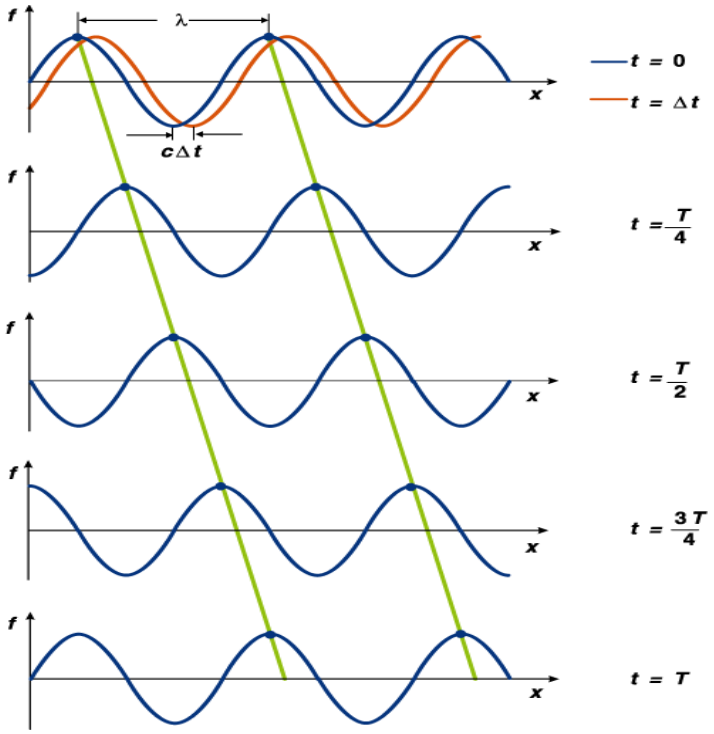
په ٦- ٢٤ شکل کې ديوې متحرکې ساين ډوله برېښنايز ساحې E داهتزازبڼه دمحل محورx په تابع سره ښوول شوې ده . برېښنايز ساحه د x محورمثبت خواپه اوږدوکې په سرعت v حرکت کوي اودعمودي محورy سره موازي اهتزازکوي. دعمودي محورy داهتزازمثبت اومنفي خواسمت دوکټورونوپه څوکه اودبرېښنايز ساحې مطلقه قيمت دوکټورونوپه طول ښوول شوی دی . دالکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحې ته عرضي الکترو مقناطيسي څپه ويل کيږي داځکه چې دنوموړې څپې برېښنايز ساحه د خپرېدنې په سمت باندې عموداً اهتزازکوي .



٦- ٢٤ شکل : ديوې متحرکې ساين ډوله برېښنايز ساحې E(x,t) شپېه ايزېنه ښوول شوې ده چې دافقي محور x په مثبت خواکې د فاز په سرعت v حرکت کوي اود عمودي محورپه اوږدوکې اهتزاز کوي . دبرېښنايز ساحې مثبت دامنه په پورته خواوکټورونواومنفي دامنه په ښکته خواوکټورونوکښل شوې ده .

ديوې برېښنايز $E(x.t)$ ساين ډوله څپې sinusoidal wave دحرکت معادله په لاندې ډول ده چې د x محورپه مثبت خواکې پرمختگ کوي.

$$E(x.t) = E_0 \sin(kx - \omega t) \qquad (6,34)$$



With kind permission John Wiley

٦- ٢٥ شکل : يوه ساينډوله څپه دځای محور x په مثبت خواکې په سرعت c حرکت کوي. دځپې دامپليټوداعظمي څوکې موقعيت ديوې پريود T په ټاکلووختونوکې پرلپسې په يوه کړه کرښه باندې کښل شوی دي . اخذليک (5)

دالکترومقناطيسي څپې تداخل: Interference

په فزيک کې دځپوتداخل يوه طبيعي پېښه ده اوپه يوه چاپېريال کې هغه مهال منځ ته راځي کله چې دوه اوياډېرې څپې په يوه نقطه اوعين وخت کې سره يوځای شي. په پايله کې دهغوی هرې يوې څپې دامنې په الجبري ډول يودبل سره جمع کيږي اويوه محصله څپه منځ ته راځي. نوموړی فزيکي قانون دځپوتداخل superposition principles په نوم يادېږي. دځپوتداخل دوه ډوله دی .

لومړی : دځپورغوونکی تداخل **Constructive interferenc :**

دويم : دځپوورانوونکی تداخل **Destructive interference** :

د ښلګې په توګه دوه ساين ډوله څپې $y_1(x.t)$ او $y_2(x.t)$ په پام کې نيسوچې دځای محور x اودوخت t تابع دي . نوموړې څپې د محور x په اوږدوکې مثبت خواته په يوشان سرعت سره حرکت کوي.

$$y_1(x.t) = y_m \sin(kx - \omega t) \quad (6,35)$$

$$y_2(x.t) = y_m \sin(kx - \omega t + \emptyset) \quad (6,36)$$

ددواړوځپوزاويوي فريکونسω، دځپو اوږدوالی λ ،دځپې عدد k او اعظمي دامنه y_m سره يوشان دي. خودويمه څپه $y_2(x.t)$ دلومړی څپې $y_1(x.t)$ په پرتله د فاز ثابتې زاويې $\emptyset$ په اندازه توپيرلري.
کله چې $y_1(x.t)$ او$y_2(x.t)$ په الجبري ډول سره جمع کړونو د superposition قانون پر اساس يوه محصله څپه $y^3(x.t)$ منځ ته راځي چې دتداخل ډول يې د فاز په ثابته زاويه $\emptyset$ پورې اړه لري.

$$y^3(x.t) = y_1(x.t) + y_2(x.t) \qquad (6,37)$$

درياضي مثلثاتوفرمولونوپه کارولوسره دمحصله څپې لپاره لاندې معادله ترلاسه کيږي

$$y^3(x.t) = \left[2y_m \cos\frac{1}{2}\emptyset\right] \sin\left(kx - \omega t + \frac{1}{2}\emptyset\right) \qquad (6,38)$$

په پايله کې محصله څپه $y^3(x.t)$ هم ساينډوله څپه ده چې د x محورمثبت خواپه اوږدوکې په يوشان فريکونسي ω حرکت کوي اودامنه يي د $y_1(x.t)$ څپې اوسره $y_2(x.t)$ څپې محصله څپه ده . د محصله څپې $y^3(x.t)$ ځانګړتياوې په لاندې ډول دي:

- دمحصله څپې $y^3(x.t)$ د فاز ثابت مساوي ده له : $\frac{1}{2}\emptyset$
- دمحصله څپې $y^3(x.t)$ دامنه مساوي ده له :$\left[2y_m \cos\frac{1}{2}\emptyset\right]$
- که چېرته د $y_1(x.t)$ او$y_2(x.t)$ څپوترمنځ د فاز Phase زاويې توپيرد$\emptyset$ جفت ډيرځليز لکه
- $\emptyset = \cdots -4\pi. -2\pi. 0.2\pi. 4\pi \ldots$ قيمت ولري ، نو $\cos\frac{1}{2}\emptyset = 1$ کيږي اودځپورغوونکی تداخل منځ ته راځي. په نوموړي حالت کې دمحصله څپې دامنه دوه برابره $2y_m$ لوړه وي دمحصله څپې معادله (6,38) لاندې بڼه ځانته غوره کوي.

$$y^3(x.t) = 2y_m \sin(kx - \omega t) \qquad (\emptyset = 0)$$

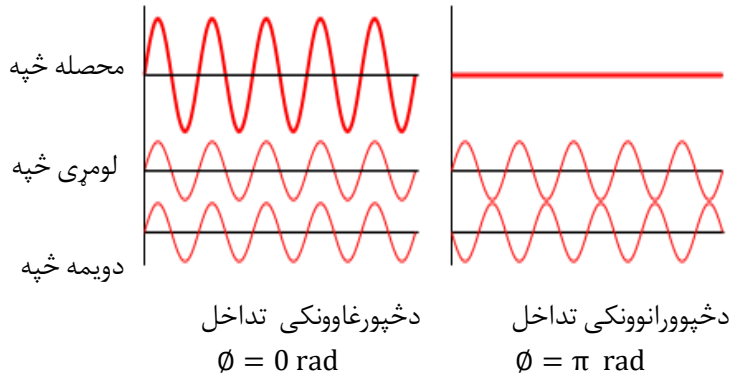
محصله څپه يوه ساين ډول څپه ده چې د x محورمثبت خواکې خپريږي .

- که چېرته د $y_1(x.t)$ او د $y_2(x.t)$ څپوترمنځ د فاز Phase زاويې توپير د $\emptyset$ طاق ډيرځليز قيمت ولري لکه
- $\emptyset = \cdots -3\pi. \pi. 3\pi \ldots \ldots$

نو دځپووراننوونکی تداخل منځ ته راځي. په نوموړي تداخل کې دمحصله څپې دامنه دصفرسره مساوي کيږي. داځکه چې په وروستي حالت کې $\cos\frac{1}{2}\emptyset = 0$. محصله څپه دوخت اوځای هرقيمت په تړاوصفرده اولاندې بڼه ځانته غوره کوي.

$$y^3(x.t) = 0 \qquad (\ \emptyset = \pi\ \text{rad}\ )$$

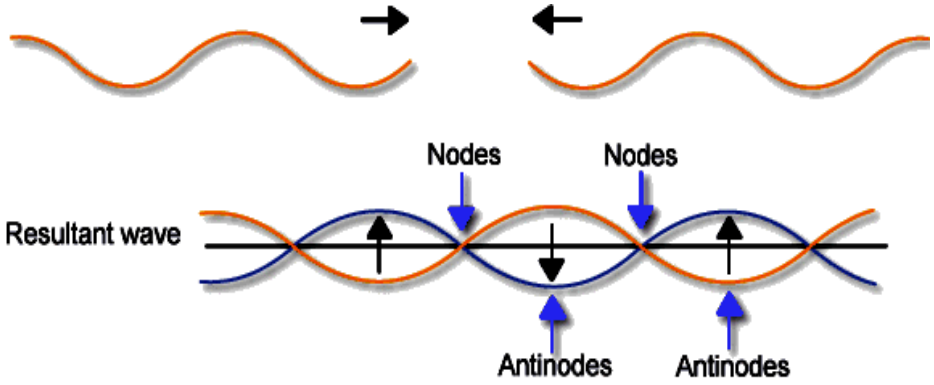
دځپې تداخل پېښه په هرډول څپو کې لکه الکترومقناطيسي څپې ،صوتي څپې ،داوبوڅپې اودمادې په څپوکې منځ ته راځي.
که چېرته دلومړی څپې قله Crest ددويمې څپې قلي سره چې يوشان فريکونسي اوامپليتود ولري اوپه يوه ټکې کې سره مخامخ شي نوپه پايله کې محصله دامنه دلومړی څپې دامنې اوددويمې څپې دامنې دحاصل جمع څخه ترلاسه کيږي .
که چېرته دلومړی څپې قله Crest ددويمې څپې ژورې برخې troughs سره چې يوشان فريکونسي اوامپليتود ولري اوپه يوه ټکې کې سره مخامخ شي نوپه پايله کې محصله دامنه دلومړی څپې دامنې اوددويمې څپې دامنې دحاصل تفريق څخه ترلاسه کيږي (23)



٦-٢٥ الف شکل : دځپووراننوونکی تداخل دځپورغاوونکی تداخل فزيکي کړنلاره ښوول شوې ده اخذليک (24)

ولاړي څپې : (Standing waves)

کله چې په يوه ترلي چاپېريال کې څپې محدودي وساتل شي نوپه پايله کې ولاړي څپې منځ ته راځي . دبېلګې په توګه لکه هغه څپې چې ديوه رباب سيم guitar string په اوږدوکې په ميخانيکي توګه توليدکيږي اومخالف خواته حرکت کوي اوکله چې درباب سيم اخر ترلوڅوکوته ورسيږي نو بېرته انعکاس کوي . په پايله کې لويدونکې څپې دانعکاس شووڅپوسره تداخل کوي اوولاړي څپې منځ ته راځي .



٦-٢٦ شکل : په پاس برخه کې ښوول شوې ده چې دوه څپې ديوبل مخالف سمت کې حرکت کوي . دشکل په لاندې برخه کې نوموړي څپې ديوبل سره تداخل کړی دی اوولاړي څپې منځ ته راغلي دي . اخذليک (25)

دتداخل په پايله کې داسې ځايونه x منځ ته راځي چې هلته دولاړې څپې داهتزازدامنه صفرکيږي او دځپې غوټې nodes په نوم يادیږي،اوپه هغوځايونوکې چې دځپې اهتزازدامنه اصغري اويا اعظمي قيمت لري دځپې ضدغوټې anti-node په نوم يادیږي.

دمتحرکوځپوپه برخلاف ولاړې څپې دځای محور x په اوږدوکې نه خپريږي خودځای محور په هره نقطه کې درسی اړونده ذره particle ښکته اوپورته په توپيرلرونکې امپليتودسره اهتزازکوي.

دساينډوله ولاړې څپې معادله چې د y(x) محورپه اوږدوکې اهتزازکوي په لاندې ډول ليکلا ی شو: .

$$Y(x) = Asin(kx) \qquad (39)$$

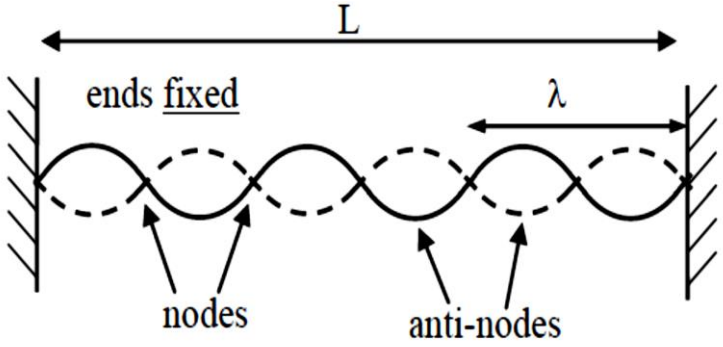
$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$ وکټور خپرېدنې دځپې

په ٦- ٢٧ شکل يوه رسی په پام کې نيسوچې طول يې L اودواړه څنډې يې کلکې ترلې دي. په تخنيکې ډول کولای شوچې يوه ساين ډوله څپه درسی په اوږدوکې توليدکړو. کله چې نوموړې لويدونکې څپه incident درسی اخر برخې ته ورسيږي نو بېرته انعکاس کوي اودلومړی څپې په مخالف خواکې د فاز په توپيرسره حرکت کوي. که ومنوچې دانعکاس په کړنلاره کې انرژي نه ضايع کيږي نود دواړوځپودامنه اوفريکونس يوشان پاتې کيږي. په پايله کې لويدونکې او انعکاس شوې څپه يودبل سره تداخل کوي اوولاړې څپې توليدکيږي .دوه ساين ډوله اومخالف جهته څپې کېدای شي چې درسی په اوږدوکې د څپې دانعکاس څخه منځ ته راشي اويادا چې رسی د بهرخوايوې سرچينې په مټ تحريک شي

دولاړې څپې اړينه ځانګړتياداده چې په هغوځايونو کې چې دولاړې څپې غوټې پرتې دي درسی اړونده بڅرکې particles اهتزازنه کوي اوپه خپل ځای کې ځای پرځای پرتې وي.

خوپه هغوځايونو کې چې دولاړې څپې ضدغوټې شتون لري درسی اړونده بڅرکو داهتزازدامنه دځای x په تړاو تغيرکوي

په داسې حال کې چې په يوه متحرکه څپه کې داهتزادامنه دځای په تړاو ثابت پاتې کيږي



٦- ٢٧ شکل : دولاړې څپې داهتزاز شپيه ايزښه ښوول شوې ده کله چې ديوې رسی rope په اوږدوکې L په مخالف جهت سره حرکت کوي، اودانعکاس څخه وروسته ديوبل سره تداخل وکړي. په پايله کې ولاړې څپې منځ ته راځي. په لومړی شپبه کې دولاړې څپې دامنه پورته خواته اهتزازکوي اوپه توروکرښوکښل شوې ده اوپه دويمه شپبه کې دولاړې څپې دامنه ښکته خواته اهتزازکوي په پرې شووکرښوکښل شوې ده.

په پايله کې ويلای شوچې ولاړې څپې هغه ډول څپو ته ويل کيږي چې غوټې nodes يې په خپل ځای کې ساکن موقعيت ولري خوداهتزازدامنه Anti-nodes يې ښکته اوپورته اهتزازکوي .

درياضي له مخې هم کولای شوچې دولاړې څپې دتوليدکړنلاره په لاندې ډول ترڅېړنې لاندې ونيسو. دنومورې موخې لپاره دوه ساين ډوله څپې په پام کې نيسو چې دهغوی زاويوي فريکونس ω اودامنه amplitüde سره يوشان دي . هغه څپه چې د x محورمثبت خواته حرکت کوي د خپرېدنې معادله يې په لاندې ډول ده.

$$y_1(x.t) = y_m \sin(kx - \omega t) \quad (6,39)$$

اوهغه څپه چې د x محورمنفي خواته حرکت کوي د خپرېدنې معادله يې په لاندې ډول ده

$$y_2(x.t) = y_m \sin(kx + \omega t) \quad (6,40)$$

کله چې په نومورو څيو (6,39) او(6,40) باندې د superposition قانون وکارووونولروچې :

$$Y_3\ (x.t) = y_1(x.t) + y_2(x.t)$$

$$Y_3\ (x.t) = y_m \sin(kx - \omega t) + y_m \sin(kx + \omega t) \qquad (6,41)$$

کله چې درياضي مثلثاتواړيکوڅخه ګټه پورته کړونوپه پايله کې (6,41)
معادله لاندې بڼه ځانته غوره کوي.

$$Y_3\ (x.t) = [2\ y_m\ sinkx] \cos \omega t \qquad (6,42)\ ,$$

(6,42) معادله دمحصله ولاړې څپې $Y_3\ (x.t)$ داهتزازمعادله ده چې دنومورډواړوساين ډوله څپودتداخل په پايله کې منځ ته راځي.

- په نومورې معادله کې $[2\ y_m\ sinkx]$ دولاړې څپې داهتزازدامنه ده چې په يوه ثابت وخت کې دځای x په تړاوتغيرکوي.
- $\cos \omega t$ دولاړې څپې داهتزازدامنه ده چې په يوه ثابت ځای کې دوخت په تړاوتغيرکوي
- دولاړې څپې هغه ځايونه چې هلته دځپې دامنه صفر قيمت لري غوټې nodes اوهغه ځايونه چې هلته دځپې دامنه اعظمي قيمت لري د ضدغوټې anti-node په نوم يادېږي.
- په هغوځايونوکې چې دولاړې څپې داهتزازدامنه صفرکېږي شرط يې دادی چې $sinkx = 0$ قيمت ځانته غوره کړي . اونومورې شرط هغه مهال پوره کېږي چې $kx = 0$ قيمت ولري. څرنګه چې $k = 2\pi/\lambda$ نوهغه ځايونه چې دولاړې څپې غوټې پرتې دي په لاندې ډول ترلاسه کېږي.

$$kx = n\pi\ . \qquad n = 0.1.2. \dots \dots \quad (6,43)$$

کله چې په (6,43) معادله کې $k = 2\pi/\lambda$ واچوو،نودولاړې څپې هغه ځايونه x ترلاسه کيږي چې هلته دنوموړې څپې دامنه صفرکيږي. بلخوادغوټې ځايونو x اودځپې طول λ تر منځ لاندې اړيکې شتون لري.

$$x = n\frac{\lambda}{2}. \qquad n = 0.1.2 \qquad (\text{غوټې}) \qquad (6,44)$$

په بله معنی د (6,44) معادلې پر اساس په x ځايونوکې دولاړې څپې غوټې پرتې دي. دپام وړه ده چې دولاړې څپې ګاونډی غوټې پرلپسې ديوبل څخه دځپې په نيمايې واټن $\frac{\lambda}{2}$ کې موقعيت لري.

د (6,42) معادلې له مخې دولاړې څپې $Y_3\,(x.t)$ داهتزاز اعظمي دامنه $2ym$ په هغوځايونوکې پرته ده چې هلته دساين زاويې مطلقه قيمت ديوسره مساوي شي. $sinkx = 1$ نوموړی شرط هغه مهال پوره کيږي کله چې kx په خپل وارسره لاندې قيمتونه ولري:

$$kx = \frac{1}{2}\,\pi.\frac{3}{2}\,\pi.\frac{5}{2}\,\pi\,.\ldots\ldots\ldots,, (6,45)$$

کله چې په (6,45) معادله کې $k = 2\pi/\lambda$ واچوو،نودولاړې څپې هغه ځايونه x ترلاسه کيږي چې هلته دنوموړې څپې دامنه اعظمي قميت ځانته غوره کوي اود ضدغوټې anti-nodes ځايونوپه نوم يادېږي.

$$x = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}. \quad n = 0.1.2.\ldots \quad (\text{ضدغوټې}) \quad (6,44)$$

(6,44) معادله په ډاګه کوي چې دولاړې څپې ګاونډی ضدغوټې پرلپسې ديوبل څخه دځپې طول په نيمايې $\frac{\lambda}{2}$ واټن کې پرتې دي اودګاونډيوغوټوپه نيمايې واټن کې موقعيت لري.

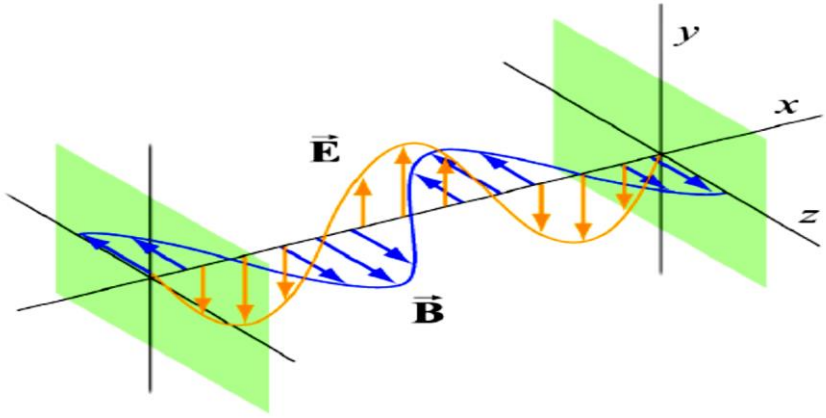
برخلاف دمتحرکې څپې چې انرژي ديو ځای څخه بل ځای ته انتقال کوي ،ولاړې څپې انرژي نه انتقال کوي بلکې په ساکنه اعظمي دامنه کې زخيره کيږي.



ولاړي الکترومقناطيسي څپې : (Standing Electromagnetic waves)

په عملي توګه ولاړي الکترومقناطيسي څپې ترلاسه کېدای شي کله چې الکترومقناطيسي څپې ددووبشپړ انعکاس کوونکوهادې لوحو په منځ کې پرلپسې انعکاس وکړي.

په ٦- ٢٨ شکل کې ولاړي الکترو مقناطيسي څپې ښوول شوې دي.
دهرډول څپولپاره ځانګړي سرحدي شرطونه boundary condition ټاکل کيږي ترڅوولاړي څپې منځ ته راشي . دالکترومقناطيسي څپولپاره سرحدي شرطونه دادي چې برېښنايز ساحه E دانعکاس کوونکوهادې لوحوپه سطحه باندې صفرقيمت ولري يعنې هلته يوه غوټه پرته وي اومقناطيسي ساحه B هلته يوه ضدغوټه ولري

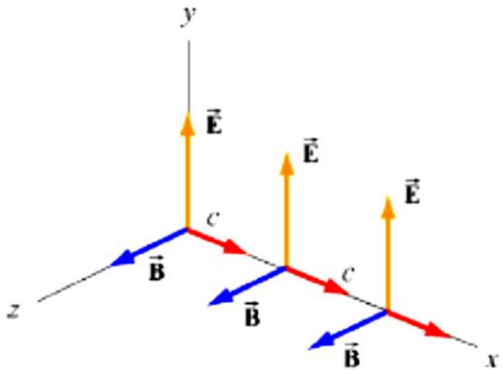


٦- ٢٨ شکل :دولاړي برېښنايز څپې $E_y(x.t)$ اومقناطيسي څپې $B_z(x.t)$ داهتزاز شېبه ايز بڼه ښوول شوې ده چې ددوو انعکاس کوونکوهادي لوحو(لکه هيندارهmirror) په منځ کې توليدشوې دي .

دپام وړده چې په محصله ولاړه الکترومقناطيسي څپه کې د برېښنايز ساحې $E_y(x.t)$ اومقناطيسي ساحې $B_z(x.t)$ تر منځ د فاز توپيرنوې درجه 90^0 دی. په داسې حال کې چې په يوه متحرکه الکترومقناطيسي څپه کې برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B يوشان فاز phase لري. په بله معنی د E او B ساحې داهتزازدامنه په عين وخت کې اصغري اواعظمي قيمت ځانته غوره کوي.
دوه هموارې الکترومقناطيسي څپې په پام کې نيسو. لومړی الکترومقناطيسي څپه دنورپه سرعت c دځای محور x+ په مثبت خواحرکت کوي اوپه ٦- ٢٩ شکل کې کښل شوې ده .
دنومورې څپې برېښنايزساحه $E_{1y}(x.t)$ د y محورپه اوږدوکې اهتزازکوي اومقناطيسي ساحه $B_{1z}(x.t)$ د z محورپه اوږدوکې اهتزازکوي . داسانتيالپاره منوچې ددواړوالکترومقناطيسي څپوداهتزازدامنه اوفريکونس سره يوشان دی .دلومړی الکترومقناطيسي څپې دحرکت معادله په لاندې ډول ده.

$$E_{1y}(x.t) = E_0 \cos(k\,x - \omega\,t) \qquad (6,45)$$

$$B_{1z}(x.t) = B_0 \cos(k\,x - \omega\,t) \qquad (6,46)$$



٦- ٢٩ شکل : دلومړی الکترومقناطيسي څپې بڼه ښوول شوې ده چې د ځای محور x په اوږدوکې مثبت خواته دنورپه سرعت c حرکت کوي.

دويمه الکترومقناطيسي څپه دلومړی الکترومقناطيسي څپې په مخالف خوا يعنې دځای محور x- په منفي خواحرکت کوي اودامنه يې د y محورپه اوږدوکې اهتزازکوي . دحرکت معادله يې په لاندې ډول ده.

$$E_{2y}(x.t) = -E_0 \cos(k\,x + \omega\,t) \qquad (6{,}47)$$

$$B_{2Z}(x.t) = \; B_0 \cos(k\,x + \omega\,t) \qquad (6{,}48)$$

په (6,47) معادله کې دمنفي علامه (-) داسې معنی ورکوی چې دبرښنايزساحې $E_{2y}(x.t)$ فاز زاويه دانعکاس څخه وروسته په اندازه ديوسلواتيادرجې $\pi = 180^0$ تغيرکوي. کله چې دځپودانطباق قانون superposition وکاروو،نودواړه الکترومقناطيسي څپې سره جمع کيږي اويوه محصله څپه $E_y(x.t)$ او $B_z(x.t)$ منځ ته راځي:

$$E_y(x.t) = E_{1y}(x.t) + E_{2y}(x.t) \qquad (6{,}49)$$

$$E_y(x.t) = E_0[\cos(kx - \omega t) - \cos(kx + \omega t)] \qquad (6{,}50)$$

$$B_z(x.t) = \; B_{1z}(x.t) + B_{2z}(x.t) \qquad (6{,}51)$$

$$B_z(x.t) = \; B_0\,[\cos(kx - \omega t) + \cos(kx + \omega t)] \qquad (6{,}52)$$

کله چې درياضي څانګې دمثلثاتولاندې فرمول وکاروو

$$\mathrm{Cos}(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\,\cos\beta \; \mp sin\alpha\; sin\beta \qquad (6{,}53)$$

نود برښنايز محصله څپې او مقناطيسي محصله څپې لپاره لاندې معادلې ترلاسه کيږي.

$$E_y(x.t) = [2E_0\,\mathrm{sin}kx]\,\mathrm{sin}\omega t \qquad (6{,}54)$$

$$B_z(x.t) = [2B_0\,\cos kx]\,\cos\omega t \qquad (6{,}55)$$

(6,54) او (6,55) معادله د برښنايز ساحې اومقناطيسي ساحې ولاړې محصله څپې دي چې حرکت نه کوي اوپه خپل ثابت ځای کې دوخت t اوځای x په تړاواهتزازکوي. داځکه چې په رياضي تړاو نومورې معادلې دځای تابع اودوخت تابع په دوه بيلوفکټورونوکې شتون لري. په داسې حال کې چې دهرې متحرکې څپې دحرکت معادله لاندې بڼه لري.

$$f(x.t) = f(kx \mp vt) \qquad (6{,}56)$$

دپام وړه چې دولاړې محصله برېښنايز څپې $E_y(x.t)$ داهتزاز دامنه د E_{1y} او E_{2y} په پرتله دوه ځله لوړقيمت $2E_0$ لري. دولاړې مقناطيسي محصله څپې $B_z(x.t)$ لپاره هم داسې درواخله . بل داچې دولاړې محصله برېښنايز څپې هغه ځايونه x_n چې غوټې لري اوهغه ځايونه چې ضدغوټې لري په لاندې ډول څېړو:

- دبرېښنايزساحې غوټې دمقناطيسي ساحې غوټې په پرتله نوې درجه 90^0 د فاز توپيرلري
- دولاړې محصله څپې برېښنايز ساحه $E_y(x.t)$ په هغوځايونو x_n کې تل صفرکيږی کله چې $\sin kx_n = 0$ شرط پوره شي. اودساين تابع قيمت هغه مهال صفرکيږي کله چې د x_n واټن اودځپې اوږدوالي λ ترمنځ لاندې اړيکې شتون ولري.

$$x_{E-nodes} = \frac{n\pi}{k} = \frac{n\pi}{2\pi/\lambda} = n\frac{\lambda}{2} \qquad (n = 0.1.2.3 \ldots \text{غوټې})$$

په بله معنی دولاړې برېښنايز محصله څپې $E_y(x.t)$ غوټې په لاندې ځايونو $x_{E-nodes}$ کې پرتې دي.

$$x_{E-nodes} = 0.\frac{\lambda}{2}.\lambda.\frac{3\lambda}{2}\ldots$$

کله چې دځای x په تړاو دولاړې محصله برېښنايز څپې داهتزازدامنه $\sin kx_n = \pm 1$ قيمت ولري نوضدغوټې $x_{E-antinodes}$ په لاندې ځايونوکې پرتې دي.

$$x_{antinodes} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{k} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{\frac{2\pi}{\lambda}} = \left(\frac{n}{2} + \frac{1}{4}\right)\lambda \qquad (6{,}57)$$

$n = 0.1.2.3 \ldots \ldots$, ضدغوټې,

هغه سطحي چې دغوټې نقطي پکې پرتې وي د برېښنايز ساحې $E_y(x.t)$ دغوټو سطحې په نوم يادېږي.دغوټې سطحي دځپې نيمايي اوږدوالي په ډيرځليزځايونوکې شتون لري. په بله معنی دولاړې څپې په هرنيمايي اوږدوالي $\frac{\lambda}{2}$ کې د برېښنايز محصله ساحې $E_y(x.t)$ دامنه صفرکيږي اوهلته دځپې غوټې پرتې دي.

په داسې حال کې چې دولاړې محصله مقناطيسي څپې لپاره کټ مټ ورته محاسبه په کارده اوپه پايله کې دمقناطيسي ساحې غوټې په لاندې هغوځايونوکې پرتې دي چې هلته $\cos kx_n = 0$ شرط پوره وي

$$x_{B-nodes} = \left(n + \frac{1}{2}\right)\frac{\pi}{k} = \left(\frac{n}{2} + \frac{1}{4}\right), \quad n=0,1,2,\ldots \quad (6.58)\lambda$$

$$x_{B-nodes} = \frac{\lambda}{4}.\frac{3\lambda}{4}.\frac{5\lambda}{4} \qquad \text{دمقناطيسي څپې غوټې}$$

همدارنگه دولاړې الکترومقناطيسي څپې هغه ځايونه چې هلته دمقناطيسي څپې ضدغوټې پرتې دي بايد $\cos kx_n = \pm 1$ شرط پوره کړي.

$$x_{B-antinodes} = \frac{n\pi}{k} = \frac{n\pi}{2\pi/\lambda} = \frac{n\lambda}{2}. \quad n = 0.1.2.., (6{,}59)$$

$$x_{B-antinodes} = \frac{n\pi}{k}.n = 0.1.2. \qquad \text{دمقناطيسي څپې ضدغوټې}$$

کله چې دمقناطيسي ولاړې محصله څپې $E_B(x.t)$ لپاره ورته کړنلاره ترسره شي نوپه پايله کې لاندې نتيجه ترلاسه کيږي.

- په هغه ځايونو کې چې د برېښنايز ولاړې څپې $E_y(x.t)$ غوټې پرتې دي په همغه ځای کې دمقناطيسي ولاړې څپې $E_B(x.t)$ ضدغوټې پرتې دي. اوبرعکس د برېښنايز څپې ضدغوټې دمقناطيسي ساحې غوټې سره سمون لري. بلخوادګاونډيو ضد غوټوترمنځ واټن دځپې نيمای اوږدوالی $\frac{\lambda}{2}$ په اندازه دی .

(6,54) معادله په ډاګه کوي چې ولاړه برېښنايزمحصله څپه $E_y(x.t)$ دوخت تابع هم ده اوهغه مهال صفرکيږي کله چې $\sin\omega t = 0$ صفروي. اونوموړې شرط هغه مهال پوره کيږي کله چې دوخت t اودځپې پريود T ترمنځ لاندې اړيکې شتون ولري.

$$t = \frac{nT}{2} \quad . \quad n = 0.1.2. \dots ,, \quad (6,60)$$

په (6,60) معادله کې $T = 1/f = \frac{2\pi}{\omega}$ دولاړې برېښنايز محصله څپې $E_y(x.t)$ پريوددی اووروسته له هرنيمايي پريود $T/2$ څخه د برېښنايز محصله څپې دامنه صفرکيږي په داسې حال کې چې دمقناطيسي څپې دامنه اعظمي قيمت لري.

دپام وړ:

برخلاف دمتحرکې الکترومقناطيسي څپې چې هلته د برېښنايز ساحې E اومقناطيسي ساحې B ترمنځ د فاز توپيرصفردی، خوپه ولاړو الکترو مقناطيسي څپوکې د برېښنايز ساحې E اومقناطيسي ساحې B ترمنځ د فاز توپيرنوي درجې 90^0 دی.

په يوه هادي بکس Box کې دولاړوځپوتوليد:

دراډيو تراپي ماشين يوه اړينه برخه تعجيل کوونکي جوړښتونه (Accelerating structures) تشکيلوي چې هلته ولاړې څپې توليدکيږي اوچارج شووبځرکوته تعجيل ورکول کيږي . نوموړې جوړښتونه ديوه تش هادي څلورکونجه بکس بڼه لري اوپه ميځ کې يې ولاړې څپې توليدکيږي

په ٦- ٢٩ شکل کې يوتش څلورکونجه هادي بکس کښل شوی دی چې درې ډوله ولاړې څپې پکې توليدشوې دي .

سرحدي شرطونه boundary conditions https://en.wikipedia.org/wiki/Boundary_conditions داسې ټاکل شوي دي چې دهادي بکس په ديوال باندي دځپې غوټې پرتې وي ترڅوولاړې څپې منځ ته راشي . اونوموړی شرط هغه مهال پوره کيږي کله چې دهادي بکس ديوالونوترمنځ واټن دتوليدوړځپونيمايي اوږدوالی $\frac{\lambda}{2}$ تام عدد قيمت ولري.

په بله معنی دهادي بکس طول L_{Box} اودځپې اوږدوالي ترمنځ بايد لاندې اړيکي شتون ولري ترڅوولاړې څپې منځ ته راشي.

$$L_{Box} = n\,\frac{\lambda_n}{2} \qquad (n = 1.2.3 \dots ,, \quad) \quad (6,61)$$

په (6,61) معادله کې λ_n دهغوولاړوځپو اوږدوالی دی چې دهادي بکس په منځ کې دتوليدوړتيالري. دهادي بکس په منځ کې هغه مهال ولاړې څپې منځ ته راتلای شي چې دځپو اوږدوالی λ_n يې لاندې قيمت ولري .

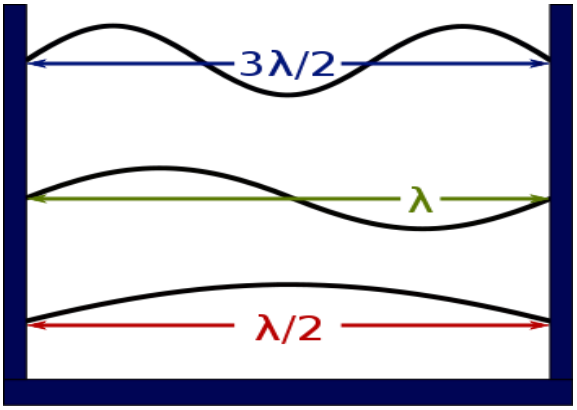
$$\lambda_n = \frac{2\,L_{Box}}{n} \qquad (n = 1.2.3 \dots ,, \quad) \quad (6,62)$$

بلخوادهادي بکس په منځ کې هره توليدشوې ولاړه څپه چې اوږدوالی يې په λ_n نښوول شی دي ، دريزونښس resonance په فريکونسي سره اهتزازکوي. څرنګه چې دځپې سرعت دځپې طول اوفريکونس دحاصل ضرب سره مساوي دی $v = \lambda , f$ ، نو (6,62) معادله لاندې بڼه ځانته غوره کوي

$$f_n = \frac{n\, v}{2L_{Box}} \quad (n = 1.2.3 \ldots ,, \ ) \qquad (6,63)$$

په (6,63) معادله کې v دځپې سرعت او f_n داړونده موډ

n^{th} mode دريزونښس فريکونس دی. په بله معنی دهادې بکس په منځ کې چې طول يې L_{Box} دی يوازې هغه ولاړې څپې توليدکيدلای شي چې ټاکلی فريکونس لکه f_n ولري. دريزونينس فريکونس ته طبيعي فريکونس Natural frequency هم ويل کيږي .



٦- ٢٨ شکل: په يوه تش فلزي بکس box کې ددرې ډوله ولاړو اوترټولواوږدوخپوشيبه ايزښه نښوول شوې ده. (39)
دنوموړوخپوغوټې ساکن موقعيت لري خو دهغوی دامنه دوخت په تړاوپه خپل ځای کې اهتزازکوي

ديوه سيستم دريزونښس فريکونس هغه فريکونس دی چې پرته له دې چې دبهرخواځخه تحريک شي په خپله اهتزازکوي اودامنه يې اعظمي قيمت ځانته غوره کوي. خوکه چېرته نوموړي سيستم دبهرخواځخه دريزونښس په فريکونس سره تحريک شي نودهمدې سيستم دامنه بيخې اعظمي قيمت ځانته غوره کوي.نوموړي حالت ته دسيستم ريزونښس Resonance پښښه ويل کيږي.

په ٦- ٢٨ شکل کې دولاړوخپونومونه اوځانګړتياوي په لاندې ډول دي :

- که چېرته $n = 1$ قيمت ولري $\lambda_1 = 2\, L_{Box}$ نوداسې ډول څپې ته ولاړه بنسټيزهارمونيک harmonic څپه اويا لومړی ولاړه هارمونيک څپه ويل کيږي .
- که چېرته $n = 2$ قيمت ولري $\lambda_2 = L_{Box}$ نوداسې ډول څپې ته دويمه ولاړه هارمونيک څپه ويل کيږي ، او د $n = 3$ لپاره همداسې درواخله $\lambda_3 = \frac{2L_{Box}}{3}$

دپام وړده چې نوموړي رزونښس فريکونسونه f_n دبنسټيزهارمونيک څپې فريکونس څوځليزقيمت لري. د بېلګې په توګه که دبنيټيزهارمونيک څپې فريکونس $(1f = 25\text{Hz})$ قيمت ولري نوددويم هارمونيک څپې فريکونس $(2f = 50\text{Hz})$ ، اوددرېيم هارمونيک څپې فريکونس $(3f = 75\text{Hz})$ سره مساوي دی .

- بنسټيزهارمونيک اويا په بله معنی لومړی هارمونيک يوه ولاړه څپه ده چې دوخت په تړاو په خپل ځای کې ښکته اوپورته اهتزازکوي . نوموړې څپه يوه دامنه اودوه غوټې لري، دځپې اوږدوالی ېې دبکس طول L_{Box} دوه چنده دی $\lambda_1 = \frac{2\,L_{Box}}{1}$
- دويمه هارمونيک څپه يوه ولاړه څپه ده چې دوخت په تړاو په خپل ځای کې ښکته اوپورته اهتزازکوي . نوموړې څپه دوه دامنې اودرې غوټې لري اويوه بشپړه څپه يې په بکس کې ځای کيدلای شي. دځپې اوږدوالی ېې دبکس طول L_{Box} سره بيخي مساوي دی

$$\lambda_2 = \frac{2\,L_{Box}}{2}$$

- درېيمه هارمونيک څپه يوه ولاړه څپه ده چې دوخت په تړاو په خپل ځای کې ښکته اوپورته اهتزازکوي . نوموړې څپه درې دامنې اوځلور غوټې لري دځپې اوږدوالی يې دبکس اوږدوالي L_{Box} دوه په درېيمه برخه 2/3 تشکيلوي $\lambda_3 = \frac{2\,L_{Box}}{3}$



څلورمه برخه

اووم څپرکی

په هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې خپرېدل

(Electromagnetic wave propagation in conductor)

دراډيو تراپي ماشين ځينې برخې داسې جوړښت لري چې هلته لوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې په يوه برېښنايز هادي جسم باندې لګيږي او ببرته انعکاس کوي. همدارنګه دنوموړي ماشين په هغه برخه کې چې برېښنايز چارج شوې بڅرکي تعجيل مومي ، دلوړفريکونس راډيوڅپو (300 GHz) دانتقال کولوپه موخه، دبرېښنايزهادي سيم پرځای ديوه فلزي اوپه منځ کې تش نل په شان جوړښت څخه ګټه پورته کيږي .

همدالامل دی چې دکتاب په راتلونکودريوڅپرکوکې دڅپو انتقال کوونکي فلزي نل په منځ کې دلوړفريکونس راډيو څپود خپرېدنې کړنلاره اوفزيکي ځانګړتياوې ترڅېړنې لاندې نيسو.

په يوه برېښنايز هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې کړنلاره دماکسول معادلو Maxwell`s Equation پر اساس ترسره کيږي او دازادې فضاء په پرتله ډېرتوپيرلري. داځکه چې په يوه برېښنايزهادي جسم کې ازاد چارجونه (رو ρ_f) شته دي اوخپلواک حرکت کولای شي . خوکله چې الکترومقناطيسي څپې يوهادي جسم ته ورننوځي نودنوموړې څپې برېښنايز ساحې $\vec{E}(\vec{r}.t)$په مټ ازادهدايت کوونکی برېښنايزجريان کثافت $\vec{J}_f(\vec{r}.t)$ توليد کيږي .

که اوس د ماکسول معادلې په ازاده فضاء کې اود ماکسول معادلې په يوه هادي جسم کې سره پرتله کړو،نوښکاره کيږي چې يوازې د ماکسول په څلورمه (iv) معادله کې بدلون راځي اودبرېښنايزجريان کثافت $\mu\vec{J}$ يوغړی ور اضافه کيږي.

نوموړې کړنلاره کټ مټ ديوه برېښنايزسرکټ *electronic circuit* سره ورته ده کله چې ديوه هادي سيم دواړه اخري څنډې دالکتروستاتيک پوتنشل توپير ΔV په سرچينه باندې وټړل شي ، نوپه هادي جسم کې داوم Ohm قانون پر اساس دطولي برېښنايزساحې E په مټ دهادي سيم په اوږدو کې برېښنايزجريان منځ ته راولي.

په هغه جسم کې چې نوموړی قانون اعتبارلري داوميک هدايت کوونکي جسم ohmic conductor په نوم يادېږي. ماخذ (53 Mesch)

په يوه برېښنايز هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې کړنلارې دپوهيدلوپه موخه دلاندې درېو فزيکي قوانينوڅخه کاراخيستل کيږي .

- په هادي جسم کې د ماکسول څلورګونې معادلې
- په هادی جسم کې داوم قانون Ohm`s Law
- په هادی جسم کې دچارجونود بقاء قانون charge conservation

يوبرېښنايزهادي جسم په پام کې نيسوچې دبرېښنادهدايت وړتيا يې په زيګما σ ، د الکتريک ثابت يې په اپسيلون ε اودمقناطيسي څپې دنفوذوړتيا يې دميو μ په حرف باندې ښيو.

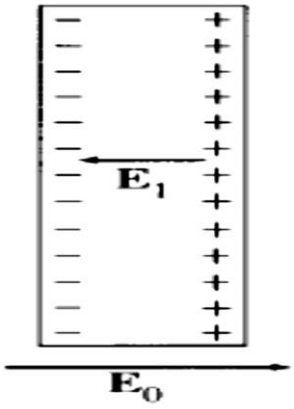
په هادي جسم کې داوم Ohm قانون پر اساس د برېښنايز ساحې E او دبرېښنايزجريان کثافت $\vec{J}$ تر منځ لاندې اړيکې اعتبارلري.

$$\vec{J}_f(\vec{r}.t) = \sigma\,\vec{E}(\vec{r}.t) \qquad \text{Ohm`s Law} \qquad (7,1)$$

په $(7,1)$ معادله کې زيګما σ ديوه جسم برېښنايزهدايت په نوم يادېږي اودهادي جسم هغه وړتيا په ډاګه کوي چې په کومه اندازه ازاد برېښنايز جريان کثافت ته هدايت ورکولای شي . برېښنايزهدايت دهرجسم لپاره يوثابت قيمت لري.

خولکه څرنګه چې دالکتروستاتيک څخه پوهېږوچې دهادي جسم په منځ کې برېښنايزساحه صفرده $\vec{E}(\vec{r}.0) = 0$. خوکه برسېره پردې هم ومنوچې برېښنايزساحه دهادي جسم په منځ کې شته ده نوپايله به ېې داوي چې ازادبرېښنايزچارجونه دهادي جسم د منځ څخه دسطحې خواته حرکت کوي اوهلته ځای پرځای ساکن پاتې کېږي.

نومورې مطلب په ۷- ۱ شکل کې بيان شوی دی.



۷- ۱شکل : څرنګه چې دهادي جسم په منځ کې دبرېښنايزمثبت اومنفي چارجونوشمېرسره مساوي دی نوله دې کبله دمحصله خالص چارجونوکثافت net charge density صفردی . پايله يې داده چې دهادي جسم په منځ کې
کله چې يوهادي جسم په بهرنی برېښنايز ساحه E_0 کې کېږدو، نوپه پيل کې مثبت چارجونه دهادي جسم ښي خواته اومنفي چارجونه کين خواته ټيله کوي اوهلته ساکن پاتې کېږي.
په عمل کې خوداسې پېښېږي چې ازادالکترونونه دهادي جسم کين خواڅنډې ته حرکت کوي اومثبت هسته په خپل ځای کې ساکن پاتې کېږي . نومورو برېښنايزچارجونوته توليدشوي چارجونه او په بله معنی انډيوسډ چارج induced charges ويل کېږي .
په همدې ترڅ کې دتوليدشووبرېښنايزچارجونوپه مټ يوه خپليزه برېښنايزساحه $E_{induced} = E_1$ توليدکېږي چې دبهرنی برېښنايزساحې سره E_0 مخالف سمت لري.

پايله يې داده چې دتوليدشووبرېښنايزچارجونوبرېښنايزساحه E_1 ترخپله وسه پورې هڅه کوي چې اصلي بهرنی برېښنايزساحه E_0 د منځه يوسي . دهادې جسم په منځ کې ترهغه وخته پورې برېښنايزچارجونه بهيږي ترڅوچې دبهرنی برېښنايزساحې E_0 د منځه وړلوپروسته cancellation دوام ولري . په پايله کې دبرېښنايزجسم په منځ کې محصله برېښنايزساحه $E = E_0 - E_1 = 0$ صفرکيږي اودهغې سره سم دخالص چارجونوکثافت $\rho = 0$ هم صفرکيږي.

کله چې د ماکسول په (iv) معادله کې داوم قانون $(7,1)$ معادله واچوو نود ماکسول معادلې د فضاء په پرتله توپيرلري اولاندې بڼه ځانته غوره کوي

$$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho_f}{\varepsilon} \neq 0 \qquad (i)\,; \qquad \vec{\nabla}.\,\vec{B} = 0 \qquad (ii)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{\mathrm{E}} = -\frac{\partial \vec{\mathrm{B}}}{\partial \mathrm{t}} \qquad (iii); \qquad \vec{\nabla} \times \vec{\mathrm{B}} = \mu\vec{\mathrm{J}} + \mu\varepsilon\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (iv)$$

په (iv) معادله کې فزيکي کميتونه په لاندې ډول دي :

- $\vec{J} = \sigma \vec{E}$ په هادي جسم کې دبرېښنايزجريان کثافت دی
- میو μ (permeability) په هادي جسم کې دمقناطيسي ساحې B دنفوذوړتيا ده.
- اپسيلون ε (permittivity) دهادي جسم وړتياچې په برېښنايزساحه E کې برېښنايزانرژي ذخيره کړي

بلخوادهادي جسم په منځ کې دچارجونود بقاء قانون charge conservation اعتبارلري اودازادوچارجونولپاره ρ_f دپايښت معادله Continuity equation په لاندې ډول ده.

$$\vec{\nabla}.\vec{J}_f(\vec{r}.t) = -\frac{\partial \rho_f(\vec{r}.t)}{\partial t} \qquad (7,2)$$

خوپه هغه شېبه کې چې ازادبرېښنايزچارجونه ρ_f دهادي جسم په منځ کي په بهيدلوپيل وکړي، نوداوم قانون Ohm`s Law پر اساس دازادوچارجونوکثافت صفرنه دی $\vec{J}_f \neq 0$ اودبرېښنايزساحې E سره متناسب دی .

$$\vec{J}_f(\vec{r}.t) = \sigma \vec{E}(\vec{r}.t) \neq 0 \qquad (7,3)$$

کله چې $(7,3)$ معادله د ماکسول په لومړی معادله (i) کې واچوو،اودچارجونودپايښت معادله $(7,2)$ هم ورسره يوځای په پام کې ونيسو،نو دوخت t په تړاودازادوچارجونو کثافت ρ_f دويش تفاضلي معادله ترلاسه کيږي. دچارجونودبقاء قانون په لاندې ډول ليکلا ی شو:

$$\vec{\nabla}.\vec{J}_f(\vec{r}.t) = -\frac{\partial \rho_f(\vec{r}.t)}{\partial t}$$

$$\sigma\left(\vec{\nabla}.\vec{E}(\vec{r}.t)\right) = -\frac{\partial \rho_f(\vec{r}.t)}{\partial t}$$

$$\sigma\left(\frac{\rho_f(\vec{r}.t)}{\varepsilon}\right) = -\frac{\partial \rho_f(\vec{r}.t)}{\partial t}$$

$$\frac{\partial \rho_f(\vec{r}.t)}{\partial t} + \sigma\left(\frac{\rho_f(\vec{r}.t)}{\varepsilon}\right) = 0 \qquad (7,4)$$

د (7.4) معادلې دحل عمومي جمله په لاندې ډول ده :

$$\rho_f(\vec{r}.t) = \rho_f(\vec{r}.t=0)\ e^{-\left(\frac{\sigma}{\varepsilon}\right)t} \qquad (7,5)$$

دحل جمله $(7,5)$ په ډاګه کوي چې که څه هم په پيل کې ديوه هادی جسم په منځ کې دازادو برېښنايز چارجونو کثافت شته دی $\rho_f \neq 0$ خودوخت t په تيريدلوسره دايکسپونينشل تابع په ډول کمښت مومي اودلږ څه وخت څخه وروسته $\tau = \frac{\epsilon}{\sigma}$ ببرته د تعادل حالت برقرارکيږي.

په پايله کې کولای شوچې د $\tau = \frac{\epsilon}{\sigma}$ مودې څخه وروسته د ماکسول په معادله کې دازادو برېښنايز چارجونو کثافت $\rho_f = 0$ صفر ومنواوله دې کبله د ماکسول په لومړی معادله کې $\vec{\nabla}.\vec{E} = 0$ وليکو.

- اوس پوښتنه داده چې په يوه برېښنايزهادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې معادلې اودهغوی دحل جملي بڼه دازادې فضاء په پرتله څه ډول ده ؟
- بلخوادپام ورخبره خوداده چې دهادي جسم په منځ کې يوه سرچينه شتون لري اوهغه داده چې دوخت په تړاود برېښنايز جريان کثافت $\vec{J}_f(\vec{r}.t)$ اودازادوچارجونو کثافت ρ_f تغيرکوي اوصفرنه دی . پايله يې داده چې د ماکسول معادلې پر اساس برېښنايز انرژی دوړانګوپه ډول هرې خواته خپريږي. همدالامل دی چې په يوه هادي جسم کې اوپه ازاده فضاء کې چې هلته د برېښنايز جريان کثافت اودازادوچارجونو کثافت صفروي د ماکسول معادلې هم توپيرلري.

- د يوه برېښنايزهادي جسم په منځ کې د ماکسول معادلې په لاندې ډول دي :

$$\begin{cases} \vec{\nabla}.\vec{E} = 0 & \text{Gauss`s Law} \quad (\text{i}) \\ \vec{\nabla},\ \vec{B} = 0 & no\ name \quad (ii) \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \text{Faraday's induction law} \quad (iii) \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu\vec{J} + \mu\varepsilon\dfrac{\partial \vec{E}}{\partial t} & Ampère\ Maxwell\ law \quad (iv) \end{cases}$$

په هادي جسم کې دماکسول

که اوس د ماکسول معادلې په آزاده فضاء کې اود ماکسول معادلې په يوه هادي جسم کې سره پرتله کړو،نوښکاره کيږي چې يوازې د ماکسول په څلورمه (iv) معادله کې بدلون راغلی دی اويوغړی $\mu\vec{J} = \mu\sigma\vec{E}$ ور اضافه شوی دی.

کله چې د ماکسول دربيمې معادلې (iii) ښي خوا اوکيڼ خوا څرخېد ونکی عملګر curl ونيسواوبيايې د ماکسول په څلورمه (iv) معادله کې واچوو،نوپه يوه هادي جسم کې د برېښنايز ساحې E لپاره دڅپې معادله ترلاسه کيږي.

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = -\frac{\partial (\nabla \times \vec{B})}{\partial t} \qquad (7,6)$$

$$\nabla^2\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\left[\mu\sigma\vec{E} + \mu\varepsilon\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right]$$

$$\boxed{\nabla^2\vec{E} - \mu\sigma\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0} \qquad (7,7)$$

څرنګه چې په (7,7) معادله کې دوخت t په تړاو دبرېښنايزساحې E لومړی مشتق اودويم مشتق شتون لري ،نوله دې کبله دتلګراف معادلې "Telegraph equation" په نوم هم يادېږي .

په لومړي ګام کې به مورومنو، چې دبرېښنايزڅپې دويمې درجې متجانس تفاضلي معادلې (7,7) دحل جمله په لاندې ډول ده (اخذليک 29)

$$\vec{E}(\vec{r}.t) = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k},\vec{r})} \qquad (7,8)$$

(7,8) معادله يوه همواره هارمونيک څپه تشريح کوي چې په فريکونس ω اهتزازکوي . دځای وکټورپه $\vec{r}$ او دځپې د خپرېدنې وکټور په $\vec{k}$ نښوول شوي دي. $\vec{E}_0$ دبرېښنايزساحې ثابت امپليټوددە.

دحل نوموړې جمله بايدداسې ځانګړتياوې ولري چې نه يوازې دالکترومقناطيسي څپې معادله حل کړي بلکې ورسره په هم غږی کې د ماکسول معادلې هم حل کړي.

داسانتياپه موخه مورږمنوچې دالکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحه د z محورپه اوږدوکې خپريږي ، نودالکترومقناطيسي څپې درې بعده معادله په يوبعده معادله اوړي اومساوي ده له :

$$\frac{\partial^2\vec{\mathrm{E}}}{\partial \mathrm{z}^2} - \mu\sigma\frac{\partial\vec{\mathrm{E}}}{\partial \mathrm{t}} - \mu\varepsilon\frac{\partial^2\vec{\mathrm{E}}}{\partial\, \mathrm{t}^2} = 0 \qquad (7,9)$$

په يوه هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې يوبعده معادلې (7,9) دحل جمله په لاندې ډول ده.

$$\vec{E}(z.t) = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - kz)} \qquad (7,10)$$

کله چې د(7,10) حل جملې مشتق دوخت په تړاو $(\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}} = \mathrm{i}\omega)$ اودځای محور z په تړاو $(\frac{\partial}{\partial \mathrm{z}} = -\mathrm{i}k)$ ونيسو،اودالکترومقناطيسي څپې په معادله (7,9) کې يې واچوونودڅپې خپرېدنې وکټور $\vec{k}$ لپاره لاندې معادله ترلاسه کيږي.

$$(-k^2 - i\omega\mu\sigma + \omega^2\mu\varepsilon)E = 0 \qquad (7,11)$$

(7,11) معادله په ډاګه کوي چې دحل جمله (7,10) هغه مهال په يوه هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې معادله (7,9) حل کولای شي ،کله چې په (7,11)) معادله کې ياداچې برېښنايزساحه اويادقوس په منځ کې برخه صفروي. ځرنګه چې دڅپې شتون په موخه بايد په خپله برېښنايزساحه صفرنه وي $E \neq 0$ ،نوداسې معنی لري چې دقوس په منځ کې برخه بايدصفروي.

دقوس په منځ کې برخه هغه مهال صفرکيږي،کله چې دڅپې خپرېدنې وکټور k لاندې قيمت ځانته غوره کړي:

$$k^2 = \omega^2\mu\varepsilon - i\omega\mu\sigma \qquad (7,12)$$

$$k = \alpha - i\beta \qquad (7,13)$$

په (7,12) معادله په ډاګه کوي چې دڅپې خپرېدنې وکټور k ددووبرخوڅخه جوړدی.

- لومړی برخه يې حقيقي برخه ده *real* اوپه α يې ښيو اودويمه برخه يې مجازي برخه ده *imaginary* اوپه $i\beta$ يې ښيو.

کله چې دڅپې وکټور k حقيقي برخه اومجازي برخه (7,13) دالکترومقناطيسي څپې (7,9) په معادله کې واچوو، اوومنو ، چې برېښنايزڅپه $\vec{E}(z.t)$ د z محورپه اوږدوکې خپريږي ،نوپه يوه هادی جسم کې دالکترومقناطيسي څپې دحل يوبعده جمله لاندې بڼه ځانته غوره کوي.

$$\vec{E}(z.t) = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \alpha z)} e^{-\beta z} \qquad (7,14)$$

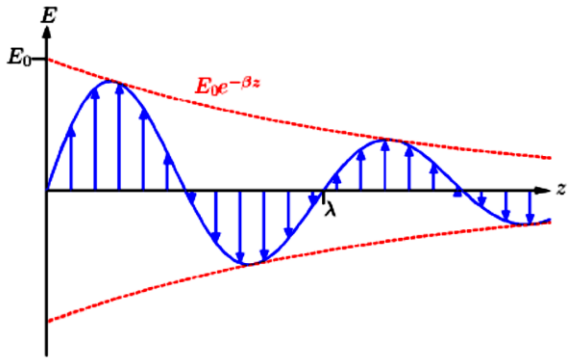
(7,14) معادله په ډاګه کوي چې په يوه هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله ددوو فکټورونوڅخه جوړه ده.

- لومړی فکټور $\vec{E}_0 e^{i(\omega t - \alpha z)}$ يوه متحرکه برېښنايز څپه ده چې دهادي جسم په اوږدو z کې خپريږي اودوخت t په تړاو په فريکونس ω اهتزازکوي.
- دويم فکټور $e^{-\beta z}$ په ډاګه کوي چې دبرېښنايزڅپې امپليتود $\vec{E}_0$ دهادي جسم په اوږدوکې z دايکسپونينشيل تابع په ډول کمښت مومي. دبيتا β فزيکي کميت ته دجذب ضريب ويل کيږي .

- دجذب ضريب بيتا β واحديوپرمتر دی $\frac{1}{meter}$ او مساوي دی له :

$$\beta \cong \sqrt{\frac{\mu\sigma\omega}{2}} \qquad (7,15)$$

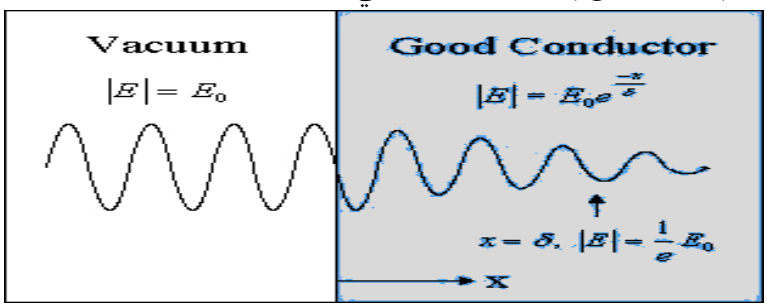
- دتعريف سره سم هغه واټن δ چې په يوه هادي جسم کې دالکترومقناطيسي څپې امپليتوديداعظمي امپليتود E_0 په پرتله اوه ديرش سلنه $(\frac{1}{e} = 37\%)$ کمښت مومي دسکين ژوروالي $\left(\delta = \frac{1}{\beta}\right)$ skin depth په نوم يادېږي ي.



۷- ۲شکل : دالکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحې E داهتزازبنه ديوه هادی جسم په اوږدو z کې کښل شوې ده. برېښنايز ساحه E دوخت په تړاواهتزازکوي او دځای محور z په اوږدوکې خپريږي. دځپې اعظمي امپليتود E_0 قيمت د z محورپه اوږدوکې لکه دايکسپونينشيل تابع په توګه کمښت مومي . اخذليک . (29)

په پايله کې ويلای شوچې کله الکترومقناطيسي څپې يو برېښنايز هادي جسم ته ورننوځي نو لاندې پېښې منځ ته راځي:

- دالکترومقناطيسي څپې برېښنايزساحه E ددې لامل گرځي چې په هادي جسم کې برېښنايز جريان منځ ته راشي. داډول برېښنايز جريان ته انډيوسډ جريان (induced current) اويا په بله معنی توليدشوی جريان هم ويل کيږي
- کله چې په يوه هادي جسم کې برېښنايز جريان بهيږي نودمقاومت پر اساس يوڅه برېښنايز انرژي په حرارتي انرژي *Ohmic heating* اوړي.نوموړی ضايع شوی انرژي بايددالکترومقناطيسي څپې څخه سرچينه اخيستي وي
- همدالامل دی چې په پايله کې دالکترومقناطيسي څپې انرژي په يوه هادي جسم کې په تدريجي ډول کمښت مومي په داسې حال کې چې په فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې امپليتودکمښت نه مومي بلکې پرته له دې چې خپله انرژي دلاسه ورکړي مخ په وړاندې خپريږي. دېبلګې په توګه کله چې الکترومقناطيسي څپې د فضاء څخه يوه هادي جسم ته ورننوځي نوامپليتوديې داکسپونينشل تابع په توګه کمښت مومي.



۷- ۳شکل : کله چې الکترومقناطيسي څپې E د فضاء څخه يوه هادي جسم ته ورننوځي، نودامپليتودمطلقه قيمت اعظمي E_0 برخه يې دايکسپونينشيل تابع په توګه کمښت مومي. ماخذ (30)

دسکین اغیزه : Skin effect

3) دپوستکې اغیزه اویا په بله معنی دسکین اغیزې نوم ځکه ورکړل شوی دی چې لوړفرکونس میګاهرڅ (megahertz (MHz)-30 MHz) برېښنایز جریان برخلاف دټیټ فریکونس کیلوهرڅ برېښنایزجریان په پرتله (30 kilohertz (kHz)–300 kHz) دهادي سیم دپوستکې په پټ کې بهیږي.

دسکین اغیزې په فزیکي اساس باندې یوځوک هغه مهال نښه پوهېدلای شي کله چې له دې څخه مخکې دمتناوب جریان برېښنایزسرکټ اودمتمادي جریان برېښنایزسرکټ ځانګړتیاوې تر څېړنې لاندې ونیول شي.

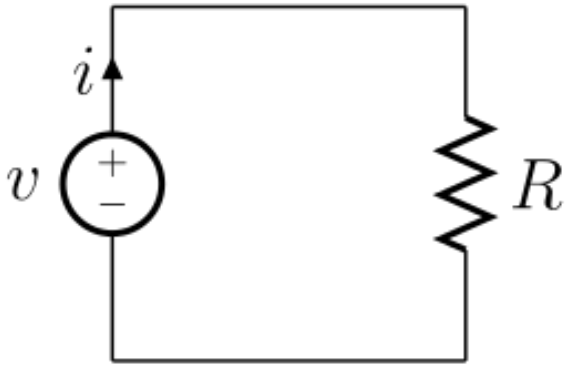
په ۷- ۴ شکل کې دمتمادي جریان یو برېښنایز سرکټ DC circuit کښل شوی دی چې یوبرېښنایزمقاومت R دهادي برېښنایز سیم په مټ په بټری یعنې دمتمادي ولټیج په سرچینه پورې ټرلی دی . په نومورې سرکټ کې یوثابت برېښنایز جریان I دمقاومت R مقطع عرضي سطحي څخه cross-section اوهمدارنګه دهادي سیم په اوږدوکې په متجانس ډول بهیږي . په دې معنی چې د برېښنایز جریان کثافت دسرکټ په هره برخه کې یوشان قیمت لري . په نومورې حالت کې داوم قانون Ohm's law اعتبارلري اودبټری ولټیج U د برېښنایز جریان I سره سم سیخ متناسب اړیکې لري . په بله معنی دبټري ولټیج او برېښنایز جریان I حاصل تقسیم ثابت دی .

$$U = R\,I \;\; ; \;\; R = \frac{U}{I} = constant \qquad \text{داوم قانون} \quad (7{,}16)$$

په (7,16) معادله کې R دبرېښنایزمقاومت په نوم یادیږي اود متمادي ولټیج سرچینې لپاره ثابت قیمت لري. دمقاومت واحداوم Ohm ، دولټیج واحدولټ Volt اود برېښنایز جریان واحدامپیر https://en.wikipedia.org/wiki/Ampere ampere ټاکل شوی دی.

داوم قانون هغه مهال اعتبارلري چې د برېښنایز سرکټ مقاومت R دولټیج مقداراودولټیج قطبیت polarity تابع نه وي . په بله معنی داوم قانون یوازې دمتمادي سرکټ لپاره اعتبارلري.

خوتجربوښوولې ده چې په یوه برېښینایزسرکټ کې چې لوړفریکونس متناوب جریان بهیږي مقاومت R ثابت نه پاتې کیږي بلکې کټ مټ لکه دګوټک اودخاذن په شان ځانګړتیاوي غوره کوي.



۷- ۴ شکل : دمتمادي برېښنايز سرکټ electrical circuit الکترونيکي جوړښت شوول شوی دی چې ديوې بټری V اويومقاومت R څخه جوړدی. په ټرلي برېښنايزسرکټ کې دبټری پوتنشل توپيراويا په بله معنی دبټری ولټيج په مټ يوه برېښنايزساحه E منځ ته راځي چې په خپل وارسره د برېښنايز متمادي جريان i = I لامل گرځي . په پايله کې برېښنايزجريان دبټری مثبت قطب څخه منفي قطب ته بهيږي.که ومنوچې دهادي سيم مقطع عرضي سطحي د منځ څخه په متجانس ډول يوثابت هدايت کوونکی متمادي جريان کثافت J تيريږي نوداوم قانون معادله ohms law په لاندې ډول ده.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \qquad (7,17)$$

په (7,17) معادله کې $\vec{J}$ دمتمادي جريان ځايزکثافت او $\vec{E}$ په سرکټ کې ځايزبرېښنايزساحه ده. د هادي سيم وړتيا چې برېښنايز جريان ته په کومه کچه هدايت ورکوي د زيگما (Sigma) σ په حرف ښوول شوی دی.
هغه مقداربرېښنايزپوتنشيل انرژي P چې دبټری څخه دسرکټ مقاومت R ته دحرارتې انرژي په توگه انتقال کيږي مساوي ده له : ماخذ (5 Hall)

$$P = I^2R = \frac{U^2}{R} \qquad (7,18)$$

(7,18) معادله په ډاگه کوي چې که هرڅومره په يوه برېښنايز سرکټ کې مقاومت لوړوي په همغه اندازه برېښنايزپوتنشيل انرژي په حرارتي انرژي اوړي اوهلته دبټری انرژي يوه برخه ضايع کيږي. داځکه چې په مقاومت کې دازادوالکترونواواټومونوتر منځ ډېرټکرونه منځ ته راځي اوپه پايله کې دالکترونوحرکې انرژي په حرارتي انرژي اوړي.

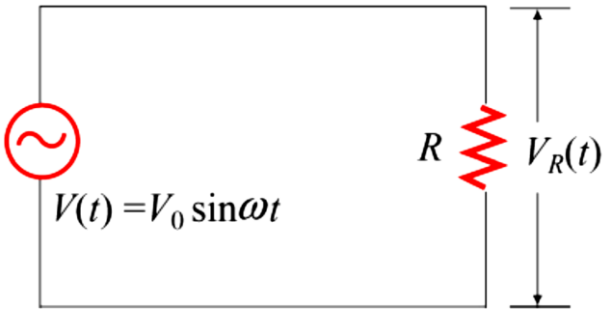
په ۷ - ۵ شکل کې دمتناوب جريان برېښنايزسرکټ کښل شوی دی چې دهادي سيم په مټ ،يومقاومت R ، دمتناوب ولټيج په سرچينه پورې ټرلی دی . دمتناوب ولټيج سرچينه دوخت په تړاودساين ډوله تابع بڼه لري اوپه زاويوي فريکونس ω سره اهتزارکوي .

دمقاومت په اوږدوکې دولټيج شيبه ايز قيمت په $V_R(t)$ شوول شوی دی. دمقاومت R په اوږدوکې دشيبه ايزمتناوب ولټيج $V_R(t)$ اودشيبه ايزمتناوب جريان $I_R(t)$ تر منځ لاندې اړيکې اعبتارلري.

$$(7,19)\quad V_R(t) = I_R(t) \times R(\omega)$$

$$I_R(t) = \frac{V_R(t)}{R(\omega)} = \frac{V_{R0}\sin\omega t}{R(\omega)} = I_{R0}\sin\omega t \qquad (7,20)$$

دپام وړده چې په (7,19) معادله کې برخلاف داوم قانون په برېښنايز سرکټ کې دمقاومت $R(\omega)$ کميت ثابت نه دی بلکې قيمت يې دمتناوب ولټيج فريکونس (ω) دلوړيدوسره زياتيږي.



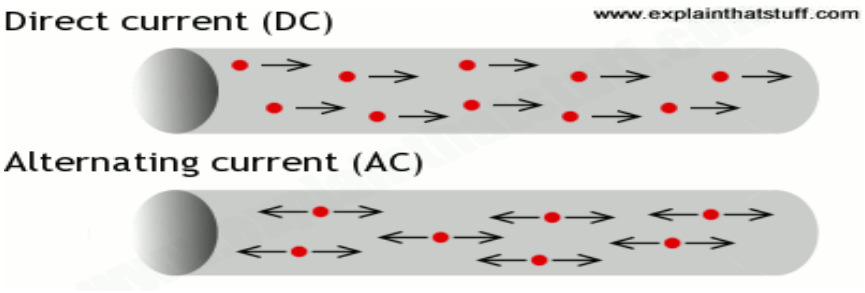
۷ - ۵ دمتناوب جريان برېښنايزسرکټ ښوول شوی دی چې دمقاومت R اودمتناوب ولټيج V(t) منبع څخه جوړدی

په ۷ - ٦ شکل کې يوهادي سيم ښوول شوی دی چې يوځل ورځخه متمادي جريان اوبل ځل ورځخه متناوب جريان تيريږي. په يوه برېښنايزسرکټ کې چې برېښنايز متمادي جريان بهيږي دسرکټ په هرځای کې د برېښنايز جريان کثافت ثابت اومتجانس قيمت لري. بلخواالکترونونه ټول يوخواته په ګډه اوثابت سرعت سره بهيږي اوخپل برېښنايزسمت ته تغيرنه ورکوي

خوکله چې يومتناوب جريان دبرېښنايزسرکټ څخه تيريږي نودهادي سيم په منځ کې ازادالکترونو نه دوخت په تړاو دبدليدونکې برېښنايز ساحي E(t) په مټ داړونده فريکونس سره سم تعجيل مومي اوپه پايله کې متناوب جريان منځ ته راځي.

ازادالکترونونه دمتناوب ولټيج سرچينې فريکونس ω سره مطابق اهتزازکوي. دمتناوب جريان ګټه داده چې برېښنايز االنرژي اويازيګنالونه ديوځای څخه بل ځای ته انتقال کولای شي

.



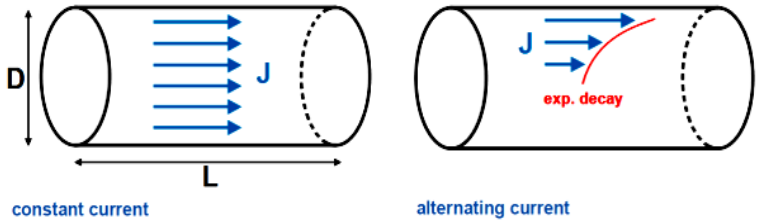
۷ - 6 شکل: دبرېښنايزسرکټ يوهادي سيم کښل شوی دی چې په پاس شکل کې ورځخه متمادي برېښنايز جريان DC اوپه لاندې شکل کې ورځخه متناوب برېښنايز جريان AC تيريږي. په هادی سيم کې آزادالکترونونه په يوه ټکې اودحرکت سمت يې په وکټورونوکښل شوی دی. کله چې ديوه هادي سيم په څنډوکې دپوتنشيل تفاوت ΔV شتون ولري نودهادي سيم په د دننه کې ازادالکترونونه د برېښنايز ساحې په مټ حرکت کوي. ماخذ (32)

په يوه برېښنايز متناوب جريان سرکټ کې الکترونونه په يوه ثانيه کې ډيرځله داهتزازسمت ته تغيرورکوي. د بېلګې په توګه که په برېښنايزسرکټ کې دولټيج سرچينې فريکونس 50 Hz قيمت ولري نوالکترونونه په يوه ثانيه کې دمثبت قطب اومنفي قطب ترمنځ پينځوس ځله خپل سمت ته تغيرورکوي .

خوکه چېرته دمتناوب جريان فريکونس ډيرلوړشي لکه دمايکرو څپو فريکونسي microwave په شان نومتناوب جريان دهادي سيم په منځ کې په متجانس ډول نه بهيږي بلکې دهادي سيم بهرنۍ سطحې ته ورنږدې په يوه کوچني پټ Layer کې دهادي سيم په اوږدوکې بهيږي. نوموړی پټ دسکين ژوروالی skin depth په نوم يادېږی اود دلتا δ په حرف باندې ښوول کيږي .دمتناوب جريان کثافت $\vec{J}(t.z)$ دهادي سيم دسطحي څخه محورخواته دايکسپونينشيل exponentially تابع په بڼه کمښت مومي. دمتناوب جريان تمايل چې دهادي سيم دمحورڅخه دهادي سيم بهرنۍ سطحې ته ډېرښت مومي دسکين اغيزې skin effect په نوم يادېږي.

په پايله کې برېښنايز انرژي دهادي سيم په د د دننه مقطع عرضي متجانس برخه کې نه انتقال کيږي بلکې دالکترومقناطيسي څپوپه ډول دهادي سيم بهرنۍ ډېرې نرۍ سطحې په اوږدوکې انتقال کيږي. څرنګه چې دهادي سيم په ټوله عرضي سطحه کې متناوب جريان نه بهيږي بلکې په يوه کوچني بهرني پټ کې متناوب جريان بهيږي نومقاومت يې ډيرزيات کيږي .دسکين اغيزې پر اساس دعادي سيم (کيبل) په اوږدوکې دالکترومقناطيسي څپوانرژي دمقاومت سره متناسب اود برېښنايز جريان په مربع سره $(P = I^2R)$ ضايع کيږي.

په ۷ - ۷ شکل کې دهادي سيم په اوږدوکې دمتناوب جريان سکين اغيزه کښل شوې ده



۷ - ۷ شکل : ديوه هادي سيم په اوږدوکې دسکين اغيزه دمتمادي جريان اومتناوب جريان لپاره ښوول شوې ده. ماخذ (40)

په کين خواشکل کې ديوه هادي سيم څخه ثابت متمادي جريان تيريږي اودسکين اغيزه شتون نه لري اويادا‌چې ډيره کوچنۍ ده.

په ښي خواشکل کې د يوه هادي سيم څخه متناوب جريان تيريږي اودسکين اغيزه شته ده. داځکه چې دمتناوب جريان کثافت J_s دهادي سيم دسطحي surface = s څخه چې هلته اعظمي قيمت لري ،دمحوروخواته دايکسپونينشيل تابع په توګه کمښت مومي.نوموړی مطلب درياضي په ژبه په لاندې ډول ليکو:

$$J(z) = J_s e^{-z/\delta} \qquad (7,21)$$

په $(7,21)$ معادله کې δ دسکين اغيزې ژورتيا‌په نوم يادېږي اوz دهادي سيم دبهرنۍ سطحي څخه دمحورخواته واټن دی.

دسکين اغيزې ژورتيا skin depth په واحد متر m هغه پنډوالی دی چې دمتناوب جريان کثافت امپليتود $J(z = \delta) = e^{-1}$ په نوموړې واټن z کې داعظمي امپليتود J_s په پرتله اوه ديرش سلنه 37% کمښت ومومي

دمتناوب جريان لپاره دسکين اغيزې ژورتيادلاندې فرمول څخه ترلاسه کيږي.

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}} \qquad (7,22)$$

په (7,22) معادله کې رو $Rho = \rho$ دهادي سيم مخصوصه مقاوت اوميو μ دهادي سيم مطلقه پرميببليټي permeability ده او f دمتناوب جريان فريکونس دی. μ يوفزيکي کميت د ی اوپه هادي سيم کې دمقناطيسي ساحې دنفوذوړتيارانبيي.

دسکين اغيزې پر اساس ويلای شوچې په يوه برېښنايز سرکټ کې برېښنايز اوميک مقاومت ohmic resistance ثابت قيمت نه لري بلکې دمتناوب جريان فريکونس f تابع دی .

که چېرته ديوه هادي سيم اوړدوالی په L اوقطريې په D وښيو،نودهادي سيم سکين مقاومت R_{skin} لپاره لاندې تخميني معادله ليکلای شو.

$$R_{skin} \approx \frac{L\,\rho}{\pi\delta D} \qquad (7,23)$$

د (7,23) معادلې پر اساس په يوه متناوب برېښنايز سرکټ کې دهادي سيم مقاومت د متناوب جريان فريکونس f سره لاندې اړيکې لري :

$$R_{skin} \approx \sqrt{f} \qquad (7,24)$$

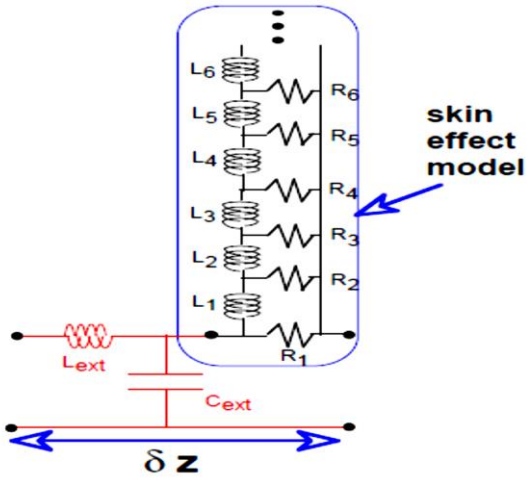
په پايله کې دسکين اغيزې په پام کې نيولوسره دمتناوب جريان برېښنايز سرکټ لپاره داوم قانون Ohms law په لاندې ډول ليکلای شو:

$$V_R(t) = I_R(t) \times R_{skin} \qquad (7,25)$$

دسکين اغيزې پايله داده چې په يوه متناوب برېښنايز سرکټ کې داوم برېښنايز مقاومت دمتمادي سرکټ په پرتله ان لس چنده پورته ځي. داځکه چې متناوب جريان دهادي سيم دښپړمقطع عرضي سطحې څخه نه تيريږي بلکې ديوډبرنري پټ دلتا δ څخه تيريږي چې دسکين ژوروالي په نوم يادېږي.

دسکين اغيزې الکترونيکي سرکټ :

په الکترونيکي تړاوکولای شوچې دهرهادي سيم جوړښت دمعادل برېښنايز سرکټ equivalent circuit ډيرلپسې تړل شووکوچنيو ګوټکونو Inductors اومقاومتونوR څخه جوړشوی تصورکړو . يوداسي الکترونيکي معادل جوړښت په ۷-۷ شکل کې کښل شوی دی. اودګوټکونوخپليزانډکتنس self-inductance په L ښوول شوی دی .



۷ - ۸ شکل : په يوه برېښنايزسرکټ کې ديوه هادي سيم معادل الکترونيکي سرکټ کښل ښوول شوی دی چې دمقاومتونو R اوګوټکونوInductors څخه جوړدی. ماخذ (31)

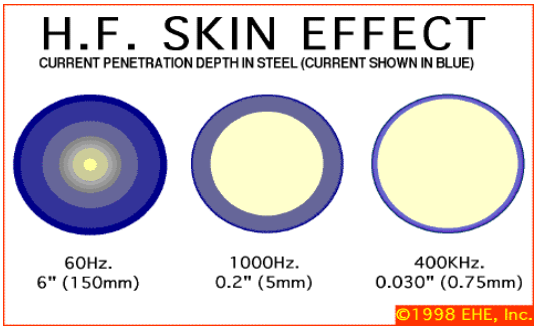
دنوموړي معادل الکترونيکي سرکټ پر اساس دهادي سيم په محورکې ګوټکونه شتون لري اوله همدي کبله هلته مقاومت دفريکونس سره سم سيخ ډيرښت مومي . په داسې حال کې چې دهادي سيم سطحي خواته داوم ohm مقاومتونه شتون لري اوهلته دمتناوب جريان لپاره مقاومت لږدی. په پايله کې دهادي سيم په محورکې دډيرمقاومت پر اساس لږ برېښنايز جريان اودهادي سيم سطحې وخواته دلږمقاومت پر اساس ډير برېښنايز جريان بهيږي. کله چې په نوموړي معادل سرکټ کې دوخت په تړاومتناوب جريان i(t) بهيږي نودګوټک په اوږدوکې ولټيج v(t) توليدکيږي.

$$V(t)_{\text{induced}} = \mathrm{L}\,\frac{di(t)}{dt} \qquad (7{,}26)$$

په (7,26) معادله کې د L حرف ديوفزيکي کميت لنډيزدی اودګوټک خپليز انډکتنس self-inductance په نوم يادېږي بلخوادګوټک برېښنايزمقاومت X_L دمتناوب جريان فرکونس تابع دی اوپه لاندې ډول يې ليکلای شوی.

$$X_{\mathrm{L}} = 2\pi f L \qquad (7{,}27)$$

په (7,27) معادله کې f په برېښنايزسرکټ کې دمتناوب جريان فريکونس ، L دګوټک خپليزاندکټنس self-inductance او X_L دګوټک برېښنايزمقاومت په نوم يادېږي.



۷ - ۹ شکل: دسکين اغيزه دمتناوب جريان توپيرلرونکو فريکونسونو لکه 60Hz ، 1000Hz, او400 kHz لپاره ښوول شوې ده. دهادي سيم په مقطع عرضي سطحه کې يودايروي پټ کښل شوی دی چې متناوب جريان ورڅخه تيريږي. نوموړی پټ دسيکن اغيزې ژورتيا Skin depth په نوم يادېږي .

ماخذ (43)

په ۷- ۱ جدول کې دسوچه اوسپنې Ferrum لپاره دسکين اغيزې ژورتيا دمتناوب جريان دفريکونس په تابع سره ښوول شوې ده .

دسکين اغيزې ژورتيا δ	دمتناوب جريان فريکونس
δ = 150 mm	60Hz
δ = 5 mm	1000Hz
δ = 0,75 mm	400 kHz
δ = 10 micrometer	50MHz (radio waves)

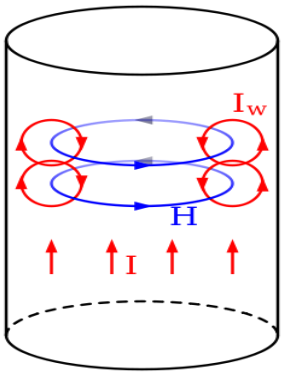
۷- ۱ جدول : دسکين اغيزې ژورتيا δ د متناوب جريان توپيرلرونکو فريکونسونو لپاره محاسبه شوې ده .

د ماکسول معادلو پر اساس هم کولای شوچې دسکين اغيزه تر څېړنې لاندې ونيسو. دنوموړې موخې لپاره يوهادي سيم په پام کې نيسو چې د برېښنايز سرکټ يوه برخه جوړوي اوپه منځ کې يې متناوب برېښنايز جريان $I = I_0 sin\omega t$ بهيږي .

- دامپيرقانون $\text{rot B}(\text{x.t}) = \mu\, \text{J}(x.t)$ پر اساس کله چې متناوب جريان I ديوه هادي سيم څخه تيريږي، نودهادي سيم په شاوخواکې اوپه د دننه برخه کې څرخېد ونکي مقناطيسي ساحه توليدکوي. داډول مقناطيسي ساحه داسې ځانګړتياوې لري چې دوخت په تړاوخپل ځايزسمت ته تغيرورکوي. کله چې دهادي سيم په منځ برخه کې دمتناوب جريان شدت اوسمت تغيرکوي نوورسره سم داندکشن مقناطيسي شدت اوسمت هم تغيرکوي.

- بلخواد فارادي اندکشن قانون $\text{rot E}_{ind} = -\frac{\partial \text{B}}{\partial \text{t}}$ پر اساس دوخت په تړاوبدليدونکې مقناطيسي ساحه دبرېښنايزهادي سيم په دننه کې يوه څرخېد ونکي اندکشن ځايز برېښنايز ساحه E_{ind} توليدکوي چې نوموړې ساحه په خپل وارسره څرخېد ونکی برېښنايز جريان Eddy current توليدکوي . څرنګه چې څرخېد ونکی اندکشن جريان I_w د هادي سيم د محورپه اوږدوکې دمتناوب ابتدايي برېښنايز جريان $I = I_0 sin\omega t$ په مخالف سمت کې بهيږي نوله دې کبله دنوموړي جريان دبهيدلو مخنيوی کوي.
په داسې حال کې چې دهادي سيم سطحې خواته متناوب جريان او څرخېد ونکی جريان دواړه يوځای او يوخواته بهيږي $(\text{I}+\text{I}_\text{w})$ اوله دې کبله سره جمع کيږي.

په پايله کې ابتدايي متناوب جريان I دهادي سيم بهرنۍ سطحې خواته تمبول کيږي اودهادي سيم دسطحې په يوه ډيرکوچني پټ δ کې بهيږي. همدالامل دی چې په متناوب لوړفريکونس سرکټ کې دمتمادي سرکټ په پرتله دهادي سيم مقاومت ډيرښت مومي .



۷- ۱۰ شکل : ديوه برېښنايزهادي سيم په منځ کې دسکين اغيزه Skin effect کښل شوې ده چې دلوړفريکونس متناوب جريان $I = I_0 sin\omega t$ پر اساس منځ ته راځي . ماخذ (27)

اتم څپرکی

دالکترومقناطیسي څپې انتقال کوونکي جوړښتونه :

(Electromagnetic Waveguide structures)

څرنګه چې راډيو تراپي ماشين يوه اړينه برخه دالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکي جوړښتونه تشکيلوي، نوله دې کبله لا زم ده چې دکتاب په دې برخه کې پوره ړناوروباندې واچول شي.

دڅپوانتقال کوونکي جوړښتونه په هندسي تړاو مستطيل ډوله اويااستوانه يې ډوله فلزی پايپونه metalic pipes دي چې منځ يې تش دی اولوړفريکونس الکترومقناطيسي زيګنالونوته په لنډواټن کې ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال ورکوي. برسېره پردي نوموړې جوړښتونه ددې وړتيالري چې راډيوڅپې اودمايکروڅپې انرژي چې قدرت يې ان ترميګاواټ megawatt power پورې رسيږي پرته له سيم Wireless څخه انتقال ورکړي. په نوموړي حالت کې دڅپو انتقال کوونکي جوړښتونه په يوه ځانګړي عايق توکې اويا ګازباندې ډک کيږي ترڅودبرقي شارټي short circuits مخنيوی شوی وي.
په پيل کې ديوبرښنايزسرکت LC-circuit اودالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکو جوړښتونوتر منځ هراړخيز توپيرتشريح کوو اووړپسې دهغوی ګټه اونيمګړتيا په ګوته کوو.

- ديوه برښنايزسرکټ هادي سيمونه wires ددې وړتيالري چې ټيټ فريکونس برښنايزانرژي اويا الکترومقناطيسي زيګنالونوته ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال ورکړي . د بېلګې په توګه لکه هغه متناوب جريان چې فريکونس يې دپينځوس هرځ 50 Hz څخه ان تريوسلوشل هرځ 120 Hz پورې رسيږي دهادي سيم په مټ کېدای شی چې الکترومقناطيسي انرژي ديوې برښنايزآلې څخه بلې برښنايزآلې ته انتقال کړي .
- خوعادي برښنايزهادي سيمونه دسکين اغيزې skin effect له کبله ددې وړتيانه لري چې لوړفريکونس متناوب جريان لکه راډيوفريکونس متناوب جريان (3kHz-300 GHz) ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال کړي. داځکه چې دهادي سيم په اوږدوکې دالکترومقناطيسي څپې امپليتوددايکسپونينشيل تابع په بنه کمښت مومي . دبېلګې په توګه يوه الکترومقناطيسي څپه $y(x.t)$ چې په يوه ضايع کوونکي چاپېريال کې د x محورپه اوږدوکې مخ په وړاندې حرکت کوي په لاندې ډول ده.

$$y(x.t) = Ae^{-\alpha x}cos(\omega t - kx) \qquad (8,1)$$

په (8,1) معادله کې دڅپې امپليتود A دفکټور $e^{-\alpha x}$ په اندازه کمزوری کيږي.

- په داسې حال کې چې دڅپې انتقال کوونکي جوړښت په اوږدو کې يوخوا دالکترومقناطيسي څپې امپليتودنه کمزورې کيږي اوبلخواددې وړتيالري چې ان دمايکرو څپوفريکونس الکترو مقناطيسي څپوته ديوځای څخه بل ځای ته انتقال ورکړي.
- بلخواکه چېرته يوبرښنايزسرکت LC-circuit دلوړفريکونس په يوه سرچينه وټړل شي نوکټ مټ لکه ديوه دوه قطبه انتن Dipole antennas په شان کارکوي او برښنايز انرژي دالکترومقناطيسي څپې په ډول ورڅخه هرې خواته خپريږي. په پايله کې يوخوا د برښنايز سرکټ متناوب جريان،متناوب ولټيج دعادي هادي سيم په مټ بشپړانتقال نه مومې اوبلخوا برښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B ټاکلی سمت نه لري. همدارنګه څوک نه پوهيږي چې الکترومقناطيسي انرژی کومې خواته خپره شوه.
- په داسې حال کې چې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دلوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې سرچينې لکه دفريکونس جنراتور ټوله انرژي ايساره ساتل کيږي اوپرته له دي چې ضايع شي يوه ټاکلي سمت ته هدايت ورکول کيږي.

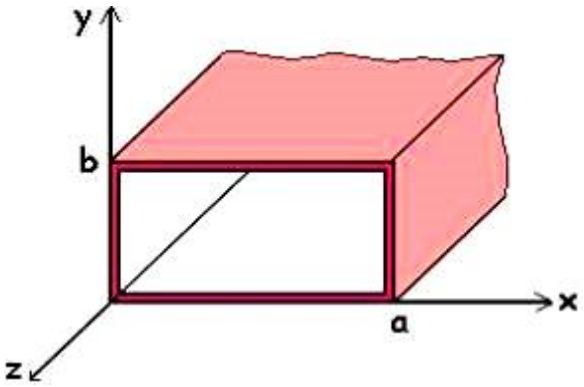
- برسيره پردې ديوه برېښنايزسرکټ خاذن په ډای الکتريک توکو dielectric کې اوهمدارنګه داوم ohm مقاومت پر اساس په هادي سيم کې دلوړفريکونس الکترومقناطيسي څپوانرژي دټيټ فرکونس څپوپه پرتله ډيره ضايع کيږي.
- څرنګه چې دځپوانتقال کوونکې جوړښت په منځ کې د ډای الکتريک توکو پرځای تشه فضاء ده اوفلزي ديوالونه يې دځانګړوهادي توکوڅخه جوړشوي وي نوله دې کبله الکترو مقناطيسي څپې د خپرېدنې په ترڅ کې خپله ذخيره شوې انرژي دلاسه نه ورکوي .

دنومورونيمګړتياووپه پام کې نيولو سره ه نن ورځ دالکترومقناطيسي لوړفريکونس اولوړ انرژي څپو دانتقال په موخه دهادي سيم پرځای دځپوانتقال کوونکوجوړښتونوڅخه ګټه پورته کيږي.

دالکترومقناطيسي څپو انتقال کوونکي جوړښتونه دمخابراتي زيګنالونودانتقال په موخه داخيستونکې انتن receiver antenna اوليږونکی انتن transmitters antenna سره تړل کيږي.

دبېلګې په توګه ديوه تش مستطيل ډوله فلزي جوړښت په منځ کې کولای شو چې يوخوالوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې توليدکړو چې طول يې دمتر meter په شاوخواکې وي . بلخوادنومورې جوړښت په مټ کولای شوچې مايکروڅپې microwaves په لنډواټن کې لکه سانټي مترڅخه ان ترمترپورې ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال ورکړو.

په ۸- ۱ شکل کې دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت بڼه کښل شوې ده چې منځ يې تش اوڅلورخواديوالونه يې دفلزڅخه جوړ دي. دنومورې جوړښت مخ خوا اوڅټ خواديوال نه لري بلکې خلاص دي . په بله معنی يوڅوک دسترګوپه مټ د منځ تشه برخه مخ اوڅټ خواته ليدلای شي.



۸- ۱ شکل : دځپو انتقال کوونکی مستطيل ډوله فلزي جوړښت ښوول شوی دی چې منځ يې تش اوپلنوالی يې a اوارتفاع يې a < b ده. دمختصاتوسيستم داسې ټاکل شوی دی چې دنومورې جوړښت پلنوالی د x محور اوارتفاع يې د y محور اوطول يې د z محورپه اوږدوکې پروت دی. دپلنوالي اوارتفاع په اوږدوکې ولاړې څپې منځ ته راځي چې داهتزازبڼه يعنې موډونو modes شمېر يې دځپې نيمايي طول $\frac{1}{2}\lambda$ سره مساوي دی. خودنومورې جوړښت دمحور په اوږدوکې z الکترو مقناطيسي څپې مخ په وړاندې خپريږي. ماخذ (41)

- دځپو انتقال کوونکي جوړښتونه کولای شوچې داوبويوه کانال سره مقايسه کړو. ددې لپاره چې اوبه هرې خواته وه نه بهيږي اوضايع نه شي نوڅوک ورته يوکانال جوړوي. کله چې اوبه يوه کانال ته ورننوځی نوپه کانال کې اوبه راغونډيږي اويوه ټاکلي سمت خواته بهيږي.
- دځپو انتقال کوونکي جوړښتونه کټ مټ لکه داوبويوه کانال په ډول دلوړفريکونس الکترومقناطيسي طيف لکه راډيوڅپې او مايکروڅپې زيګنالونه microwave راټولوي اونه پريږدې چې هرې خواته خپاره شي.

- همدارنګه يوه طبي آله لکه سټټيسکوپ stethoscope دصوت څپوانتقال کوونکې اوغونډوونکې آلې په توګه کارورکوي چې ديوه نل په مټ دصوت څپې دهرې خواڅخه راغونډوي اوپه پايله کې دطب ډاکټر دزړه ضربې غږاوريدلای شي.
- دڅپوانتقال کوونکو جوړښتونو ځانګړي خواص هم لکه دستټيسکوپ په شان دي چې دالکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B دهرې خواڅخه داسې محدودوي ترڅوهغوی يوازې په يوه سمت کې خپرېدلای شي . د ساري په ډول کله چې الکترومقناطيسي څپې يوه تش فلزي استوانه يي شکله تيوب ته ورننوځي نوهلته ددیوالونوسره لګيږي اوپرلپسې انعکاس کوي . په پايله کې يوازې دڅپوانتقال کوونکي محور په اوږدوکي مخ په وړاندې خپريدلای شی .

دڅپوانتقال کوونکوجوړښتونوخوراړينه ګټه دبرېښنايزسرکټ په پرتله داده چې الکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې په ترڅ کې خپله انرژی ياداچې هيڅ اويا په ډيرلږه اندازه دلاسه ورکوي .

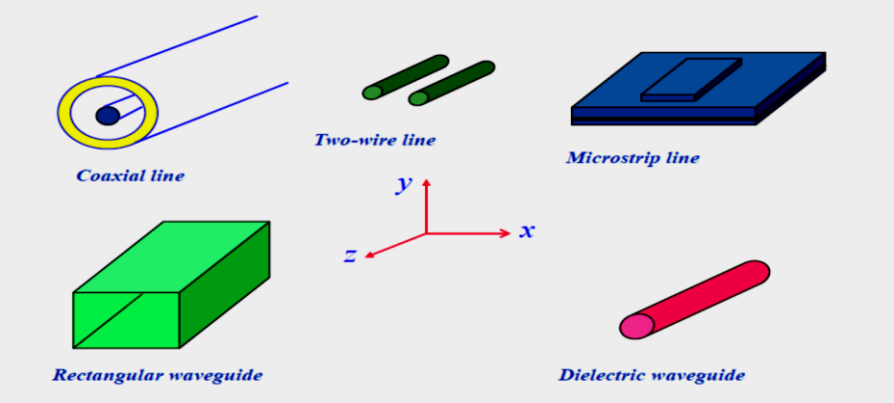
په ورځني ژوندکې دڅپو انتقال کوونکي جوړښتونه پراخ استعمال لري . د بېلګې په توګه لکه :

- درادارپه سيستټم radar system کې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په مټ دراډيوفريکونس انرژي انتن antenna ته انتقال کيږي
- دمايکروڅپوپه بخاری Microwave oven کې دماګنيترون په مټ مايکروڅپې توليدکيږي اودنومورې څپې برېښنايز قدرت دڅپوانتقال کوونکی جوړښت په واسطه پخيدونکوتوکوته انتقال کيږي
- ساتلايت satellite
- راډيوتليسکوپ Radio telescope اوداسې نوردرواخله

دبېلګې په توګه کله چې مايکروڅپې Micro wave دماګنيترون Magnetron اويا کليستربن Klystron سرچينې څخه راووځي نوديوه عادي کيبل (هادي سيم) په واسطه دخطي تعجيل کوونکي منځ ته نه شی انتقال کيدلای. داځکه چې دمايکروڅپې فريکونس اوقدرت دومره لوړدی چې دهادي سيم په مټ نه شي انتقال کيدلای . برسېره پردي يوخواپه هادي سيم کې دالکترومقناطيسي څپې امپليتودکمزورې کيږي اوبلخوابرېښنايزانرژي دوړانګوپه توګه هرې خواته خپريږي . همدالامل دی چې دمايکروڅپې دانتقال په موخه دخطي تعجيل کوونکي او دماګنيترون تر منځ دڅپوانتقال کوونکوجوړښتونو څخه ګټه پورته کيږی چې ډېری يې مستطيلي جوړښت لري

دهرډول څپودانتقال کولوپه موخه توپيرلرونکي جوړښتونه شتون لري. په دوديزه توګه دلوړفريکونس الکترومقناطيسي څپولکه راډيوڅپې اويامايکروڅپې دانتقال لپاره ددواسوفلزي هدايت کوونکوجوړښتونوڅخه کاراخيستل کيږي چې منځ يې تش وي اوديوه پايپ pipe په شکل جوړشوي وي . بلخوا دڅپوانتقال کوونکوجوړښتونوهندسي ابعاد لکه پلنوالی اوارتفاع بايددواسي وټاکل شي چې اندازه يې دڅپې دطول سره ټاکلی تناسب ولري .
دبېلګې په توګه ټيټ فريکونس څپې لکه دتليفون فريکونس ساحه چې ددرې سوه هرڅ څخه ان تردرې کيلوهرڅ پورې رسږي 300 Hz-3000 Hz ديوه تش فلزي پايپ په مټ نه شي انتقال کيدلای. خوهغه الکترومقناطيسي څپې چې دڅپې طول يې دتش فلزي پايپ پلنوالي څخه کوچنی اوياورسره برابروي کېدای شی چې ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال شي .

په ۸- ۲ شکل کې دڅپو يوه ډله انتقال کوونکي فلزي جوړښتونه ښوول شوي دي .



۸- ۲شکل : دځپو انتقال کوونکي جوړښتونه ښوول شوي دي چې کين خواڅخه ښي خواته په لاندې ډول نومونه لري .

دشریک محورکیبل coaxial cable ، دوه سیمه ایز لاین ، دهموارې ریتاړې په شان هدایت کوونکي جوړښتونه microstrip line ، قایم الزاویه تش انتقال کوونکي جوړښتونه، او دځپوعایق انتقال کوونکی جوړښت dielectric waveguides دیادولووړدي.
په عملي توګه دنوموړوجوړښتونوانتخاب د لاندې ځانګړتیاوي پر اساس کیږي.

- دځپوانتقال کوونکی مطلوب جوړښت دفریکونس په کومه ساحه کې بایدکاروکړي
- دځپوانتقال کوونکی مطلوب جوړښت په مټ په کوم مقدارانرژي انتقال شي
- کله چې په مطلوب جوړښت کې الکترومقناطیسي څپې خپریږي نوپه کومه اندازه دزغم وړانرژي دلاسه ورکوي.

- دشریک محور کیبل coaxial cable انتقال کوونکي جوړښت . په پراخه توګه هلته کارول کیږی چې دلوړفریکونس ډیرې برخې دیوبل سره ترل شوې وي . خود شریک محورجوړښت استعمال یوازي ددرې ګیګاهرڅ 3 GHz ځخه لاندي ګټوردی . په دې معنی که چېرته هغوی دنوموړي فریکونس ځخه پورته فریکونس لپاره وکارول شي نوپه پایله کې دالکترومقناطیسي څپوبرښنایزقدرت پکې خوراډیر ضایع کیږي . د ساړې په ډول که دسل میګاهرڅ 100 MHz لپاره دشریک محور کیبل دځپوبرښنایزقدرت اندازه یوکیلوواټ kW وي خونوموړی دیوزرمیګاهرڅ 1000 MHz لپاره وکارول شي نودځپوبرښنایزقدرت اندازه یې آن تر دوه سوه واټه 200 W پورې راتیټیږي .

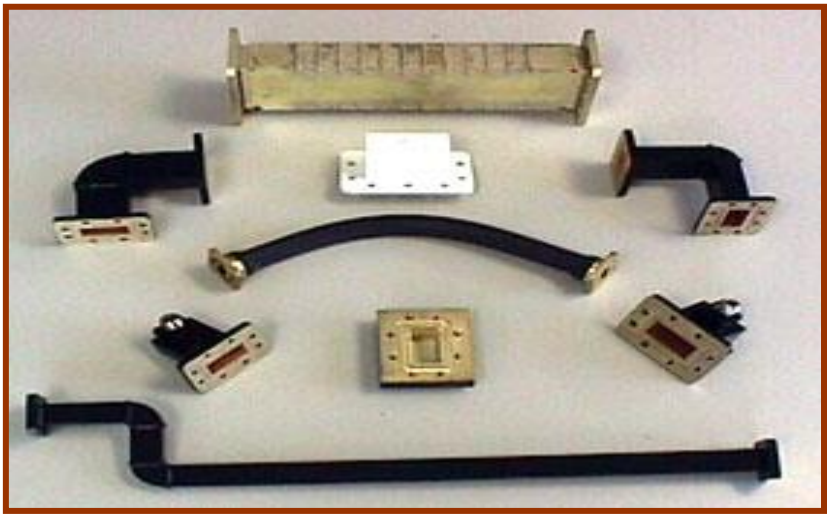
داڅکه چې دشریک محورکیبل هدایت کوونکي جوړښت په منځ کې عایق توکې dielectric دومره تاوده کیږي چې دبرقي شارتي لامل ګرځي .

- ددووسیمونو خطي two-wire line انتقال کوونکی جوړښت دمایکروڅپې فریکونس لپاره نه کارول کیږی داڅکه چې هغوی بهرخواته په یوه پوښ نه دي پټ شوي اوله همدې لا مله وړانګې ورځخه بهرخواته خپریږي . خودتلویزیون انټن لپاره ددوه سیمه لاین ځخه ګټه پورته کیږی . همدالامل دی چې ددوه سیمه لاین پرځای دمایکروڅپې دانتقال لپاره دهموارې ریتاړې جوړښت ځخه کاراخیستل کیږي .

- Rectangular waveguides: دځپومستطیل ډوله انتقال کوونکي جوړښتونه په عادي توګه د لوړبرښنایزقدرت لرونکو مایکروڅپې دانتقال په موخه کارول کیږی چې فریکونس یې آن ددرې ګیګاهرڅ 3 GHz ځخه هم اوړي . د ښلګې په توګه

په پنځه گيګاهرڅ فريکونس 5 GHz کې دځپودانتقال برېښنايزقدرت اندازه يوميګاواټ MW قيمت لري، په داسې حال کې چې په سل متره طول کې دځپوکمزورتيايوازي ځلوردیسیبل 4 dB/100 m ته راټيټيږي .

- دځپواپتيکي انتقال کوونکي Optical waveguide په خپل وارسره يوبل ځانګړی جوړښت دی چې دليدلووړځپوپه فريکونسي کې ورځخه ګټه پورته کيږي . په نوموړي جوړښت کې په ډير لږاندازه برېښنايزانرژي ضايع کيږي.
د ساري په ډول په يوه کيلومتر طول کې دځپوبرېښنايزقدرت کمزورتياکچه يوازې صفرعشاريه دوه ديسيبل 0,2 dB/km ده .
- دځپواپتيکي انتقال کوونکي په مرسته کېدای شی چې يوازې هغه ځپې انتقال شي چې قدرت يې دملي واټ mWatt په شاوخواکې وي

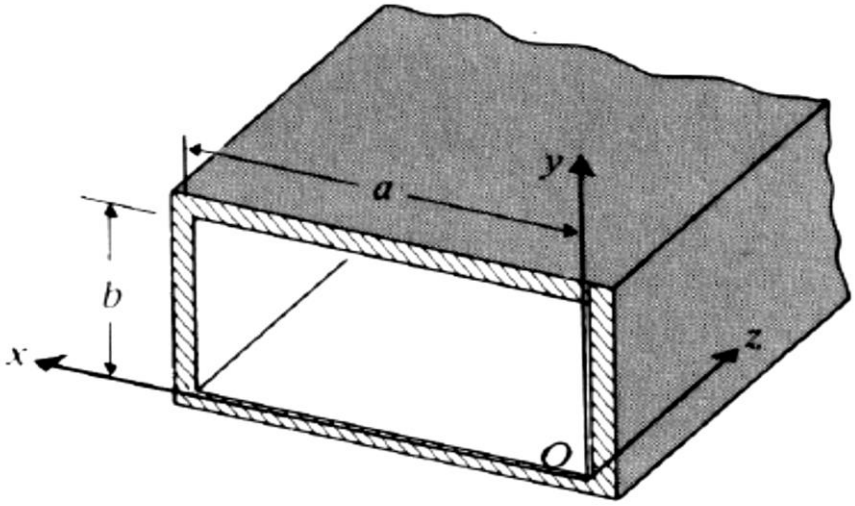


۸-۳ شکل : ديوشمېر الکترومقناطيسي ځپوانتقال کوونکي جوړښتونوفزيکي بڼه کښل شوې ده. نوموړي جوړښتونه دمسو،،المونيم اويابرنجي فلزاتوڅخه جوړشوي وي او ددې وړتيالري چې په اغيزمنه توګه لوړقدرته مايکروځپې پرته له دې چې انرژي يې ضايع شي ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال کړي. ماخذ (43)

دځپې انتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت : (Rectangular Waveguide)

په ۸- ۴ شکل کې يو درې بعده دځپوانتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت په پام کې نيسوچې منځ يې تش او ځلورفلزي سطحې يې يودبل سره قايم الزاويه جوړوي .د قايم الزاويه مختصاتوسيستم داسې ټاکوچې د z محورپه اوږدوکې دمستطيل طول اود x محور او y محورسره موازې دمستطيل دواړه اړخونه پراته وي.

- دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت ځانګړتياوي داسې دي چې الکترومقناطيسي ځپې يوازې دمستطيل طول په اوږدو z کې په ازاده توګه خپريږي، خود x محور او y محورخواته محدودې ساتل کيږي.



With kind permission of c) California Institute of Technology, Michael Gottlieb & Rudolf Pfeiffer"

۸- ۴ شکل : دځپوانتقال کوونکی مستطیل ډوله جوړښت کښل شوی دی چې منځ يې تش اوديوالونه يې دفلزځخه جوړشوي دي. ماخذ (33*Fey*)

ترټولواړينه پوښتنه داده چې دالکترومقناطيسي ځپوانتقال کوونکی مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې کوم ډول الکترومقناطيسي ځپې توليدکيدلای اوخپريدلای شي. دمستطیل ډوله فلزي پايپ په منځ کې دالکترومقناطيسي ځپود خپرېدنې ډول ته موډmode ويل کيږي اودځپې معادلې دحل يوه جمله تشکيلوي.

په بله معنی ځرنګه چې الکترومقناطيسي ځپې دمستطیل ډوله فلزي پايپ په منځ کې د ماکسول معادلو پر اساس خپريږي نوپوښتنه داده چې د برېښنايز ساحې E اومقناطيسي ساحې B دحل جمله څه ډول بڼه لري.؟

په دې اړوندموږدتجربوله مخې پوهيږوچې کله چې دنورځپې يوه فلزي پايپ ته ورننوځي نو هلته ديوې عرضي برېښنايز ساحې TE په توګه خپريږي.

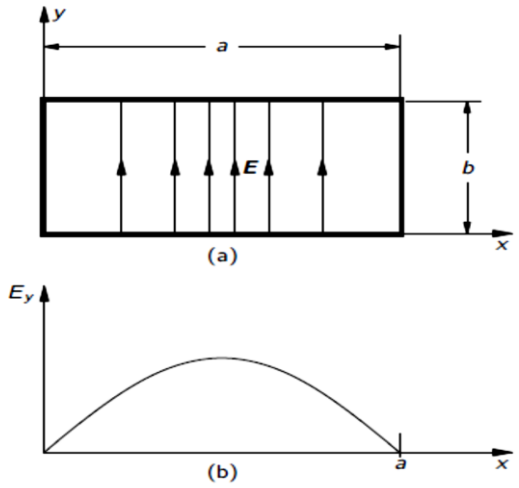
که ومنوچې الکترومقناطيسي ځپې هم لکه دنورځپې په شان خپريږي اود برېښنايز ځپې $(E_x. E_y. E_z)$ دحل هغه جمله په پام کې نيسوچې دالکترومقناطيسي ځپې برېښنايز ساحه لکه *Ey* برخه د z په محوربانديې عمودولاړه وي اولکه دساينډوله ځپې په شان اهتزازکوي.

بلخوادبرېښنايزساحې *Ey* برخه هغه مهال د ماکسول معادلودحل جمله کيدلای شی چې ټاکلي سرحدي شرطونه *boundary conditions* پوره کړي . دبېلګې په توګه دبرېښنايزساحې *Ey* امپليتوددمستطيل ډوله فلزي پايپ په ديوال باندې صفرقيمت ولري .

داځکه چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په ديوالونوکې برېښنايزچارجونه اوجريانونه ترهغه وخته پورې حرکت کوي او دخپل ځان وېش کړنلاره تل داسې اعيارکوي ترڅودهادي جسم په سطحه باندې د برېښنايز ساحې $E_y.$ مماس برخه tangential component صفرشي.

دبېلګې په توګه د برېښنايز ساحې $E_y.$ امپليتوددمستطيل ډوله فلزي پايپ پلنوالي يعنې د x محورپه تابع سره داسې اهتزازکوي لکه ځرنګه چې په ۸- ۵ شکل کې کښل شوی دی.

دمستطيل ډوله فلزي پايپ هندسي ارقام داسې ټاکل شوي دي چې پلنوالی يې په a اوارتفاع يې په b کښل شوې ده.



With kind permission of c) California Institute of Technology, Michael Gottlieb & Rudolf Pfeiffer"

۸- ۵ شکل : دځپو انتقال کوونکي مستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې د عرضي برېښنايز ساحې E_y بڼه دپلنوالي x = a په تابع سره کښل شوې ده. ماخذ (48 *Fey*)

په (a) شکل کې دځپو انتقال کوونکي مستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدو z يوه برخه کې په ساره يوه سطحه پرې شوې ده اودنومورې سطحې په منځ کې د برېښنايز ساحې وکټور شدت E اوسمت په وکټورونوښوول شوی دی.

(b) دالکترومقناطيسي څپو انتقال کوونکي مستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې د برېښنايز ساحې E_y, برخې امپليتود د x محورپه تابع سره کښل شوی دی اوديوه قوس په شان بڼه لري . دنومورې جوړښت په ساره سطحه کې دبرېښنايزساحې E_y برخه دسايندوله تابع لکه $sink_x x$ بڼه لري اوامپليتوديې دنومورې جوړښت دپلنوالي په دواړوځنډوکې يعنې (x=0; x=a) صفردی.

دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې دالکترومقناطيسي څپو د خپرېدنې ډول propagation mode په لاندې ارقاموپورې اړه لري :

- دځپې انتقال کوونکي مستطيل ډوله فلزي پايپ په هندسي جوړښت ،
- دالکترومقناطيسې څپې په فريکونسې اويادځپې طول
- اوهمدارنګه په هغوموادوپورې اړه لري چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې شتون لري . لکه هوا، پلاستيک ،تشياوونور.

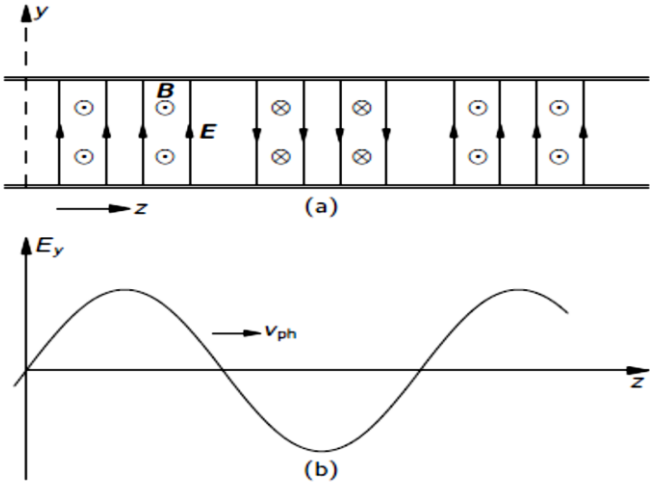
څرنګه چې دځپې انتقال کوونکي مستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې د برېښنايز ساحې E_y. برخې امپليتود د x محورپه اوږدوکې ديوه قوس په شان بڼه لري نوپه ډاډه ويلای شوچې E_y. په رياضي تړاويوه هارمونيک ساين ډوله څپې لکه $sink_x x$ گراف لري.

د قايم الزاويه درې بعده مستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې د الکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې کړنلاره دماکسول معادلو Maxwell's equations څخه لاس ته راځي .

دالکترومقناطيسي څپې انتقال کوونکي جوړښتونه د ماکسول معادلودحل کولو پر اساس تحليل کيږي. دالکترومقناطيسي څپې معادلې ډيرحلونه لري چې هريوحل يې دموډ Mode په نوم يادېږي.

په نوموړې کړنلاره کې دابتدايي سرحدی شرطونوپه پام کې نيولوسره دالکترومقناطيسي څپې دحل ټول موډونه Modes پيداکيږي.

دابتدايي سرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره کولای شوچې د ماکسول تفاضلي معادلو دحل جملې اټکل وکړو اوپه پايله کې دالکترومقناطيسي څپې داهتزازهغه ډول بڼه mode محاسبه کړوچې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې د خپرېدنې وړتيالري. داځکه چې دځپې هريومودِ ديوټاکلې پرې کوونکې فريکونس cutoff frequency, په واسطه مشخص شوی دی زموږلپاره يوازې هغه ډول الکترومقناطيسي څپې په زړه پورې دي چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ محور z په اوږدوکې خپرېږي او د برېښنايز ساحې E_y. برخې امپليتودپه متناوب ډول پرلپسې مثبت اومنفي قيمتونه ولري . يوه ورته کړنلاره په ٨-٦ شکل کې کښل شوې ده.



With kind permission of c) California Institute of Technology, Michael Gottlieb & Rudolf Pfeiffer"

٨-٦ شکل : a) دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې z دځنګ خوا ديدځخه د برېښنايز ساحې E او مقناطيسي ساحې B کرښوويش کښل شوی دی. ماخذ (*Fey* 48)

b) د برېښنايز ساحې E_y. برخې امپليتود y محورسره موازي اهتزازکوي اودفلزي پايپ دمحور z په اوږدوکې د فاز په سرعت $(v_{ph} = \frac{\omega}{k_z})$ مخ په وړاندې حرکت کوي.

خوکله چې يوه څپه په يوه ټاکلې فريکونس ω اهتزازکوي نوداسې هم تصورکولای شوچې داځپه دفلزي پايپ په اوږدو z کې لکه کوساين تابع $\cos(\omega t - k_z z)$ په شان خپرېږي .

همدارنګه کولای شوچې دکوساين تابع پرځای دريادي ژبې يوه اسانه فرمول څخه لکه $e^{i(\omega t - k_z z)}$ ګټه پورته کړواودنوموړې څپې بڼه او د فاز سرعت $(v_{ph} = \frac{\omega}{k_z})$ معلومکړو

په پيل کې مورمنويادااسې اټکل کووچې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې z د برېښنايز ساحې E_y. څپه په رياضي تړاو په لاندې ډول سره خپرېږي. مأخذ(*Fey* 48)

$$E_y = E_0 e^{i(\omega t - k_z z)} \sin k_x x \qquad (8{,}1a)$$

$(8{,}1a)$ معادله په ډاګه کوي چې د برېښنايز ساحې $E_y(x,z)$ لومړۍ برخه $E_0 e^{i(\omega t - k_z z)}$ يوه عرضي ساينډوله څپه ده چې د y محورسره موازي اهتزازکوي اوهمدارنګه په فريکونس ω او فاز سرعت $(v_{ph} = \frac{\omega}{k_z})$ دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې z مخ په وړاندې حرکت کوي. د برېښنايز ساحې $E_y(x,z)$ دويمه برخه دنوموړې جوړښت په پلنوالي کې د $\sin k_x x$ په بڼه ولاړې څپې تشکيلوي .

اوس به وازميوچې ايا $(8{,}1a)$ معادله دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې z دريښتونې الکترومقناطيسی څپې دحل جمله ده اوکه نه ده؟ !

په لومړي ګام کې دابتدايي سرحدې شرطونو دپوره کولوپه موخه بايددفلزي پايپ په سطحه باندې د برېښنايز ساحې E_y. مماس برخه صفرشي.

لکه چې د ۸- ۵ شکل څخه معلوميږي چې (8,1a) معادله نومورې شرط پوره کوي. داځکه چې يوخوا E_y. دمستطيل ډوله فلزي پايپ په لاندې اوباندې سطحه باندې عمودولاړه ده اوبلخواد E_y. امپليتود، دموازې دواړوځنګ اړخونوپه سطحه باندې دمماس په ډول صفرده.

د برېښنايزځپې دحل يوه جمله خوداده چې د x محورپه اوږدکې دځپې دخپرېدنې ځايز وکټور k_x داسې وټاکوچې د $sink_x x$ تابع ددورې period نيمايي برخه π دمستطيل ډوله فلزي پايپ پلنوالي a په اوږدوکې خوله په خوله ځای شي. اوداهغه وخت شونې ده چې لاندې شرط پوره شي :

$$k_x x = \pi \qquad (8,2)$$

همدارنګه نورامکانات هم شته دي چې نومړی شرط پوره کړي. دېبلګې په توګه لکه :

$$k_x x = 2\pi . 3\pi . \dots \dots \dots \dots ,,. n\pi \qquad (8,3)$$

په (8,3) معادله کې n يوتام عددی . څرنګه چې نوموړې معادله د برېښنايز ساحې د خپرېدنې هراړخيزاوډيرمغلق ډولونه په پام کې نيسې نوداسانتيالپاره دېښنايزساحې دخپرېدنې يوساده ډول ترځېړنې لاندې نيسو. دېبلګې په توګه لکه

$$k_x = \frac{\pi}{a} \qquad (8,4)$$

په (8,4) معادله کې a دمستطيل ډوله فلزي پايپ پلنوالي د د دننه واټن دی .

څرنګه چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په د دننه برخه کې يوخوا تشه فضاء ده اوبلخوا برېښنايز چارجونه شتون نه لري ، نوله دې کبله د برېښنايز ساحې E ډيورګينس divergence دصفرسره مساوي دی. بلخواڅرنګه چې برېښنايزساحه E يوازې د y-component جزلري اود **y** تابع نه ده نوله دې کبله لروچې :

$$div\ E = 0 \qquad (8,5)$$

وروستی شرط دادی چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ تشه فضاء کې بايد برېښنايز ساحه E_y. د ماکسول تفاضلي معادلوسره سمون ولري اودهغوی سره په هم غږی کې خپره شي. نوموړی مطلب کټ مټ دا معنی ورکوي چې برېښنايز ساحه E_y. بايددالکترومقناطيسي ځپې لاندې معادله حل کړي.

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} - \frac{1}{c}\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = 0 \qquad (8,6)$$

اوس به وازميوچې ايا په (8,1a) معادله کې د برېښنايز ساحې E_y. لپاره اټکل شوی رياضي فرمول دپورتنی (8,6) الکترومقناطيسي ځپې د معادلې حل جمله ده اوکه نه ؟

دنومورې موخې لپاره په (8,6) معادله کې د برېښنايز ساحې E_y. دويم مشتق د x په تړاونيسواو مساوي دی له : ،

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = k_x^2 E_y \qquad (8,7)$$

د برېښنايز ساحې E_y. دويم مشتق د y په تړاوصفردی ،داځکه چې E_y. دځايزمحور **y** په تړاوتغيرنه کوي . $\frac{\partial^2 E_y}{\partial y^2} = 0$

د برېښنايز ساحې E_y. دويم مشتق دz په تړاومساوي دی له :

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} = k_z^2 E_y \qquad (8,8)$$

د برېښنايز ساحې E_y. دويم مشتق دوخت t په تړاومساوي دی له :

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} = -\omega^2 E_y \qquad (8,9)$$

کله چې د برېښنايز ساحې E_y. دويم مشتق ټول پورتنې قيمتونه دالکترومقناطيسي څپې په معادله (8,6) کې واچوونولروچې :

$$k_x^2 E_y + k_z^2 E_y - \frac{\omega^2}{c^2} E_y = 0$$

$$(k_x^2 + k_z^2 - \frac{\omega^2}{c^2}) E_y = 0 \qquad (8,10)$$

څرنگه چې په (8,10) کې دبرېښنايزساحې برخه $E_y \neq 0$ خلاف دصفرده ، نو (8,10) هغه مهال صحيح کيدلای شي، کله چې دنومړې معادلې دقوس برخه صفرشي يعنې لاندې شرط پوره شي .

$$(k_x^2 + k_z^2 - \frac{\omega^2}{c^2}) = 0 \qquad (8,11)$$

څرنگه چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ دپلنوالي په اوږدوکې a د برېښنايز ساحې E_y. د خپرېدنې مسير دابتدايي سرحې شرطونو پر اساس محدود ټاکل شوی دی يعنې دځپې وکټور $k_x^2 = \left(\frac{\pi^2}{a^2}\right) = \text{constant}$ دی ،نوله دې کبله د(8,11) معادله لاندې بڼه ځانته غوره کوي .

$$\left(\frac{\pi^2}{a^2}\right) + k_z^2 - \frac{\omega^2}{c^2} = 0 \qquad (8,12)$$

(8,12) معادله په ډاګه کوي چې زمونږله خواپخوا دځپې په ډول اټکل شوې حل جمله (8,1a) هغه مهال دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اړدو کې z توليدکيدلای اوخپريدلای شي کله چې دځپې ځايز وکټور k_z دفريکونسي ω سره لاندې اړيکې ولري . په بله معنی اټکل شوې حل جمله (8,1a) هغه مهال دالکترومقناطيسي څپې (8,6) معادله حل کولای شي ، کله چې دځپې وکټور k_z په لاندې ډول وټاکل شي .

$$K_z = \sqrt{\left(\frac{\omega^2}{c^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{a^2}\right)} \qquad (8,13)$$

په (8,13) معادله کې دځپې وکټور k_z يوه برېښنايز څپه تشريح کوي چې د دمستطيل ډوله فلزي پايپ محور z په اوږدوکې په فريکونس ω خپريږي.

همدارنگه په (8,13) معادله کې دځپې ځايز وکټور k_z په ډاګه کوي چې برېښنايز څپه E_y. دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې د فاز په سرعت v_{ph} خپريږي اود ټاکلې فريکونسي ω سره لاندې اړيکې لري.

$$v_{ph} = \frac{\omega}{k_z} \qquad (8,14)$$

که په يادولروچې يوه برېښنايز څپه E_y. چې د فاز په سرعت v_{ph} اوپه فريکونس ω حرکت کوی دنومړې څپې طول λ مساوي دی له :

$$\lambda = \frac{2\pi v_{ph}}{\omega} \qquad (8,15)$$

د (8,15) معادلې پر اساس کولا ی شوچې دبرېښنايزځپې وکټور k_z لپاره وليکوچې :

$$k_z = \frac{2\pi}{\lambda_g} \qquad (8,16)$$

په (8,16) معادله کې λ_g د عرضي برښنايز څپې E_y. طول دی چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په اوږدوکې z اهتزازکوي اوله دې کبله دځپوانتقال کوونکې جوړښت دځپې طول "guide wavelength." په نوم يادیږي.
دیادولووړده چې دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې طول λ_g په تشه فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې طول λ_0 سره توپيرلري په دې شرط چې يوشان فريکونس ω ولري.

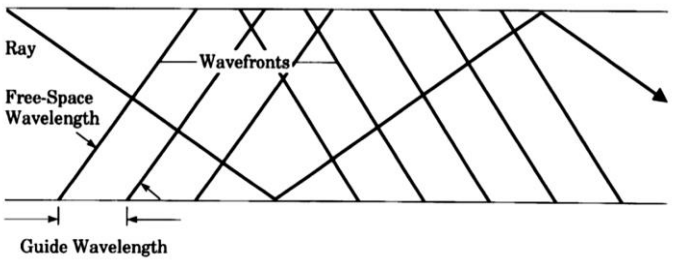
دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې طول λ_g او په تشه فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې طول λ_0 تر منځ لاندې اړيکې شتون لري.

$$\lambda_{g.nm} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \lambda_0^2\left[\left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2b}\right)^2\right]}} \qquad (8,17)$$

په (8,17) معادله کې m دځپې انتقال کوونکي جوړښت دپلنوالي a په اوږدوکې دنيمايې څپو $\frac{1}{2}\lambda_0$ شمېر اويادمودشمېردی ، همدارنګه n دځپې انتقال کوونکي جوړښت دارتفاع په اوږدکې $b < a$ دنيمايې څپو شمېر $\frac{1}{2}\lambda_0$ اويادمودشمېردی . ماخذ 33) *Fey*)
که چېرته m=1 او n=0 مودۍ په پام کې ونيسونو د عرضي برښنايزساحې مودۍ TE_{10} mode يعنې $(TE_{mn}.$ چې $m = 1. n =$ 0) لپاره دځپوانتقال کوونکې جوړښت دځپې طول "guide wavelength." په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$\lambda_{g.} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}} \qquad (8,18)$$

(8,18) معادله په ډاګه کوي چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې الکترومقناطيسي څپې دتشې فضاء په پرتله په توپيرسره خپريږي . په بله معنی دځپوانتقال کوونکې جوړښت دځپې طول λ_g دتشې فضاء طول λ_0 په پرتله اوږدی .کله چې الکترومقناطيسي څپې دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډول جوړښت ته ورننوځي نوترڅاکلي فاز زاويې لاندې phase angle کوږوږ انعکاس کوي. په پايله کې الکترومقناطيسي څپې دنوموړې جوړښت په اوږدوکې z سم سيخ نه خپريږي بلکې پرلپسې کږې وړې يعنې زيګ زګ zigzag انعکاس کوي .

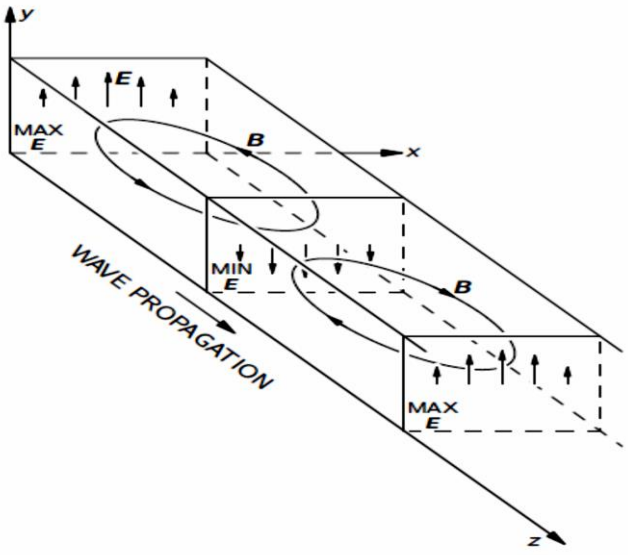


۸- ۷ شکل : : دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په اوږدوکې دالکترومقناطيسي څپې د فاز زاويې phase angle بدلون کښل شوی دی. دنوموړي شکل څخه په ښکاره مالوميږي چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې ديوشان فريکونس لپاره دالکترومقناطيسي څپې طول λ_g. "guide wavelength." په ازاده فضاء کي دځپې طول λ_0 $Free\ space\ wavelength$ په پرتله اوږدی.

کله چې دځپوانتقال کوونکې جوړښت فریکونس دالکترومقناطیسي څپوړې کوونکې فریکونس ته ورنږدې شي نودځپوانتقال کوونکې جوړښت دځپې طول λ_g تباعد diverges کوي اوپه پایله کې دنوموړي جوړښت په منځ کې انرژي نه شي انتقال کیدلای.

دځپې انتقال کوونکې جوړښت د څپې طول λ_g په لاندې فزیکي کمیتونوپورې اړه لري :
لکه دنورپه سرعت، دځپې انتقال کوونکي په ځانګړتیاوواوپه تبره بیا دځپې انتقال کوونکي په پلنوالي a اوارتفاع پورې اړه لري.

د ماکسول تفاضلي معادلودحل جمله په ډاګه کوي چې د الکترومقناطیسي څپې کوم ډول موډ Mode دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې خپریدلای شي .
دیادولووړه چې د برېښنایز ساحې E سره په ملتیاکې یوځای غبرګ مقناطیسي ساحه B هم دځپې په ډول دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې خپریږي . په پایله کې دمستطیل ډوله فلزي پایپ په مینځ کې دواړه څپې دالکترومقناطیسي څپو په ډول مخ په وړاندې حرکت کوي. دکتاب په همدې برخه کې دمقناطیسي ساحې لپاره دمحاسبې پورتنۍ کړنلارې څخه صرف نظرکوو داځکه چې دبرېښنایزساحې سره ورته ده.
کله چې الکترومقناطیسي څپې دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله فلزي جوړښت ته ورننوځي نو دامپیرقانون Ampere's او ماکسول Maxwell's تفاضلي معادلې پر اساس $(c^2\ \mathrm{rot}B = \frac{\partial E}{\partial t})$ برېښنایزساحه E دوخت په تړاوتغیرکوي اوپه خپل شاوخواکې څرخېد ونکې مقناطیسي ساحه B تولیدکوي.
دمقناطیسي ساحې B کرښې تړلې حلقي تشکیلوي اود برېښنایز ساحې اعظمي دامنې Max E اواصغري دامنې Min E تر منځ اود xz-plane سطحي سره موازي پرتې دي. نوموړې کړنلاره په ۸- ٦ شکل کې ښوول شوې ده.



With kind permission of c) California Institute of Technology, Michael Gottlieb & Rudolf Pfeiffer"

۸- ٦ شکل : دعرضي الکترومقناطیسي څپې **TE** برېښنایز ساحې E اومقناطیسي ساحې B داهتزاز او خپرېدنې بڼه دمستطیل ډوله فلزي پایپ په اوږدو **z** کې کښل شوې ده . اخذلیک (*Fey* 48)
دمقناطیسي ساحې کرښې پرلپسې دیوې تړلې حلقي په شان د برېښنایز ساحې داعظمي اواصغري امپلیتودتر منځ خپریږي . دبرېښنایزساحې کرښې په پریودیک ډول ښکته خواته Min اوپورته خواته Max اهتزازکوي . په پایله کې ویلای

شوچې دبرېښنايزساحې معادله $E_y.(8,1a)$ (8,6) دالکترومقناطيسي څپې معادلې دحل جمله ده اود ماکسول معادلې پر اساس دمستطيل ډوله فلزي پايپ په منځ کې خپريږي .

دڅپې انتقال کوونکي جوړښت دکارکولوپرنسيپ : (The principle of a waveguide)

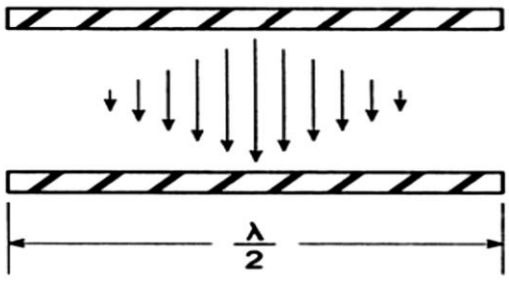
کله چې لوړفريکونس مايکروڅپې دمګنيترون Magnetron په تخنيکې آله کې توليدشي نودڅپوانتقال کوونکي جوړښت په مټ خطي تعجيل کوونکې ته انتقال کيږي. داځکه چې عادي کيبل ددې وړتيانه لري چې لوړفريکونس اولوړقدرته High power مايکروڅپې ديوه ځای څخه بل ځای ته انتقال کړي.

دحيرانتياخبره خو داده چې لوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې ديوه تش فلزې څلورکونجه پايپ په مټ کټ مټ داسې انتقال کيږي لکه ټيټ فريکونسي الکترومقناطيسي څپې چې ديوه هادي کيبل په مټ انتقال کيږي.

په ۸- ۷ شکل کې دڅپوانتقال کونکي مستطيل ډوله جوړښت دکارکولوپرنسيپ ښوول شوی دی چې په پيل کې ددووهمواروفلزي تختوڅخه جوړدی.

په نوموړي شکل کې دوه فلزي هموارې تختي لاندې اوباندې موازي کيښودل شوې د ي چې منځ يې دهواڅخه ډک دی. که چېرته نوموړې فلزي تختي ديوه لوړفريکونس اولوړقدرته متناوب جريان په سرچينه وټرونوپه پايله کې دلاندې اوباندې فلزي تختوترمنځ برېښنايز شارټي Short circuit منځ ته راځی . داځکه چې دبرېښنايز ساحې شدت په واحدسانتي مترډيرلوړاوزورووردی . ددې لپاره چې دبرېښنايز شارټي مخ نيوی شوی وي نودڅپوانتقال کوونکی جوړښت ديوه گازپه مټ ډک کيږي چې دهگزا فلوراید گوگرد گاز SF6 په نوم يادیږي .

خوکه چېرته دڅپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالی a داسې وټاکل شي چې دلوړفريکونس څپې نيمايي طول $\lambda_{1/2}$ دنوموړې جوړښت پلنوالي a سره خوله په خوله برابره شي ، نودلاندې اوباندې فلزي تختوتر منځ د برېښنايز ساحې کرښوويښ داسې ډول بڼه غوره کوي لکه چې په ۸- ۷ شکل کې کښل شوی دی.



۸-۷شکل : دڅپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالی $a = \lambda_{1/2}$ کښل شوی دی چې ددوومواز ې لاندې باندې فلزي تختوڅخه جوړدی . ماخذ (Zin 52)

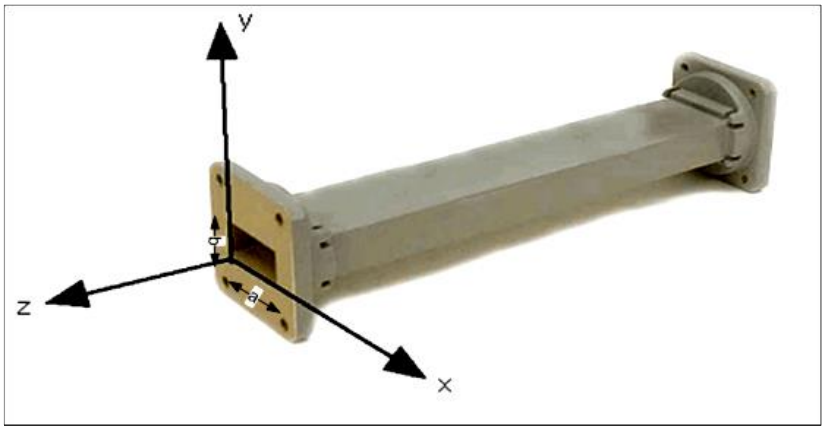
لوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې دفلزي تختو په منځ کې اود z محورپه اوږدوکې خپريږي چې سمت يې دکاغذپرسطحه باندې عموددی. دموازي فلزي تختوپه اوږدوکې د z په محورباندې عمودا په ساره يوه برخه پرې کوو. دپرې شوې عرضي مقطع په سطحه کې دبرېښنايز ساحې خطونو وېش دوکټورونوپه واسطه کښل شوی اوپه ۸- ۷شکل کې ښوول شوی دی . دوکټور اوږدوالی دبرېښنايزساحې شدت راښيي.

خودبرېښنايز ساحې داډول وېش هغه مهال منځ ته راځي کله چې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالي اندازه a دالکترومقناطيسی څپې طول نيمايي $a=\lambda/2$ برخې په اندازه وټاکل شي .

کله چې نوموړي شرط پوره شي يعنې $a = \lambda/2$ ، نو دفلزي تختود منځ په مرکزي برخه کې دبرېښنايز ساحې شدت اعظمي قيمت لري خودځنډوخواته پرلپسې کمښت مومي . دپام وړخوداده چې لاندې اوباندې موازي تختوپه څنډوکې ان د برېښنايز ساحې شدت بيخي صفرکيږي.

پايله ېې داده چې ددواړوفلزي تختوڅنډې خواوي ديوبل سره په هادي توګه نښلولای شوپرته له دي چې دلاندې اوباندې فلزي تختوترمنځ برېښنايز شارټي Short circuit منځ ته راشي .

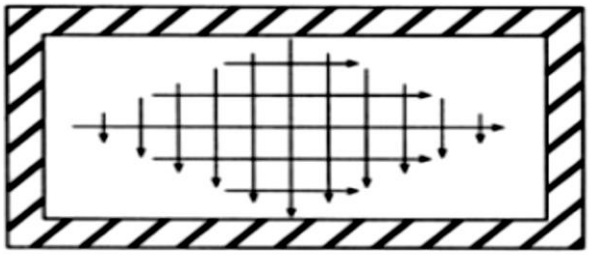
په دوديزه توګه دمختصاتوسيستم داسي ټاکل کيږي چې دفلزي تختوپلنوالی a دافقي محور x سره موازي وي ، دفلزي تختو ښي خواوکين خواديوالونه دعمودي محور y سره موازي وي اودفلزي تختوطول د z محورسره موازي وي.



۸- ۹شکل : دڅپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله فزيکي جوړښت اودمختصاتوسيستم تر منځ اړيکې کښل شوې دي . دنوموړي جوړښت طول په z ، پلنوالی په a اوارتفاع يې په b ښوول شوې ده . ماخذ (51)

په عادی توګه دڅپوانتقال کوونکی جوړښت چې درې ګيګاهرځ 3 GHz الکترومقناطيسي څپې پکې خپريږي ارتفاع يې لږڅه درې سانتې متره $b = 3\ cm$ اوپلنوالی يې اوه سانتي متره $a = 7\ cm$ ټاکل کيږي. دنوموړې کړنلارې پر اساس دالکترومقناطيسي څپې نيمايي طول $\lambda_{1/2} = a = 7\ cm$ دانتقال کوونکي جوړښت پلنوالي سره مساوي کيږي.

په ۸- ۸ شکل کې ددواړوفلزي تختولاندې اوباندې څنډې خواوي ديوبل سره په هادي توګه نښلول شوې دي.



۸- ۸ شکل : ددواړوفلزي اوموازي تختو ښي خوا اوکين خواڅنډې ديوبل سره په هادي توګه نښلول شوې دي . په پايله کې يومستطيل ډوله جوړښت منځ ته راځي چې څلورخواې يې فلزي ديوالونه لري او منځ يې تش دی. دنوموړې کړنلارې په مټ دڅپوانتقال کوونکي بنسټيزجوړښت ترلاسه کيږي. ماخذ (52Zin)

په ۸- ۸ شکل کې دبرېښنايز ساحې E اومقناطيسي ساحې B کرښې يوپربل باندې عموداً کښل شوي دي

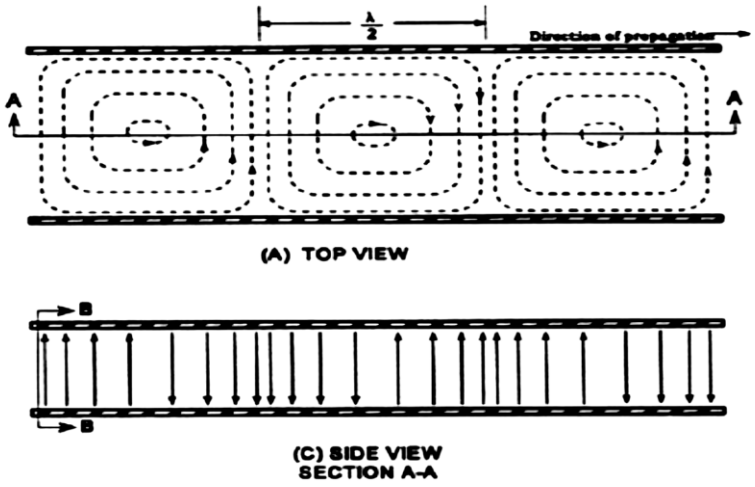
دبرېښنايزساحې وکټورونه دپاس تختي څخه عموداً د لاندې تختې خواته کښل شوي دي. همدارنګه دورته مقناطيسي ساحې کرښې B دکښې خواتختې څخه په افقي سمت کې د ښي خواتختې خواته په وکټورونو کښل شوي دي . دمقناطيسي ساحې کرښې B دبرېښنايزساحې E په وکټورونوباندې عموداً ولاړې دي.

دمقناطيسي ساحې کرښې دلاندې فلزي عرضي سطحې سره موازي کښل شوي دي .

څرنګه چې دمستطيل ډوله جوړښت په ښي خواڅنډه کې اوهمدارنګه په کښې خواڅنډه کې د برېښنايز ساحې شدت بيخي صفرکيږي $E = 0$،نوله دې کبله کولای شوچې ددواړوفلزي اوموازې لاندې باندې تختوڅنډې خواوي ديوبل سره په هادي توګه ونښلوو .

په ۸- ۸ شکل کې نومورې کړنلاره ترسره شوې ده اولوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې دمستطيل ډوله جوړښت په اوږدوکې z خپريږي.

دحيرانتياخبره خوداده چې اوس دلاندې اوباندې فلزي تختوتر منځ برېښنايز شارټې منځ ته نه راځي که څه هم ديوه هادی تختي په مټ سره ونښلول شوي دي.



.

۸- ۹ شکل :: دڅپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په اوږدو z کې لوړفريکونسي الکترومقناطيسي څپې کرښې ښوول شوې دي چې دکښې خواڅخه ښي خواته خپريږي.ماخذ (52 Zin)

په پورتنۍ (A)Top view شکل کې دڅپوانتقال کوونکي د ليدسطحه دپاس خواڅخه ليدل کيږي . دپاس خواڅخه دمقناطيسي ساحې تړلي حلقوي خطونه په پرې شووکرښوباندې شوول شوي دي . دمقناطيسي ساحې تړلې لړڅه دايروې شکله حلقي دبرېښنايز ساحې پرشاوخواعموداً راتاوی شوې دي . دڅپې انتقال کوونکي دمحور په اوږدوکې يوه سطحه پرې شوې ده چې په A-A سره کښل شوې ده .

په لاندې **c** شکل کې side view section A-A دڅپوانتقال کوونکي د A-A پرې شوې سطحه دڅنګ خواڅخه ليدل کيږی اود برېښنايز ساحې کرښې داهتزازسره په هم غږی کې دلاندې اوباندې تختوتر منځ عمودولاړې دی .

په ۸- ۹ شکل کې دڅپوانتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې داهتزاز موډ Mode ته عرضي برېښنايزموډ ويل کيږي اولنډيزيې په TE-Mode کښل کيږي.

دڅپي انتقال کوونکي جوړښت موډونه : (Waveguide modes)

کله چې الکترومقناطيسي څپې Electromagnetic waves (EM) په ازاده فضاء کې دنورپه سرعت c خپريږي نوبرېښنايزساحه E(x,y,z,t) اومقناطيسي ساحه B(x,y,z,t) د خپرېدنې په سمت باندې دواړه عمود ولاړې وي .برسيره پردې برېښنايزساحه اومقناطيسي ساحه په خپل منځ کې هم يوپربل باندې عمود $E \perp B$ ولاړې وي. په داسې حال کې چې د برېښنايز ساحي برخه $E_z = 0$ اومقناطيسي ساحې برخه $B_z = 0$ دڅپود خپرېدنې په سمت کې z صفرقيمت لري.

خوکله چې الکترومقناطيسي څپې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت منځ ته ورننوځي نودالکترومقناطيسي څپويادشوي خواص بدليږي اوداهتزازټاکلې ډولونه يعنې موډونه modes منځ ته راځي. :

الکترومقناطيسي څپې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د ماکسول معادلو پر اساس خپريږي. په نوموړي جوړښت کې د ماکسول معادلې دحل لپاره دحل جملي دتيوري له پلوه لايتناهي شمېر لري، خو دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره دالکترومقناطيسي څپوداهتزازيوازې ټاکلي ډولونه په بله معنی موډونه خپريدلای شي.

دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې معادلې دحل جملو داهتزاز توپيرلرونکوبڼوته موډونه modes ويل کيږي .

بلخواهريوموډځانته ټاکلی فريکونس ،د برېښنايز ساحې ټاکلې بڼه اوهمدارنګه دمقناطيسي ساحې ټاکلې بڼه لري. برسيره پردې هرموډ د خپرېدنې يوځانګړی سمت لري polarization چې يوازې په همغه سطحه کې اهتزازکوي .

موږغواړوچې د ماکسول معادلې دحل هغه جمله ولټووچې برېښنايز ساحه دبشپړاهتزازپه ډول بڼه ولري اونه هغه دحل جمله چې کمزوري اهتزاز بڼه damped oscillation ولري.

که څه هم د ماکسول معادلودحل لپاره دحل ډيرې جملې شته دي خودسرحدي شرطونوپه کارولوسره دنوموړې معادلوپه مټ هغه مجازموډونه allowed modes په پام کې نيسو چې دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې خپريدلای شي

دڅپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې هم مهال ډېرموډونه خپريدلای شي چې دهغوی دڅپې طول يودبل سره توپيرلري اوپه پايله کې زورورې برېښنايزساحې منځ ته راځي.

دڅپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې لاندې موډونه خپريدلای او دبهرڅخه تحريک کيدلای شي

عرضي برېښنايزموډ : Transverse electric (TE) modes :

عرضي برېښنايزموډ (TE) modes د څپې داهتزازهغوموډونو ته ويل کيږي چې دالکترومقناطيسي څپې ټولې برېښنايزساحې برخې E د خپرېدنې په سمت z باندې عموداً ($E \perp z$) اهتزازکوي او د خپرېدنې په سمت z کې د برېښنايز ساحې برخه $E_z = 0$ صفرقيمت لري .

دنوموړې موډبله ځانګړتياداده چې د خپرېدنې په سمت z کې دمقناطيسي ساحې برخه B_z اهتزازکوي اوله دې کبله دصفر څخه مخالف $B_z \neq 0$ قيمت لري. کله کله عرضي برېښنايزموډ ته مقناطيسي څپې هم ويل کيږي اوپه *H modes* باندې بشوول کيږي. داځکه چې د خپرېدنې په سمت Z کې مقناطيسي څپې اهتزازکوي خودبرېښنايزڅپې برخه $E_z = 0$ صفرقيمت لري .

. دځپوانتقال کوونکی مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې د عرضي برېښنایز ساحې برخې اومقناطیسي ساحې برخې په لاندې ډول دي.

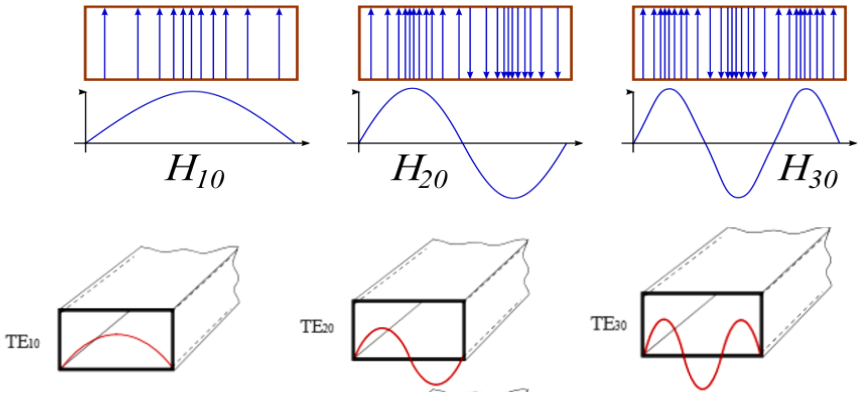
$$\vec{E} = (E_x . E_y . 0) \qquad (8,19)$$

$$\vec{H} = (H_x . H_y . H_z) \qquad (8,20)$$

څرنګه چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې الکترومقناطیسي څپې د ماکسول معادلو پر اساس خپریږي اوبلخوانوموړې معادلې ډیرحلونه لري نوله دې کبله دسرحدي شرطونوپه پام کې نیولوسره دځپوداهتزازلایتاهي موډونه Modes ترلاسه کیږي. دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دځپودتداخل په پایله کې ولاړې څپې تولیدکیږی . دولاړوالکترومقناطیسي څپودغوټو Nodes اودضدغوټو Antinodes ځانګړی ځایزویش ته دځپوموډ Mode هم ویل کیږي.

په دودیزه توګه د عرضي برېښنایزساحې داهتزازموډونه (TE) modes په TE_{mn} سره ښوول کیږي.

- لومړی اندکس m = 0,1,2.. دځپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالي a په ساره برخه کې Number of ½-wavelength دبرېښنایزځپې د طول نیمایي شمېر ښیي . په بله معنی دځپې اعظمي مثبت دامنوشمېرپه ګوته کوي.
- دویم اندکس n = 0,1,2..... دځپوانتقال کوونکي جوړښت دارتفاع b < a په ساره برخه کې Number of ½-wavelength دبرېښنایزځپې طول نیمایي شمېر رابنیي. په بله معنی دځپې اعظمي منفي دامنوشمېرپه ګوته کوي.



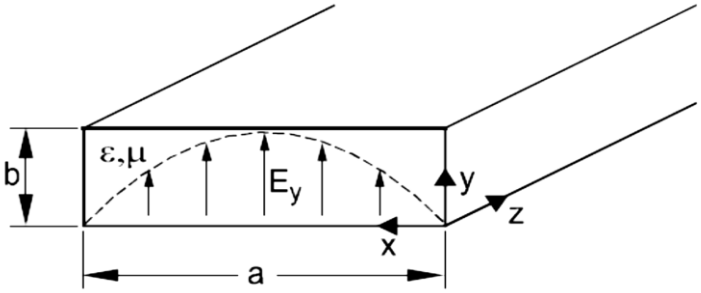
۸- ۱۰شکل : دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت په پلنوالي برخه **a** کې د عرضي برېښنایزساحې (TE) modes داهتزازدرې ډوله موډونه $TE_{10}(H_{10}), TE_{20}(H_{20}), TE_{30}(H_{30})$ کښل شوي دي . څرنګه چې د عرضي برېښنایزساحې (TE) modes په موډونوکې دمقناطیسي ساحې یوه برخه H دځپود خپرېدنې سمت z په اوږدوکې اهتزازکوي نوله دې کبله هغوی ته H_{10}، H_{20}, H_{30} نوم هم ورکړشوی دی.

دنوموړې شکل په لاندې برخه کې د عرضي برېښنایزساحې (TE) modes داهتزازپورتني درې ډوله مودونه دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې یوځل بیابنودل شوي دي .

په ۸- ۱۰ شکل کې n = 0 دا معنی لري چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت دارتفاع b په ساره برخه کې دبرېښنایزځپې طول نیمایي شمېر صفردی λ = 0 . 1/2 . همدارنګه m = 1,2,3 دا معنی لري چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالي **a** په ساره برخه

کې دبرښنايزځپې طول نيمايي شمېر $\lambda = 1,2,3$ 1/2. په خپل وارسره يو،دوه او ان تردې پورې رسيږي اوله دې کبله په خپل وارسره په $TE_{10}, TE_{20}, TE_{30}$ ښوول کيږي .

دځپوانتقال کوونکي جوړښت ترټولوپياوړی موډ داهتزاز $TE_{10} = H_{10}$ موډ تشکيلوي داځکه چې داهتزازټولوموډونوپه پرتله ټيټ پرې کوونکی فريکونسي cutoff frequency لري . په بله معنی دځپې طول يې ترټولونورومودونواوږددی .



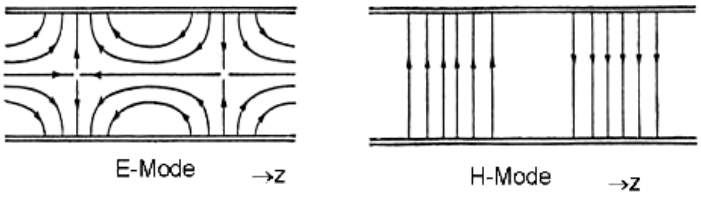
۸- ۱۱شکل : دځپوانتقال کوونکی مسيطيل ډوله جوړښت په ساره پلنه برخه **a** کې **د** عرضي برښنايزموډ $H_{10} = TE_{10}$ کرښې کښل شوې دي. نوموړي موډ ته مقناطيسي څپې هم ويل کيږي H_{10} waves داځکه چې مقناطيسي ساحه دنوموړي جوړښت د خپرښدنې محور په اوږدوکې z اهتزازکوي .ماخذ (35)

څرنګه چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دځپې ډيرډول موډونه خپريدلای شي خودالکترومقناطيسي څپودانرژي انتقال په موخه داهتزازترټولوپياوړي موډ TE_{10} څخه ګټه پورته کيږي. دنوموړي موډښې په ۸- ۱۱شکل کې کښل شوې ده.

عرضي مقناطيسي موډ Transverse magnetic (TM) modes

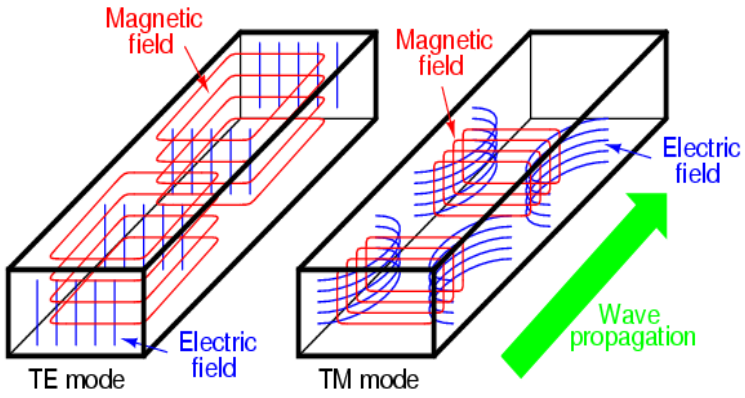
عرضي مقناطيسي موډ دالکترومقناطيسي څپې داهتزاز يوډول موډ دی (TM) mode چې دالکترومقناطيسي څپې مقناطيسي ساحه B د خپرښدنې په سمت z باندې عمودولاړه وي $(B \perp z)$ خو د خپرښدنې په سمت z کې دمقناطيسي ساحې برخه صفر قيمت $B_z = 0$ لري . په داسې حال کې چې د خپرښدنې په سمت z کې دبرښنايز ساحې برخه $E_z \neq 0$ دصفر څخه مخالف قيمت لري. عرضي مقناطيسي موډ ته کله کله برښنايزځپې E- waves اويا برښنايزموډ E-mode هم ويل کيږي داځکه چې د خپرښدنې په سمت کې يوازې دبرښنايز څپې برخه $E_z \neq 0$ اهتزازکوي. دځپوانتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت په مينځ کې د عرضي مقناطيسي موډ TM_{mn}-mode برښنايزساحې اومقناطيسي ساحې برخې په لاندې ډول دي.

$$\left.\begin{aligned}\vec{E} &= (E_x . E_y . E_z)\\ \vec{H} &= (H_x . H_y . 0)\end{aligned}\right\} \qquad (8,20)$$



۸- ۱۲شکل : دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې دبرښنايزځپې موډ د E-mode اودمقناطيسي څپې موډ H-mode کرښې د خپرښدنې په سمت z کې ښوول شوې دي. مأخذ (34)

- که چېرته مقناطيسي ساحه H د خپرېدنې په سمت Z باندې عمودولاړه وي اوبرېښنايزساحه د خپرېدنې په سمت z کې اهتزازکوي نويوه داسې موډته برېښنايزموډ E-mode ويل کيږي .
- که چېرته برېښنايز ساحه E د خپرېدنې په سمت Z باندې عمودولاړه وي اومقناطيسي ساحه H د خپرېدنې په سمت z کې اهتزازکوي نويوه داسې موډته H-mode ويل کيږي . ماخذ (49)



۸- ۱۳شکل : دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې د عرضي برېښنايزساحې موډ TE mode او عرضي مقناطيسي ساحې يوه ځانګړي موډ TM mode کرښې ښوول شوي دي . دمقناطيسي بهيرکرښې ترڅې حلقې دي اودبرېښنايزبهيرکرښې ديوه ځای څخه پيل کيږي اوپه بل ځای کې ختم کيږي. دنوموړوځپود خپرېدنې سمت په يوه پنډ وکټورکښل شوی دی. ماخذ (51)

عرضي الکترومقناطيسي موډ : (Transverse electromagnetic (TEM) modes)

عرضي الکترومقناطيسي موډ دالکترومقناطيسي څپې داهتزاز يوډول موډ دی (TEM) mode چې دالکترومقناطيسي څپې مقناطيسي ساحه B او برېښنايزساحه E دواړه د خپرېدنې په سمت z باندې عمود $(B, E \perp z)$ ولاړې وي . دنوموړې موډ بله ځانګړتياداده چې دځپې د خپرېدنې سمت z په اوږدوکې دبرېښنايزساحې برخه $E_z = 0$ اوهمدارنګه دمقناطيسي ساحې برخه $B_z(H_z) = 0$ صفرده.

دپام وړده چې د عرضي الکترومقناطيسي موډ څپې دشريک محورکيبل په منځ کې Coaxial cable خپريدلای شي خودځپوانتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې نه شي خپريدلای.

د عرضي الکترومقناطيسي څپې ډول موډ، دبرېښنايزساحې برخې اومقناطيسي ساحې برخې په لاندې ډول ليکو:

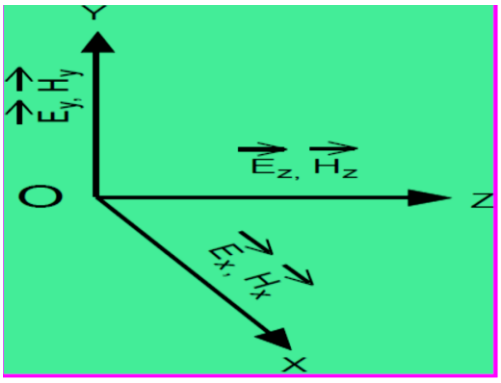
$$\vec{E} = (E_x . E_y . 0) \qquad (8,22)$$

$$\vec{B} = (B_x . B_y . 0) \qquad (8,23)$$

د عرضي الکترومقناطيسي څپې ډول موډ لنډيز په TEM سره کيږي.

دياډلووړده چې دځپوانتقال کوونکی مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې دعرضي برېښنايز ساحې موډونه TE modes اوهمدارنګه دعرضي مقناطيسي ساحې موډونه TM modes خپريدلای شي خو د عرضي الکترومقناطيسي څپې موډونه TEM modesنه شي خپريدلای .

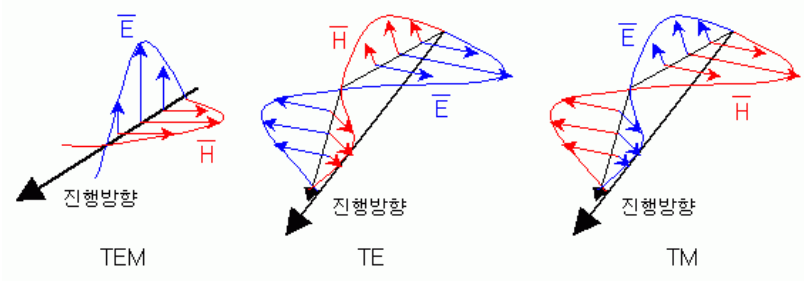
داځکه چې د عرضي الکترومقناطيسي موډ دبرېښنايزساحې برخه اومقناطيسي ساحې برخه دځپې د خپرېدنې په سمت کې صفردی.



۸- ۱۴شکل : دالکترومقناطيسي څپې برېښنايزساحې برخې اومقناطيسي ساحې برخې دقايم الزاويه مختصاتوپه سيستم کې ښوول شوې دي .

1) Transverse Electric (TE) mode عرضي برېښنايزموډ	$E_z = 0$ $B_z(H_z) \neq 0$
2) Transverse Magnetic (TM) mode: عرضي مقناطيسي موډ	$E_z \neq 0$ $B_z(H_z) = 0$
3) Transverse Electromagnetic (TEM)mode: عرضي الکترومقناطيسي موډ	$E_z = 0$ $B_z(H_z) = 0$

۸- ۱جدول : ددړې ډوله الکترومقناطيسي څپو دمقناطيسي اوبرېښنايزساحو داهتزازسمت او ځانګړتياوي راغونډې شوې دي .



۸- ۱۵ شکل دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې درې ډوله موډونه modes ښوول شوي دي چې د عرضي الکترومقناطيسي څپې TEM ، عرضي برېښنايز څپې TE اود عرضي مقناطيسي څپې TM په نوم يادېږي . ماخذ (49)

دځپې انتقال کوونکي جوړښت پرې کوونکی فریکونس :

(The cut off frequency of a waveguide)

دځپوانتقال کوونکی جوړښت داسې تخنیکي ځانګړتیاوې لري چې دهغه په منځ کې دیوه ټاکلې اوترټولوټیټ فریکونس څخه لاندې الکترومقناطیسي څپې اوزیګنالونه خپریدلای نه شي.

په بله معنی دنوموړې جوړښت په منځ کې یوازې هغه لوړفریکونسي الکترومقناطسي څپې اوزیګنالونه خپریدلای شي چې فریکونس یې f دیوه ټاکلې سرحدي قیمت $f > f_{cutoff}$ څخه پورته وي.

دالکترومقناطیسي څپې دموډ mode ترټولوټیټ فریکونس چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دخپریدلووړتیالري دنوموړې جوړښت پرې کیدونکی فریکونس f_{cutoff} = cutoff frequency په نوم یادیږي. نوموړي فریکونس ته بنسټیز فریکونس،یا سرحدي فریکونس اویابحراني فریکونس critical frequency هم ویل کیږي

دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت لپاره دالکترومقناطیسي څپې دموډ TE_{mn-} mode پرې کیدونکی فریکونس $(f_c)_{mn}$ په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$(f_c)_{mn} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\varepsilon}}\sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad [Hz] \quad (8,24)$$

بلخواځرنګه چې دفریکونس او دځپې طول $\lambda = \frac{v_{phase}}{f}$ ترمنځ برعکس اړیکې شته دي، نودځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې یوازې هغه الکترومقناطسي څپې خپریدلای شي چې دځپې طول یې دځپې پرې کیدونکي طول Cutoff wavelength څخه کوچنی وي.

دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت لپاره دځپوپرې کیدونکی طول $(\lambda_c)_{mn}$ په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$(\lambda_c)_{mn} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}} \quad [m] \qquad (8,25)$$

په (8,25) او (8,24) معادله کې :

- $m.n \geq 0$ دځپې داهتزازموډونو modes شمېره ده
- a : دځپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالی دی اوپه واحد مترm اندازه کیږي.
- b : دځپوانتقال کوونکي جوړښت ارتفاع ده $(b < a)$ اوپه واحدمتر m اندازه کیږي
- د عرضي برېښنایزموډونو TE_{mn} لپاره $m.n \geq 0$ قیمت لري خو دواړه په یوه وارېایدصفر $(m = n = 0)$ نه وي
- د عرضي مقناطیسي څپې TM_{mn} لپاره $m.n \geq 1$ قیمت ولري
- m : دځپوانتقال کوونکي جوړښت دپلنوالي a په اوږدوکې د برېښنایز ساحې دنیمایي څپوطول Number of ½-wavelength

شمېر دی

n : دځپوانتقال کوونکي جوړښت دارتفاع b په اوږدوکې د برېښنایز ساحې دنیمایي څپوطول Number of ½-wavelength شمېر دی .

که چېرته $a = 1/2\ \lambda$ وټاکل شي ، نوداهتزازډول موډ دځپوداهتزازهغه موډ mode دی چې ترټولوکوچنی پریکونکي فریکونس لري خوترټولواعظمي پرې کوونکي څپې طول لري .

(8,24) معادله په ډاګه کوي چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت هندسي بعدونه لکه دپلنوالي a طول اودارتفاع b طول په مټ ټاکل کیږي چې دالکترومقناطسي څپې داهتزازکوم ډول موډونه په نوموړي جوړښت کې دخپریدلووړتیالري .

په صنعت کې دګټې اخیستلوپه موخه دځپو انتقال کوونکی مستطیل ډوله جوړښتونوپلنوالی a اوارتفاع b ستاندارداندازه لري چې په ټاکلي فریکونس ساحو frequency باندې ویشل شوي دي. داځکه چې دنوموړي هندسي جوړښت پر اساس دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې خپریدونکي زیګنالونه یوبل نه سره تخریب کوي اوهمدارنګه تداخل هم منځ ته نه راځي.

لکه :L band, S band, C band, X band اوداسې نور.

د بېلګې په توګه WR90 دمستطیل ډوله جوړښت نوم دی چې دفریکونس اکس بند په ساحه کې x-band region کې کارکوي.

د اکس بند فریکونس ساحه (8,2 - 12,5 GHz) په منځ کې پرته ده.

دیادولووړه چې د اکس بند لاندنی سرحد lower boundary په تخنیکي تړاوداسي ټاکل کیږي چې دپریکیدونکي فریکونس څخه دیرش سلنه 30% لوړقیمت لري. همدالامل دی چې دWR90 لاندنی سرحد لړځه اته ګیګاهرڅ 8,2 GHz قیمت لري. په داسې حال کې چې د $TE_{1,0}$ Mode موډریښتونی پرې کیدونکی فریکونس 6,562 GHz قیمت لري .

دورپسې دویم موډ $TE_{2,0}$ Mode پرې کیدونکی فریکونس ان لړځه دیارلس ګیګاهرڅ 13,123 GHz قیمت لري ،نوله دې کبله د WR90 دمستطیل ډوله جوړښت په اکس بندکې نه شي خپریدلی . پایله یې داده چې په نوموړي جوړښت کې یوازې داهتزازترټولوټیټې درجې موډ ، پرې کیدونکی فریکونس 6,562 GHz خپریدلای شي.

په بله معنی د اکس بند (x-Band(8,2-12,5 GHz په ساحه کې یوازې عرضي برېښنایزځپې موډ $T_{1,0}$ دمستطیل ډوله جوړښت په منځ کې خپریدلای شي خود $TE_{2,0}$ Mode موډ نه شي خپریدلای .

د عرضي برېښنایز ساحې موډونو $TE_{m,n}$ Mode لپاره پرې کیدونکي فریکونسونه $f_{c,mn}$ محاسبه شوي دي

m	n	$f_{c,mn}$(GHZ)
1	0	6,562
2	0	13,123
0	1	14,764
1	1	16,156

۸- ۲جدول : دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت WR90 لپاره داهتزازترټولوپیاوړي موډ $T_{1,0}$ Mode اوهمدارنګه دنورومودونولکه $T_{1,1}$;$T_{0,1}$;$T_{2,0}$ پرې کیدونکي فریکونسونو Cutoff frequency محاسبه ښوول شوې ده.

دېلګې په توګه که چېرته دمستطیل ډوله څپوانتقال کوونکي جوړښت پلنوالي a =2,286 cm اوارتفاع يې b =1,016 cm وټاکونود (8,18) معادلې له مخې دځپوداهتزازتوپیرلرونکي موډونه modes محاسبه کولای شو. نوموړي بعدونه د WR90 څپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت سره برابردی او محاسبه يې په ۸- ۲جدول کې ښوول شوې ده.

داهتزازترټولوپیاوړي موډ $T_{1,0}$ Mode پرې کیدونکی فریکونس شپږګیګاهرځ $f_{c,mn} = 6,562$ (GHZ) قیمت لري اوداهتزاز $T_{1,1}$ موډ پرې کیدونکی فریکونس 16,156 GHz قیمت لري .

پایله يې داده چې یوازې هغه عرضي برېښنایز څپې چې فریکونس يې دنوموړې پرې کیدونکي فریکونس څخه لږځه پورته وي دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت WR90 په منځ کې خپریدلای شي.

دځپوWR90 جوړښت په ډېرې سره درادار Radar په سیسټم کې کارول کیږي.

د ۸- ۲جدول څخه مالومیږي چې پاتې ټول موډونه لکه $T_{1,1}$;$T_{0,1}$; $T_{2,0}$ دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت WR90 په منځ کې نه شي خپریدلای .

داځکه چې د اکس بند (x-Band(8,2-12,5 GHz په ساحه کې شامل نه دي .

په پایله کې ویلای شو چې دځپوانتقال کوونکی جوړښت دیوه داسې فیلتر high-pass filter په ډول کارکوي چې لوړفریکونس ټاکلي الکترومقناطیسي څپې ورځخه تیریدلای شی خودټاکلي ټیټ فریکونس $(f_c)_{mn}$ څخه لاندې الکترومقناطیسي څپې ورځخه نه شي تیریدلای. په تخنیکي ټراوداسې معنی لري چې دځپوانتقال کوونکی جوړښت یوازې دراډیوځپې په ساحه کې کارورکوي.

په نوموړې جوړښت کې دمایکروځپې دفریکونس یوه ټاکلې ساحه range خپریدلای شي. که چېرته دفریکونس ساحي مرکزي برخه په f_c وښیو ، نود څپو انتقال کوونکي جوړښت دکارکولوساحه په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$f_{\text{center}} = \frac{c}{2a} \qquad (8,26)$$

$$f_{high} = 1,89 f_{center}$$

$$f_{\text{low}} = 1,25 f_{\text{center}}$$

په (8,26) معادله کې a دځپو انتقال کوونکي جوړښت پلنوالی دی،f_{high} دمایکروځپې ترټولولوړفریکونس دی ،f_{low} دمایکروځپې ترټولوټیټ فریکونس دی ، او $(f_{high} - f_{\text{low}})$ دنوموړي جوړښت دفریکونس هغه ساحه ده چې دکارکلووړتیالري. دنورسرعت په c ښوول شوی دی. نوموړې معادله په ګوته کوی چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت لکه دیوه فیلترپه توګه کارکوي چې دمایکروځپې دفریکونس ټاکلې ساحې bandwidth ته انتقال ورکوي .

دفریکونس داساحه $(f_{high} - f_{\text{low}})$ ترټولویولوړفریکونس اوترټولویوټیټ فریکونس لري.که څه هم دالکترومقناطیسي زیګنالونوګڼ شمېرموډونه modes شته دي چې دځپوانتقال کوونکی جوړښت په منځ کې خپریدلای شي ،خوترټولوپیاوړی موډ هغه یودی چې ترټولوټیټ پرې کوونکی فریکونس ولري.

دځپوداهتزازهغه موډ mode چې ترټولوکوچنی پرې کوونکی فریکونس لري دپیاوړي موډ dominant mode په نوم یادیږي. نوموړی موډهغه مهال منځ ته راځي کله چې دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت د پلنوالی طول $(a = 1/2\,\lambda)$ یوخوا دځپې طول نیمایې برخې

سره مساوي شي اوبلخوادنوموړي جوړښت دارتفاع b په اوږدوکې د برېښنايز ساحې دنيمايي څپوطول شمېر $n = 0$ صفروي. نوموړي مطلب د عرضي برېښنايزساحې TE_{10} لپاره په لاندې ډول ليکو

$$TE_{mn} = TE_{10}(m = 1 . n = 0) \qquad (8,27)$$

کله چې د (8,27) معادلې قيمتونه په (8,18) معادله کې واچوونودمستطيل ډوله جوړښت لپاره داهتزاز TE_{10} ترټولوکوچنی اوپياوړی پرې کوونکی فريکونس $(f_c)_{10}$ ترلاسه کيږي اومساوي دی له :

$$(f_c)_{10} = \frac{1}{2a\sqrt{\mu\varepsilon}} = \frac{c}{2a} \qquad (8,28)$$

په (8,28) معادله کې c دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دځپوخپريدنکی سرعت په واحدمتر په ثانيه دی، او a دنوموړي جوړښت ترټولواوږدبعد په واحد متردی .

دېلګې په توګه که چېرته د دځپوانتقال کوونکي جوړښت دپلنوالي طول $a = 3cm$ وټاکونود عرضي برېښنايز ساحې داهتزازپياوړي موډ TE_{10} پرې کوونکی فريکونسي $(f_c)_{10}$ لاندې قيمت ځانته غوره کوي.

$$(f_c)_{10} = \frac{c}{2,a} = \frac{299792458\ m/s}{0.06m} = 5\ GHz \qquad (8,29)$$

د (8,29) معادلې محاسبه په ډاګه ګوی چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې $a = 3\ cm$ د عرضي برېښنايزساحې هغه ډول موډونه (TE) modes خپريدلای شي چې فريکونس يې د پنځه ګيګاهرځ $5\ GHz$ پرې کيدونکي فريکونس $f > f_{cutoff}$ څخه پورته وي.

بلخواد عرضي برېښنايزساحې موډ TE_{10} لپاره چې $m = 1$ او $n = 0$ قيمت لري يعنې $(TE_{mn} = TE_{m=1.n=0})$ ترټولواوږده څپه اويا په بله معنی اعظمي څپه $(\lambda_c)_{maximum}$ چې دمستطيل ډوله څپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې خپريدلای شي په لاندې ډول محاسبه کوو.

$$(\lambda_c)_{maximum} = (\lambda_c)_{10} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{0}{b}\right)^2}} = 2a \qquad (8,30)$$

(8,30) معادله کې په ډاګه کوي چې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د عرضي برېښنايزساحې (TE) modes هغه موډونه خپريدلای شي چې دځپې طول يې دځپوانتقال کوونکي جوړښت دپلنوالي a دوه چنده اويا کوچنی قيمت ولري. دمستطيل ډوله څپوانتقال کوونکي جوړښت ترټولواوږدې څپې $(\lambda_c)_{maximum}$ ته سرحدي څپه هم ويل کيږي.

لوړفريکونسي 3-30 MHz	
منځنی فريکونس 300-3000 KHz	
ټيټ فريکونس 30 - 300 KHz	
پرېکوونکی فريکونس Cut off frequency	

۸- ۱۵ شکل : دځپوانتقال کونکي جوړښت په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې مسيردتوپيرلرونکوفريکونسونولپاره دوکټورونوپه څوکه ښوول شوې دی . دځپې لويدونکې زاويه اودانکسارزاويه دفريکونس سره مطابق تغيرکوي. ماخذ (44)

په ۸- ۱۵ شکل کې ښوول شوې ده چې که چېرته الکترومقناطيسي څپې يوه تش مستطيل ډوله فلزي جوړښت ته ورننوځی ، نودښی خواواوکينې خواپه مقابل ديوالونوباندې لګيږي اوپرلپسې دنوموړې جوړښت دپلنوالې په اوږدوکې **a** انعکاس کوي . دنوموړي جوړښت پلنوالی دافقي محور **x** سره موازي ټاکل شوی دی .

په پايله کې الکترومقناطيسي څپې دنوموړي جوړښت په اوږدوکې z سم سيخ نه خپرېږي بلکې پرلپسې کږې وړې يعنې زيګ زګ zigzag انعکاس کوي .

دالکترومقناطيسي څپوکوړووړ مسيردفريکونس سره برابر تغيرکوي اوپه ۸- ۱۵ شکل کې ښوول شوی دی.

دبيلګې په توګه :

- لوړفريکونس 3-30 MHz

دځپولويدونکي زاويه اوانعکاس کوونکې زاويه يودبل سره مساوي دي اودځپومسير کوړووړ زيګ زګ zigzag بڼه لري . دځپو ځايز شمېر $k = \omega\sqrt{\mu\varepsilon}$ دځپې خپرېدنې سمت رابنيي اوپه وکتورونوکښل شوي دی .دځپودمسيرطول ترټولواوږددی .

- منځنی فريکونس : 300-3000 KHz

دځپولويدونکي زاويه اوانعکاس کوونکې زاويه يودبل سره مساوي دي خودلوړفريکونس په پرتله کوچنی ده. دځپومسير زيګ زګ zigzag بڼه لري خوطول يې دومره اوږدنه دی.

- ټيټ فريکونس : 30 - 300 KHz

دځپولويدونکي زاويه اوانعکاس کوونکې زاويه يودبل سره مساوي دي خودمنځني فريکونس په پرتله کوچنی ده. دځپومسير ډير زيګ زګ zigzag بڼه لري خوطول يې دلوړفريکونس په پرتله ډيرلنډدی .

- دځپوړې کوونکی فریکونس : Cut off frequency

دځپوړې کوونکی فریکونس دځپوانتقال کوونکي جوړښت هغه فریکونس دی چې دځپولویدونکې زاویه اوانعکاس کوونکې زاویه دنوموړې جوړښت په مقابل دیوالونوباندې عمود اودصفرسره مساوي ده ،نوله دې کبله دځپو خپرېدنې کړنلاره په ټیپه دریږي .

خودځپوجبهه wavefront پرلپسې دځپوانتقال کوونکي جوړښت په دیوالونوباندې مخ خواته او بېرته څټ خوا ته انعکاس کوي. په پایله کې ولاړې څپې منځ ته راځي اودځپوانتقال کوونکي جوړښت په اوږدوکې هیڅ ډول انرژي نه انتقال کیږي. دځپوانتقال کوونکی هرډول جوړښت خپل ځانته ځانګړی پرې کوونکی فریکونس لري چې دنوموړې فریکونس څخه دلاندې ،داړونده څپې دامنه دایکسپونینشل تابع exponentially په توګه کمښت مومي .

دنوموړي مطلب دپوهیدلوپه موخه دمستطیل ډوله فلزي پایپ په منځ تشه فضاء کې دالکترومقناطیسي څپې دمعادلې (8,6) حل لپاره د برېښنایز ساحې $E_{y.}$ دحل جمله یوځل بیا لیکو.

مأخذ(33*Fey*)

$$E_y = E_0 e^{i(\omega t - k_z z)} \sin k_x x \qquad (8,30a)$$

کله چې د برېښنایز ساحې $E_{y.}$ دحل جمله $(8,30a)$ دالکترومقناطیسي څپې په معادله (8,6) کې واچوونوپایله کې لاندې معادله ترلاسه کیږي :

$$\left(\frac{\pi^2}{a^2}\right) + k_z^2 - \frac{\omega^2}{c^2} = 0 \qquad (8,30b)$$

$(8,30b)$ معادله د z محورپه اوږدوکې دځپې ځایزوکټور k_z په تړاودویمه درجه معادله ده اودحل جمله یې لاندې بڼه لري :

$$k_z = \pm\sqrt{\left(\frac{\omega^2}{c^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{a^2}\right)} \qquad (8,30c)$$

د $(8,30c)$ معادلې څخه په څرګندډول مالومیږي چې که دالکترومقناطیسي څپې فریکونس ω د یوه ټاکلي بحراني فریکونس $\omega_c = \frac{\pi c}{a}$ څخه کوچني شي ، نودجذرمربع په منځ کې کمیت منفي قیمت ځانته غوره کوي. په پایله کې دځپې خپرېدنې ځایزشمېر k_z مجازي کیږي .

$$k_z = \pm ik' \qquad (8,30d)$$

په $(8,30d)$ معادله کې k' یوحقیقي مثبت عددی اومساوي دی له :

$$k' = \sqrt{\left(\frac{\pi^2}{a^2}\right) - \left(\frac{\omega^2}{c^2}\right)} \qquad (8,30e)$$

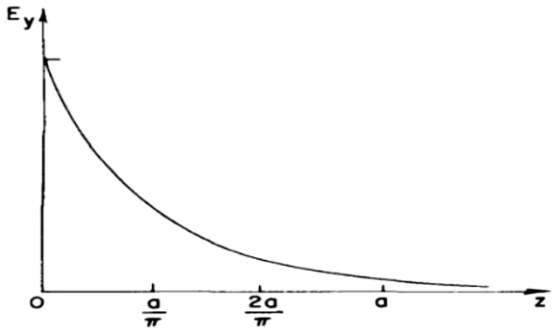
کله چې د $k_z = \pm ik'$ مجازي قیمت دالکترومقناطیسي څپې د معادلې حل په جمله $(8,30a)$ کې واچوو،نولروچې : . ماخذ (33*Fey*)

$$E_y = E_0 e^{i(\omega t \pm ik')} \sin k_x x \qquad (8,30f)$$

$$E_y = E_0 e^{\pm k'} \sin k_x x \; e^{i\omega t} \qquad (8,30f)$$

$(8,30f)$ معادله په ډاګه کوي چې د برېښنایز ساحې برخه E_y دوخت په تړاولکه ایکسپونینشیل تابع $e^{i\omega t}$ اهتزازکوي خودځپوانتقال کوونکي ځایزمحور z په اوږدوکې دایکسپونینشیل تابع په ډول $e^{\pm k'}$ کمښت مومي .

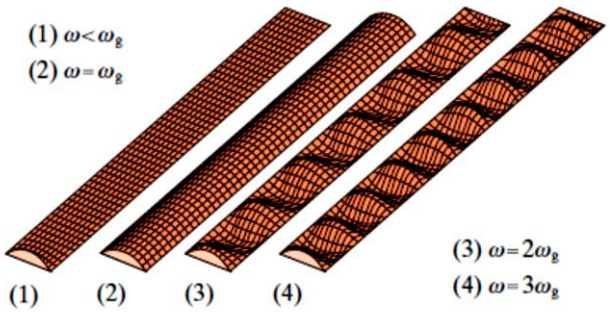
پایله یې داده چې که چېرته دالکترومقناطیسي څپې فریکونس ω دیوه ټاکلي بحراني قیمت $(\omega < \omega_c = \frac{\pi c}{a})$ څخه راټیټ شي ، نو دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې الکترومقناطیسي څپې نه شي خپریدلای. په ۸-۱۶ شکل کې نوموړې کړنلاره دګراف په توګه کښل شوې ده.



With kind permission of c) California Institute of Technology, Michael Gottlieb & Rudolf Pfeiffer"

۸-۱۶ شکل : که چېرته دالکترومقناطیسي څپې برېښنایزساحې E_y فریکونس ω دځپوانتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت پریکوونکي فریکونس ω_c څخه ډیرکوچنی وي ، $\omega \ll \omega_c$ ،نودبرېښنایزساحې E_y دامنه دنوموړې جوړښت په اوږدوکې z د خپرېدنې وړتیانه لري بلکې دایکسپونینشل تابع exponentially په توګه کمښت مومي . دبرېښنایزساحې E_y دامنه دځپې انتقال کوونکي دپلنوالي a په دریېمه برخه فاصله کې $\frac{a}{3}$ لرځه اوه دیرش سلنه 37% کمښت مومي .ماخذ (48 Feyn)

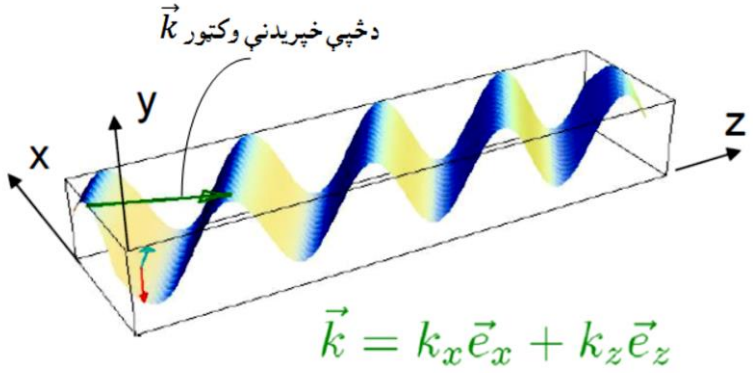
دفزیک په څانګه کې کله چې موږیوه معادله حل کړواوپه پایله کې یومجازي عددی لاس ته راشي نوپه فزیکي تړاوکومه معنی نه لري . خوپه همدې پورتنی بیلګه کې څرګنده شوه چې دځپې معادلې دحل په کړنلاره کې مجازي عددهم اعتبارلري . په دې معنی چې که څه هم دځپې معادله دمجازي حل جملې په مټ حل کیږي خوتوپیریې دحقیقي حل جملې سره دادی چې خپریدونکې څپې نه دي بلکې دایکسپونینشیل تابع په توګه کمښت مومي .



with kind permission of Gerthsen Physik (38)

۸-۱۷شکل : دځپوانتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د عرضي برېښنایز څپې (TE) modes څلورموډونه ښوول شوي دی چې توپیرلرونکی فریکونس ω لري. دکښ خواڅخه ښي خواته د عرضي برېښنایز څپې فریکونس ω دنوموړې جوړښت پریکیدونکي فریکونس ω_g په پرتله په خپل وارسره مساوي دی له یوچنده $\omega = \omega_g$ ،دوه چنده $\omega = 2\omega_g$ اودرې چنده $\omega = 3\omega_g$ قیمت لري . مأخذ(38Mes)

څرنګه چې دشکل په لومړی برخه کې (1) د عرضي برېښنایز څپې فریکونس ω دسرحدي فریکونس ω_g څخه کوچنی دی نوله دې کبله عرضي برېښنایز څپه نه شي خپریدلای.



۱۸-۸ الف شکل : دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله جوړښت په منځ کې دهمواري plane الکترومقناطیسي څپې درې بعده بڼه ښوول شوې ده چې د z محورپه اوږدوکې خپریږي. دځپې خپرېدنې ځایزوکټور $\vec{k}$ دځپې خپرېدنې سمت رابنیي اودځپې په جبهه wavefront باندې عمودولاړدی.

په نوموړي شکل کې څرګندیږي چې که دالکترومقناطیسي څپې د معادلې حل جمله حقیقي بڼه ولري ، نودځپې برېښنایزساحه دځپې انتقال کوونکي جوړښت په اوږدوکې برخلاف دمجازي حل جملې د سایندوله څپې sine wave په توګه خپریږي.

اهتزازکوونکی : Resonator

په ټولیزه توګه اهتزازکوونکی یعنې رزېنټر resonator یورپېدونکي اویاپه مسلکي ژبه اهتزازکوونکي سیستم ته ویل کیږی چې دهغه بعدونه په یوه ټاکلې طبیعي فریکونس اویاډیرو ټاکلوطبیعي فریکونسو نو باندې داسې همغږې شوې وي چې کله رزېنټر دبهرخواځخه دټاکلو فریکونسونو په مټ تحریک شی نویوازې په خپل طبیعي فریکونسونو باندې اهتزازکوي. درزېنټرخپلیز همغږي فریکونسونوته طبیعي اهتزازونه Natural oscillations ویل کیږي .

په بله معنی دیوه رزېنټر resonator ځانګړي خواص دادی چې که دبهر خواځخه دفریکونس جنراتورپه کارولوسره دخپل طبیعي اهتزازونوپه فریکونسونو سره تحریک شي نودنورو اهتزازونوپه پرتله د رزېنټر دامنه (امپلېتودAmplitude) پرلپسې سترېږي او خورا ډېر لوړقیمت ځانته غوره کوي . .

نوموړو فریکونسونو ته د رزېنټرخپل طبیعي رزونېنس فریکونسونه resonant frequencies ویل کیږی . یواهتزازکوونکی سیستم کېدای شي چې لایتناهي ډیر رزونېنس فریکونسونه ولري.

په داسې حال کې چې ترټولوټیټ رزونېنس فریکونسونه لاهم یودبل څخه په جوته توګه بېلېدلای شي ،خود رزونېنس لوړ فریکونسونه یودبل سره دومره نږدې اوځنګ په څنګ پراته دي چې بیلوالی یې ناشونی دی.

که څه هم یوخیالي اهتزازکوونکی داسې ځانګړتیاوې لري چې په دوامداره توګه اهتزازکوي پرته له دې چې انرژي یې ضایع شي، خویو ریښتونی اهتزازکوونکی له څه مودې څخه وروسته خپله ذخیره شوې انرژي له لاسه ورکوي اواهتزازنه کوي. همدالامل دی چې دبهرخواځخه دیوه فریکونس جنراتورپه مټ تحریک کیږي او انرژي ورته انتقال کیږي.

یوفزیکي سیستم کېدای شي چې دومره رزونېنس فریکونسونه ولري څومره چې د بعدونوپه اوږدوکې ازاداهتزازاوحرکت کولای شي . داهتزازوړخپلواک درجې ته degree of freedom ویل کیږي . یوفزیکي سیستم چې داهتزازپه تړاویودرجه

خپلواکي ولري، درزښتر فريکونس يې يودی. دبلګې په توګه لکه درقاصې pendulum رزښتر يودرجه خپلواکي لري نوله دې کبله يوفريکونس لري.

همدارنګه يوبرښنايزسرکټ چې ديوه خاذن اويوه ګوټک څخه جوړوي ،د رزونښنس فريکونس يې يودی.

خود کريستال يوه شبکه crystal lattice چې د N اټومونوڅخه جوړه وي اويودبل سره تړلي وي ، کېدای شي چې د رزونښنس N=1,2,3,... شمېرفريکونسونه ولري .

ديوه اهتزازکوونکي سيسټم اصطلاح په ډيری سره ديوه متجانس چاپېريال لپاره لکه مايع کارول کيږي چې دهغه په د دننه کې اهتزازونه په ثابت سرعت سره ديوې څېې په توګه خپريږي. په پايله کې خپريدونکي څېې داهتزاکوونکي سيسټم ديوالونوپه منځ واټن کې مخ خواته اوڅټ خواته حرکت کوي اودتداخل څخه وروسته ولاړې څېې منځ ته راځي.

داهتزازکوونکي سيسټم ډېرډولونه شته دي . دبلګې په توګه لکه :

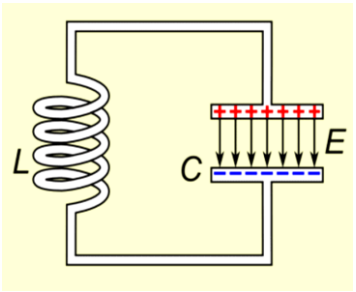
- صوتي اهتزازکوونکی
- ميخانيکي اهتزازکوونکی
- برښنايزاهتزازکوونکی
- الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی اوداسې نوردرواخله .....

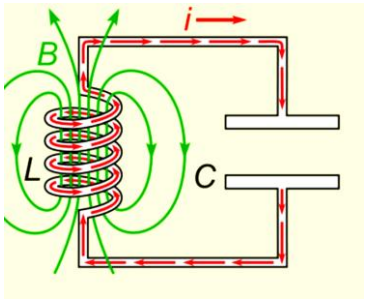
دپاس يادشوواهتزازکوونکودډلې څخه موږته يوازې الکترومقناطيسي او برښنايز اهتزازکوونکی په زړه پورې دي.

برښنايزاهتزازکوونکی :

برښنايز اهتزازکوونکی ديوه خاذن c اويو ګوټک L څخه جوړوی چې دبرښنايزسرکټ په نوم يادېږي چې په ۸- ۱۸ شکل کې ښوول شوی دی . په يوه برښنايز اهتزازکوونکي سرکټ کې برښنايزانرژي دګوټک په مقناطيسي ساحه کې او دخاذن په برښنايز ساحه کې پرلپسې په خپل وارسره په پريوديک ډول سره ذخيره کيږي . دګوټک اوخاذن تر منځ دبرښنايزانرژي راکړه ورکړه په ټاکلې فريکونس سره ترسره کيږي چې د رزونښنس فريکونسي resonance frequency په نوم يادېږي .

هرډول اهتزازکوونکی سيسټم خپل ځانته ځانګړی رزونښنس فريکونس لري چې دهغه سيسټم په جوړښت اوبعدونو پورې اړه لري.





۸- ۱۸ شکل : يو برښنايز اهتزازکوونکي Resonator سرکټ ښوول شوی دی چې ديوه خاذن c اويوه ګوټک L څخه جوړدی. په ښي خواشکل کې دسرکټ ټوله انرژي دګوټک په مقناطيسي ساحه کې $(\frac{1}{2}LI^2)$ اوپه کيڼ خواشکل کې دسرکټ ټوله انرژي دخاذن په برښنايز ساحه کې $(\frac{1}{2}cU^2)$ په پريوديک ډول سره ذخيره کيږي.

دبېلګې په توګه دیوه برېښنایز LC سرکټ زاویوي رزونېنس فریکونس ω_0 دخاذن C او دګوټک L په غټوالي پورې اړه لري او په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (8,31)$$

د (8,31) معادلې پر اساس کولا ی شو چې دخاذن اوګوټک بعدونوپه بدلون سره دزړه په خوښه رزونېنس فریکونس وټاکو. د رزونېنس فریکونس f_0 لپاره لیکلا ی شوچې :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (8,32)$$

په (8,31) معادله کې دزاویوي فریکونس ω_0 واحدرادینت په ثانیه Rad/s ، دګوټک L اندکټنس په واحدهنري henry(H) اودخاذن c واحدfarad(F) دی چې دانرژي ظرفیت په ډاګه کوي.

ماخذ (45)

په یوه برېښنایز LC سرکټ کې هغه مهال د رزونېنس Resonance پېښه منځ ته راځي کله چې دبهرخوا څخه دفریکونس جنراتور په مټ د رزونېنس زاویوي فریکونسي ω_0 تحریک شي او دخاذن مقاومت مجازي برخې $X_c = -\frac{1}{\omega c}$ اودګوټک مقاومت $X_L = \omega L$ مقدارسره یوشان قیمت ولري . په بله معنی $X_c = X_L$ شي.

برېښنایز LC سرکټ دیوه ټاکلي برېښنایز زیګنال دتولیدپه موخه کارول کیږي اویاداچې ټاکلې برېښنایزانرژي ذخیره کوي . په نوموړي حالت کې برېښنایز LC سرکټ د برېښنایز رزېنټرپه فریکونس باندې اهتزازکوي.

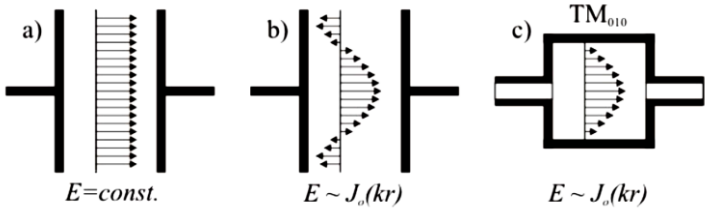
څرنګه چې یو برېښنایز اهتزازکوونکی سرکټ LC لوړولټیجونه اولوړ برېښنایزجریانونه تولیدکولای شي، نوله دې کبله پرته له هادي سسیم څخه دراډیوځپودخپریدلواورانیولوپه موخه پراخ استعمال لري.

په ورځني ژوندکې د رزېنټر ډیزډولونه شته دي . د ساري په ډول د رزونېنس Resonance پېښه په لاندې سیستمونوکې منځ ته راځي . میخانیکې رزېنټر ، صوتې رزېنټر ،الکترومقناطیسي رزېنټر ،دهستې مقناطیسي رزېنټر اودالکترون سپین رزېنټر اوداسې نور.

که څه هم درزېنټرډولونه ډیردي خودلته یوازې دالکترومقناطیسي رزېنټر په هکله رڼااچووچې دمایکروڅپې فریکونس په ساحه کې ورځخه ګټه پورته کیږي اوله دې کبله ورته دمایکروڅپې تشې فضاء یې خونې اهتزازکوونکی هم ویلای شو. دمایکروڅپوتشو فضاء یې خونوځخه په خطي تعجیل کوونکي ماشین کې دالکترونوګړندې کولوپه موخه ګټه پورته کیږي.

په لوړفریکونس ساحه کې دبرېښنایزسرکټ LC ځانګړتیاوي

په ۸- ۱۹ شکل کې ښوول شوې ده چې د لوړفریکونس متناوب ولټیج په کارولوسره دیوه خاذن لوحو په منځ برخه کې متناوب برېښنایزساحه E ثابت نه پاتې کیږي بلکې دخاذن لوحوڅنډې خواته دشعاع r په تابع سره لکه دبسل فنکشن $E\sim J_0(kr)$ په توګه تغیرکوي .



۸- ۱۹ شکل: دبرېښنایزسرکټ LC دخاذن لوحوتر منځ د برېښنایز ساحې E شدت اودموډ Mode بڼه تغیرکوي کله چې یوځل دمتمادي ولټیج په سرچینه (a اوبیابل ځل دلوړفریکونس متناوب ولټیج په سرچینه (b او (c باندې وټرل شي.

- a) شکل :

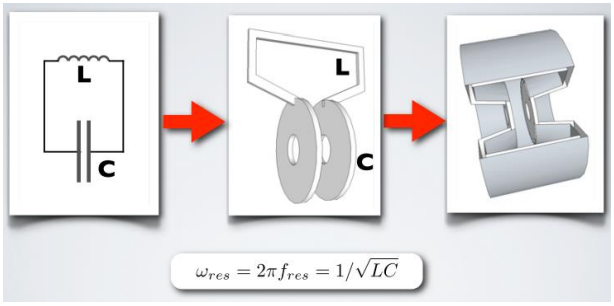
يو برېښنايز سرکټ LC په پام کې نيسوچې ديوه خاذن اودمتمادي ولټيج سرچينې لکه باټري battery څخه جوړه ده. دخاذن دواړه لوحې دايروي بڼه لري اوشعاع يې په r تورې سره ښيو. کله چې برېښنايز سرکټ دمتمادي ولټيج V په سرچينه V= consant باندي وترو نودخاذن په يوه لوحه باندې مثبت چارجونه راټوليږي اوپه بله لوحه باندې منفي چارجونه راټوليږي .په پايله کې ددواړولوحوپه منځ برخه کې دوخت په تړاو يوه ثابته برېښنايز ساحه E = const. منځ ته راځي . دبرېښنايزساحې کرښې دخاذن لوحوتر منځ متجانس وېش لري اوسمت يې په وکټورونوکښل شوی دی .

- b) شکل :

خوکله چې نوموړی برېښنايزسرکټ د لوړفريکونس متناوب ولټيج $V = V_0 e^{i\omega t}$ په سرچينه باندې وترونودخاذن لوحوتر منځ دوخت په تړاولوړفريکونسي متناوب برېښنايز ساحه $E = E_0 e^{i\omega t}$ اهتزازکوي . دخاذن لوحوپه محورکې (r = 0) متناوب برېښنايزساحه اعظمي امپليتودلري E_0 خودخاذن لوحوشنډې خواته برېښنايز ساحه دشعاع r په تابع سره لکه دبسل فنکشن $E \sim J_0(kr)$ په توګه تغيرکوی .

- c) شکل :

اوس دخاذن لوحوته داسې بدلون ورکړشوی دی چې يوه استوانه يې شکله تشه فضاء يې خونه ورځخه جوړه شوې ده اودمحورپه اوږدوکې د عرضي مقناطيسي ساحې موډ TM_{010}-Mode پکې خپريږي . نوموړی يوداسي موډپه ګوته کوی چې برېښنايز ساحه E دځپې خپرېدنې محور z سره موازي اومقناطيسي ساحه H دځپې خپرېدنې محور z باندې عمودولاړه ده . دراډيو تراپي ماشين تعجيل کوونکې برخه په ورته ډول تشو فضاء يې خونوډکه شوی وي اودرېزونېټر Resonator خواص لري .



۲۰ -۸ شکل : په کينې خواکې يوالکترونيکي سرکټ ښوول شوی دی چې ديوه خاذن c اويوه ګوټک L څخه جوړدی. دنوموړي سرکټ رزونينسresonance فريکونس مساوي دی له : $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ،

په منځني شکل کې دګوټک پرځای يوفلزي سيم اودخاذن پرځای يوه دايروي فلزي ټوټه کارول شوې ده اوپه ښي خواشکل کې استوانه يي شکله بڼه ورکړشوې ده . پايله يې داده چې دخاذن اوګوټک الکترونيکي سرکټ په يوه فضاء يې استوانه يي ډوله خونه واړول شوه . نوموړي دري واړه الکترونيکي سرکټونه په يوشان زاويوي رزونېنس فريکونس ω_{res} $2\pi f_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ سره اهتزازکوي چې دفريکونس اندازه يې د خاذن اوګوټک په جوړښت اومقدار پورې اړه لري. ماخذ (61Ger)

درزينينس پېښه هغه مهال منځ ته راځي کله چې دتشې فضاء يې خونې ابعادوته تغيرورکړو. دمايکروځپوتشه خونه کې د رزونېنس پېښه ددري زره ميګاهرځ فريکونس 3000 MHz په شاوخواکې منځ ته راځي . نوموړې کړنلاره ديوې تيوب ډوله

موسيقي آلې سره ورته ده چې په يوه ټاکلي طول کې آوازخپروي . دمايکروځپوتشې خونې دمسوفلزځخه جوړې وي ،داځکه چې مس حرارت اوبرق ته ډيرښه انتقال ورکوي .

الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی : (Electromagnetic resonator)

الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی ديوه بکس په شان دتشې فضاء يي خونې څخه جوړشوی فلزي جوړښت دی چې په منځ کې يې الکترومقناطيسي څپې لکه دراډيوځپې ايساري شوې وي اوپرلپسې په مقابل ديوالونوباندې لګيږي او بېرته انعکاس کوي. په پايله کې ولاړې څپې منځ ته راځي اوديوه رزونېټر resonator په ډول کارکوي. همدالامل دی چې الکترومقناطيسي اهتزازکونکي ته دتشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکی cavity resonator هم ويل کيږي .

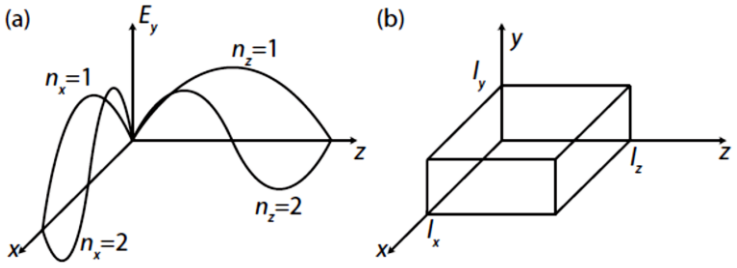
دتشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکی په تخنيکي تړاو ، دځپومستطيل ډوله اويااستوانه يې ډوله څپې انتقال کوونکي جوړښت (Waveguide) څخه ترلاسه کيږي کله چې دنومورې پايپ ډوله تش جوړښت سر خوا خلاص ديوال او اخر خواخلاص ديوال د عمودې فلزي تختوپه مټ خوله په خوله بندکړو.

دتشې فضاء يي خونې په منځ کې لوړفريکونس الکترومقناطيسي څپې دښلګې په توګه لکه دراډيوځپې ايساري ساتل کيږي اوپه ټاکلي خپليزفريکونس سره اهتزازکوي. دنومورې جوړښت د منځ برخه کېدای شي چې په هوا اويابل ګازباندې ډکه شوې وي .دراډيوفريکونس يوه تشه فضاء يې خونه دشاوخواهرې خواځخه لکه ديوبکس په شان دفلزي ديوالونوپه واسطه بنده شوې وي .

الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی په هندسي تړاوپه دوه ډوله دی .

- دراډيوځپې استوانه يې ډوله اهتزازکوونکی
- دراډيوځپې مستطيل ډوله اهتزازکوونکی

په ۸- ۲۱ شکل کې دراډيوځپې يوقايم الزاويه اوځلورکونجه اهتزازکوونکي بڼه ښوول شوې ده چې منځ يې تش دی او ديوه بکس په شان دهرې خواځخه فلزي ديوالونه لري.



۸- ۲۱ شکل : په کينې خوا کې (a) ديوه مستطيل ډوله اهتزازکوونکي په منځ کې د عرضي برښنايزځپې T_{101} رزونينس موډ اوT_{202} رزونينس موډ د برښنايز ساحې E_y داهتزازبڼه د x- محور او z- محورپه اوږدوکې ښوول شوې ده. په ښی خواکې دنومورې جوړښت هندسي بڼه کښل شوی ده چې طول يې د x;y;z محورپه اوږدوکې په خپل وارسره په $L_x;L_y;L_z$ حروفوباندې ليکل شوی دی. ماخذ(58)

په تيورې ډول الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی درزونښس لايتناهي موډونه modes لري اوهريوموډدرزونښس يوټاکلی فريکونس لري. په نومورې شکل کې د برښنايز ساحې داهتزازبڼې شمېر يعنې mode يوازې تردوودرجوپورې n =1,2 کښل شوی دی .

دراډيوځپې مستطيل ډوله اهتزازکوونکی رزونښس resonance فريکونسونه دلاندې فرمول څخه ترلاسه کيږي.

$$\left(\frac{\omega}{c}\right)^2 = \left(\frac{n_x\pi}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y\pi}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z\pi}{L_z}\right)^2 \qquad (32a)$$

په $(32a)$ معادله کې دبرېښنايزساحې E_y زاويوي فريکونسي په ω اوپه فضاء کې دنورسرعت په c ښوول شوی دی.
داهتزازکوونکي په منځ کې دتوليدشوو ولاړو برېښنايزځپو دغوټوشمېر wave nodes په ډاګه کوي چې x,y,z محورپه اوږدوکې داهتزازدبنې شمېر $n_{x,y,z}$ څومره دی .
په ۸- ۲۱ شکل کې د x محور اوz محورپه اوږدوکې داهتزاز ددرجو شمېرترددووغوټوپورې کښل شوی دی.
د يوه قايم الزاويه اوځلورکونجه اهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې د عرضي برېښنايز څپې TE_{mnp} ډول لپاره دمقناطيسي ساحې H_z د خپرېدنې اواهتزاز لايتناهي بڼو شمېر modes دلاندې معادلې څخه ترلاسه کيږي. ماخذ(57)

$$H_z = H_{0z}\cos\left(\frac{n_x\pi x}{L_x}\right)\cos\left(\frac{n_y\pi y}{L_y}\right)\sin\left(\frac{n_z\pi z}{L_z}\right) \qquad (32b)$$

په $(32b)$ معادله کې داهتزازبڼوشمېرپه لاندې ډول تعريف شوي دی.

- $n_x = 0.1.2.3. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_x په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .
- $n_y = 0.1.2.3. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_y په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .
- $n_z = 1.2.3. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_z په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .

همدارنګه د عرضي مقناطيسي څپې TM_{mnp} ډول لپاره دبرېښنايز ساحې E_z د خپرېدنې اواهتزاز لايتناهي بڼو شمېر modes دلاندې معادلې څخه ترلاسه کيږي. ماخذ (57)

$$E_z = E_{0z}\sin\left(\frac{n_x\pi x}{L_x}\right)\sin\left(\frac{n_y\pi y}{L_y}\right)\cos\left(\frac{n_z\pi z}{L_z}\right) \qquad (32c)$$

په $(32c)$ معادله کې داهتزازبڼوشمېرپه لاندې ډول تعريف شوي دی.

- $n_x = 1.2.3.4. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_x په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .
- $n_y = 1.2.3.4. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_y په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .
- $n_z = 0.1.2.3. \ldots,$:نوموړی عدد دطول L_z په اوږدوکې دځپې غوټو شمېر اويا په بله معنی داهتزازدبڼو شمېر په ګوته کوي .

د عرضي مقناطيسي څپې TM_{mnp} ډول اوهمدارنګه د عرضي برېښنايز څپې TE_{mnp} ډول لپاره درزونېنس فريکونس $f_{resonance}$ قيمت دلاندې معادلې څخه ترلاسه کيږي. مأخذ(57)

$$f_{\text{resonance}} = \frac{1}{2\sqrt{\mu\epsilon}}\sqrt{\left(\frac{n_x}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{L_z}\right)^2} \qquad (32c)$$

که چېرته د x محورپه اوږدوکې دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي طول داسې وټاکل شي چې $L_x > L_y < L_z$ وي ،نود عرضي برېښنايزساحي ډول TE_{mnp} لپاره داهتزازبنې ترټولوپياوړی موډ Dominant mode مساوي دی له: $TE_{101} - \text{mode}$

کله چې مستطيل ډوله اهتزازکوونکي دبهرخواځخه د رزونېنس resonance په فريکونس سره تحريک شي نودګيګاهرځ GHz په ساحه کې لوړفريکونس اولوړقدرته power الکترومقناطيسي څپې توليدکوي. دبېلګې په توګه کله چې نوموړی اهتزازکوونکی ديوه فريکونس جنراتورسرچينې په مټ د رزونېنس resonance په فريکونس سره تحريک شي نودفريکونس جنراتورځخه خپره شوې انرژي داهتزازکوونکي په برېښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B کې ذخيره کيږي.
دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي فلزي جوړښت د منځ فضاء کېدای شي چې دهواځخه بيخې تشه وي اويا په يوه عايق توکې ډک شوې وي.

کله چې دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي منځ ته دراډيوځپې اويا مايکروځپې microwave ورننوځي اوهلته دهرې خواځخه ايسارې پاتې شي نوپه پيل کې دنوموړې جوړښت په داخلي سطحه باندې برېښنايزچارجونه اوبرېښنايزجريانونه توليد induced کيږي.

ورپسې دراډيوځپې دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي ديوالونوتر منځ مخ خواته اوځټ خواته په مخالف سمت خپريږی اوپرلپسې انعکاس کوي. دځپودتداخل په پايله کې دنوموړي سيستېم رزونېنس فريکونسونه resonant frequencies برقرارکيږي او ولاړې څپې منځ ته راځي.

په يوه داسې ځلورکونجه فلزي بکس کې هغه مهال درزونينس resonance پېښه منځ ته راځي کله چې دبهرخواځخه ديوه پريوديک قوې په مټ تحريک شي چې فريکونس ω يې دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي خپليز فريکونس ω_0 سره مساوي وي $(\omega_0 = \omega)$. په پايله کې دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي په منځ کې الکترومقناطيسي انرژي ذخيره کيږي.
دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي ترټولوټيټ رزونېنس فريکونس هغه فريکونس دی $(\omega_0 = \frac{c}{\lambda})$ چې دنيمايي څپې طول ,(λ/2 يې دنوموړې جوړښت پلنوالي سره برابروي. درزونېنس ترټولوټيټ فريکونس ته بنسټيزفريکونس fundamental frequency هم ويل کيږي. ديادولووړه چې په ټولېزه توګه دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي په منځ کې هغه مهال ولاړې څپې منځ ته راځي کله چې د مقابل ديوالونوتر منځ واټن L دنوموړې جوړښت دځپې طول "guide wavelength." نيمايي برخه $\frac{\lambda_{guide}}{2}$ ، دطبيعي عدد n ډيرځليزه قيمت ولري .

$$L = n\frac{\lambda_{guide}}{2} \qquad (n = 0.1.2.3 \ldots.$$

مستطيل ډوله اهتزازکوونکی کټ مټ دموسيقې الاتو لکه ګيتارguitar په توګه کارکوی چې دخپل هندسي بعدونواوميخانيکي جوړښت سره مطابق په يوسلسله رزونېنس فريکونسونوباندې اهتزازکوي.

همدالامل دی چې مستطيل ډوله اهتزازکوونکي لکه دفريکونس ساحې فيلتر bandpass filter په ډول کارورکوي او يوازې هغه مايکروځپې ورځخه تيريدلای شي چې ټاکلی فريکونس ولري .

کله چې دراډيوفريکونس په فلزي تشه فضاء يي خونه کې برېښنايزساحه اومقناطيسي ساحه د ماکسول معادلو پر اساس په پريوديک ډول دوخت په تړاواهتزازکوي نوورسره په هم غږی کې برېښنايزانرژي اومقناطيسي انرژي ذخيره کيږي . نوموړې کړنلاره کټ مټ د برېښنايز اهتزازکوونکي **LC** سرکټ سره يوشان ده چې برېښنايز انرژي په خاذن کې اومقناطيسي انرژي په گوټک کې ذخيره کيږي.

ديادلووړده چې دبرېښنايزاهتزازکوونکي په پرتله دراډيوفريکونس دمستطيل ډوله اهتزازکوونکي په منځ کې بيخې لږ الکترومقناطيسي انرژي ضايع کيږي . دانرژي ضايع کيدنه په ډيری سره دفلزي ديوالونوپه جوړښت اوپه هغه عايق توکو يعنې دی الکتريک (Dielectrics) پورې اړه لري چې فضاء يي خونه وربانديې ډکه شوې وي.

که څه هم يوخيالې مستطيل ډوله اهتزازکوونکي په خپل طبيعي يانارمل فريکونس باندې په دوامداره توگه اهتزازکوي پرته له دې چې انرژي يې ضايع شي، خويو ريښتونی اهتزازکوونکی له څه مودې څخه وروسته خپله ذخيره شوې انرژي له لاسه ورکوي اواهتزازنه کوي. همدالامل دی چې مستطيل ډوله اهتزازکوونکی بايد دفريکونس جنراتور په سرچينه باندې وټړل شي ،ترڅودبهرخواڅخه انرژي دگوټک اوياخاذن په مټ ورته انتقال شي. دانرژي داډول انتقال ته دخاذن ټرون Capacitive coupling اويادگوټک ټرون inductive coupling ويل کيږي.

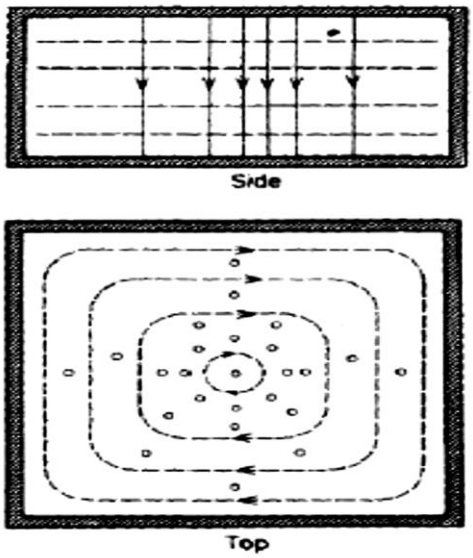
> دراډيوفريکونس مستطيل ډوله اويا استوانه يې ډوله اهتزازکوونکي يوډول الکترو مقناطيسي رزونېټر resonator دی چې دوخت په تړاو دراډيوڅپې په فريکونس سره اهتزازکوي اوکټ مټ ديو برېښنايزاهتزازکوونکی LC Resonator سرکټ په شان خواص لري . په نوموړې خونه کې لوړقدرته power الکترومقناطيسي ولاړې څپې توليدکيږي چې داهتزازتوپيرلرونکې خپليز بڼې يانې موډونه Modes لري .

دټيټ فريکونس تخنيک په ساحه کې کېدای شي چې دالکترومقناطيسي څپې داهتزازونوهرډول موډ Mode دعادي فلزي سيمونو wires اوترانزيستورونوپه مټ انتقال اوتقويه شي. دنوموړې موخې لپاره ديوبرېښنايزاهتزازکوونکی LC Resonator سرکټ څخه گټه پورته کيږي چې دخاذن،گوټک اوترانزيستورو Transistor څخه جوړشوی وي

خودلوړفريکونس تخنيک په ساحه کې چې فريکونس يې په يوه ثانيه کې ديوملياردسايکل يعنې ديوگيگاهرڅ 1GHz څخه پورته وي دالکترومقناطيسي څپې لپاره دبرېښنايزاهتزازکوونکي سرکټ LRC Resonator اهتزازکچه محدوده ده اويوازې لږڅه تردوه زره ميگاهرڅ 2000 MHz پورې رسيږي .

داڅکه چې دنوموړې فريکونس په شاوخواکې يوخوا دسکين اغېزې skin-effect پر اساس په برېښنايزاهتزازکوونکی سيستم کې دخپريدونکې الکترومقناطيسي څپې انرژي ضايع کيږي اوبلخوا دخاذن اوگوټک څخه انرژي بهرخواته خپريږي . برسيره پردې دگوټک اودخاذن فزيکي جوړښت په تخنيکي تړاودومره نه شي کوچنی کېدای چې ان ديوگيگاهرڅ 1GHz څخه پورته لوړفريکونس اهتزازونه توليدکړي

همدالامل دی چې دبرېښنايزاهتزازکونکي يارزېنېټر electric resonator پر ځا ی الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی سيستم څخه گټه پورته کيږي. داڅکه چې د الکترومقناطيسي اهتزازکوونکی سيستم په مټ کېدای شي چې يوخوا ان ددرې ميگاهرڅ څخه لوړفريکونس اهتزازونه توليد شي او بلخواهم تقويه شي .

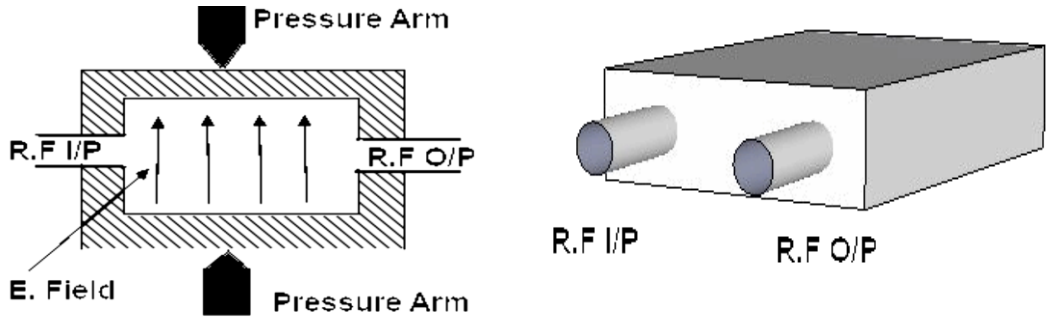


۸- ۲۱ الف شکل : دمستطیل ډوله اهتزازکوونکي په منځ کې د عرضي برېښنایزساحي ډول TE_{mnp} لپاره داهتزازبڼې ترتولوپیاوړی موډ $TE_{101}-\text{mode}$ کښل شوې دي.په پورتني شکل کې دبرېښنایزساحي عمودي کرښې دي اوپه لاندې شکل کې دمقناطیسي ساحې ټرلې کرښې کښل شوې دي. ماخذ (60 Ramo)

دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې اهتزازکوونکی :

دمایکروڅپې Microwave تشې فضاء يي خونې اهتزازکوونکی دبرېښنایز LC رزېنېټر resonator یوپرمخ تللی اوځانګړی ډول دی چې دهرې خواڅخه ټرلی فلزي جوړښت لري اوپه منځ کې يې دالکترومقناطیسي څپو د طیف هغه برخه ایساره شوې وي **چې** دمایکروڅپې په نوم یادیږي. مایکروڅپې دالکترومقناطیسي طیف هغه برخه ده چې فریکونس يې ددرې سوه میګاهرڅ (300 MHz (100 cm څخه ان تردرې سوه ګیګاهرڅ (300 GHz (0.1 cm پورې رسیږي.

په ۸- ۲۲شکل دمایکروڅپې Microwave تشې فضاء يي خونې یوډول اهتزازکوونکی ښوول شوی دی چې دفلزي بکس په شان جوړښت لري او منځ يې تش دی. دیوخواڅخه دراډیوفریکونس الکترومقناطیسي څپې فلزي بکس ته ورننوځي R.F.I/P اودبلې خواڅخه R.F.O/P بېرته راوځي. دبرېښنایزساحي کرښې دفلزي بکس لاندې اوباندې تختوتر منځ عمودولاړې دي چې دفلزي بکس طولي بعدتشکیلوي.مأخذ (46)



۸- ۲۲شکل دمایکروڅپې Microwave تشې فضاء يي خونې یوډول اهتزازکوونکی ښوول شوی .

دمايکروڅپې Microwave تشې فضاء يي خونې رزښټرد منځ برخه يادا چې تشه وي اويا په يوه عايق توکې ډکه شوې وي .

کله چې دبهرخواڅخه دمايکروڅپې Microwave تشې فضاء يي خونې درزښټرپه فريکونس تحريک شي نوپه نوموړي جوړښت کې دولاړوڅپو پياوړي اهتزازونه منځ ته راځي.

دمايکروڅپې Microwaves دامنه دتشې فضاء يي خونې په ديوالونوباندې پرلپسې لګيږی او ببرته انعکاس کوي ترهغه پورې ترڅوچې دتشې فضاء يي خونې رزښټر خپل طبيعي فريکونسونه برقرارشي . په پايله کې دتشې فضاء يي خونې په منځ کې ولاړې الکترو مقناطيسي څپې منځ ته راځي چې دمايکروڅپو ديوسلسله رزونښنس په فريکونسونو resonant frequencies باندې اهتزازکوي .

دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې اهتزازکوونکی دموسيقي آالاتوسره لکه شپېلی organ pipe اويا ديوه صوتې بکس سره ورته خواص لري اوديوسلسله رزونښنس په فريکونسونوباندې اهتزازکوي.

په تخنيکي تړاو دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې ديوه باندپاس فيلتر band-pass filter په ډول کارکوي . په دې معنی چې يوازې د ټاکلي فريکونسونوطيف ورڅخه تيريدلای شي خوهغه فريکونسونه چې طيف يې لوړاويټيټ وي ورڅخه نه شي تيريدلای.

دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې اهتزازکونکي ځانګړتيا داده چې که چېرته يوځل دبهرخواڅخه ديوه راډيوفريکونس جنراتور په مټ ديوه سوړې اوياګوټک له لاري په داسې توګه تحريک شي چې دجنراتورفريکونس د فضاء يي خونوديوه رزونښنس فريکونس سره کټ مټ برابروي ، نود فضاء يي خونې په منځ کې مخالف جهته متحرکې څپې توليدکيږي . په پايله کې مخالف جهته متحرکې څپې يودبل سره تداخل کوي او ولاړې څپې منځ ته راځي. له دې کبله دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې دپياوړو لوړقدرته الکترو مقناطيسي انرژي او دراډيو فريکونس اهتزازونو سرچينه ګرځي .

دنوموړې فزيکي کړنلارې پر اساس دمايکروڅپې په تشو فضاء يي خونو کې پرېمانه مقناطيسي انرژي اوبريښنايزانرژي ذخيره کيږي . همدالامل دی چې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دالکترونوګړندي کولوپه موخه دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونوڅخه ګټه پورته کيږي.

په لاندې برخه کې دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې ځينې ځانګړتياوي اواړونده تعريفونه تشريح شوي دي . همدارنګه ديوه برښنايز LC سرکټ او دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې تر منځ بنسټيزتوپيرپه ګوته شوی دی.

- دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونو جوړښت ته د رېزونانس خونه resonant chamber هم ويل کيږي .
- موډ Mode دمايکروڅپې تشو فضاء يي خونو په منځ کې دولاړوالکترومقناطيسي څپودتحريک شوي حالت يوه بڼه ده چې په ټاکلي ثابت خپليز فريکونسي سره ساين ډوله sinusoidally اهتزازکوي.
- يوفزيکي جسم لکه يوتعميراويايل bridge هم په ټاکلي ثابت خپليز فريکونسونوباندې اهتزازکوي. دنوموړې فزيکي سيستم خپليزفريکونسونه په دې پورې اړه لري چې يوخوا دسيستم سرحدي شرطونه څرنګه دي اوبلخوا په تعمير اوياپه پله bridge کې کوم ډول موادکارول شوي دي.
- ديوه فزيکي سيستم طبيعي فريکونسونوته طبيعي موډونه normal modes اويا په بله معنی د رزونښنس فريکونسوهم ويل کيږي.

- داهتزازشمېره Mode number دمايکروڅپي تشو فضاء يي خونې په هربعدکې (x,y,z) دساينډوله څپودطول نيمايې $\lambda/2$ شمېر ته ويل کيږي. دبېلګې په توګه که د x محورپه اوږدوکې دساين تابع نيمايي برخه يعنې دامپليتودمثبت څوکه يوازې يوځل پورته خواته اويامنفي څوکه يوازې يوځل ښکته خواته اهتزازوکړي ، نوداهتزازموډيې يودی Mode 1 .

- که چېرته د x محورپه اوږدوکې دساين ډوله تابع بشپړه دوره يعنې دامپليتودمثبت څوکه اوهمدارنګه منفي څوکه په خپل وارسره يوځل پورته خواته اوبل ځل ښکته خواته اهتزازوکړي نوداهتزازموډيې دوه دی Mode 2 . د **y** محور اود **z** محورپه اوږدوکې دموډونوداهتزازشمېره همداسې درواخله .....

- دمايکروڅپي تشې فضاء يي خونې اهتزازکونکی رزښټر د برېښنايز سرکټ LC circuit سره چې دخاذن c اوګوټک L څخه جوړوي کټ مټ يوشان الکترونيکي خواص لري.

- دمايکروڅپي تشې فضاء يي خونې اهتزازکونکي رزښټر او د برېښنايز سرکټ LC circuit اهتزازکونکي ترمنځ توپيردادي چې کله لوړفريکونس متناوب جريان دخاذن اوګوټګ څخه تيريږي نود LC برېښنايز سرکټ څخه الکترومقناطيسي وړانګې هرې خواته خپريږي. داځکه چې دلوړفريکونس برېښنايز سرکت اودشاوخوا چاپېريال ترمينځ توپيرلرونکی برېښنايز پوتنشيل Potential منځ ته راځي اويوډول پارازيت ډول خاذن Parasitic capacitance سرکټ ورڅخه جوړيږي. په پايله کې د پارازيت ډوله خاذن په منځ کې برېښنايز ساحه توليدکيږي اودبې خايه کوونکي جريان displacement current له لارې د برېښنايز سرکټ څخه بهرخواته انرژي ضايع کيږي.

- بلخواڅرنګه چې په يوه برېښنايز LC سرکټ کې دخاذن اوګوټک کوچنی جوړښت په تخنيکي تړاومحدوددی نوله دې کبله يوازې تريوه ټاکلې رزونېنس فريکونس پورې ورڅخه ګټه پورته کيدلای شي. په داسې حال کې چې دمايکروڅپي تشې فضاء يي خونې اهتزازکوونکي څخه ددرې سوه ميګاهرڅ 300 MHz (100 cm) څخه ان تردرې سوه ګيګاهرڅ 300 GHz (0.1 cm) پورې ګټه اخيستل کېدای شی.

- همدارنګه د برېښنايز LC سرکټ يوه بله نيمګړتياداده چې الکترومقناطيسي انرژي پکې ضايع کيږي اوله دې کبله په دوامداره توګه اهتزازنه شي کولای . په تيره بياکله چې نوموړی سرکټ د رزونېنس په فرکونس باندې تحريک شی .

دپاس يادشوودلايلو پر اساس نن ورځ دلوړفريکونس په ساحه کې دبرېښنايز LC سرکټ پرځای دمايکروڅپي Microwave تشو فضاء يي خونو اهتزازکوونکي رزښټر څخه ګټه پورته کيږي.

دلته پوښتنه داده چې څرنګه کېدای شي چې دمايکروڅپي تشې فضاء يي خونې په منځ کې برېښنايزساحه E اومقناطيس ساحه B ديوځل تحريک څخه وروسته په دوامداره توګه اهتزازکوي پرته له دې چې بهرخواسره تړون ولری . ځواب يې دادی چې د ماکسول فاراډی معادلو پر اساس دوخت په تړاوبدليدونکي برېښنايز ساحه په خپل وارسره څرخېد ونکي مقناطيسي ساحه توليدکوي. همدارنګه دوخت په تړاوبدليدونکي مقناطيسي ساحه په خپل وارسره څرخېد ونکي برېښنايز ساحه توليدکوي . په رياضي ژبه نوموړی مطلب د ماکسول Maxwell په درېيمه اوڅلورمه معادله کې نغښتی دی او دنړيوال واحداتوپه سيستم SI کې يې په لاندې ډول ليکو:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu\epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad ، \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

د ماکسول فارادای معادلو (8.33) پر اساس نوموړې پېښه دمايکروڅپي په تشو فضاء يي خونوکې منځ ته راځی او مقناطيسي ساحه B لکه ديوګوټک په شان انرژي ذخيره کوي او برېښنايز ساحه E لکه ديوه خاذن په شان انرژي ذخيره

کوي. په پايله کې دهراهتزازپه ترڅ کې په خپل وارسره د برېښنايز ساحې انرژي اودمقناطيسي ساحې انرژي تر منځ راکړه ورکړه پرته له خنډاوځنډ دوام لري.
دمايکروڅپې تشې فضاء يي خونې توپيرلرونکي هندسي شکلونه لري . د ساري په ډول لکه :

- ديسک Disc- ډوله رزېنيټر، Disc cavity resonator
- استوانه يي ډوله رزېنيټر، cylindrical cavity resonator
- قايم الزاويه متوازی السطوح، Rectangular cavity resonator
- اوياکروي شکله رزېنيټر اوهمداسې نورې درواخله .

خوپه دې ځای کې يوازې دمايکروڅپوتشو فضاء يي خونواستوانه يې ډوله cylindrical cavity resonator اهتزازکوونکی ترڅېړنې لاندې نيسوچې دمحورپه اوږدوکې د عرضي مقناطيسي ساحې موډ TM_{010}-Mode پکې خپريږي. داځکه چې دنومورې موډپه مټ دراډيو تراپي ماشين په منځ کې الکترونوته تعجيل ورکول کيږي. دڅپوانتقال کوونکی يوداسي موډ Mode په ګوته کوی چې دبرېښنايز ساحې E يوه برخه د خپرېدنې محورپه اوږدوکې موازي اهتزازکوي اودمقناطيسي ساحې H يوه برخه دمحورپه اوږدوباندې دترلوحلقوپه بڼه عمود اهتزازکوي .
دراډيو تراپي ماشين يوه برخه ديولړتشو فضاء يي خونوڅخه جوړه ده چې په منځ کې يې دراډيوفريکونس په ساحه کې ولاړې الکترومقناطيسي څپې اهتزازکوي.
کله چې دالکترونو وړانګوبنډلونه فضاء يي خونې ته ورننوځي نوولاړې الکترومقناطيسي څپې يوخواپه هره يوه فضاء يې خونه کې دالکترونوبنډل څخه انرژي ترلاسه کوي اوبلخوا دالکترونووړانګوبنډل يوځای غونډ او ثابت ساتې .

دتشې فضاء يي خونې استوانه يي ډوله اهتزازکوونکی : Cylindrical cavity resonator

دتشې فضاء يي خونې استوانه يي ډوله اهتزازکوونکی دراډيو تراپي ماشين هغه اړينه برخه ده چې چارج شووبڅرکوته انرژي انتقال کوي اوپه پايله کې د عرضي مقناطيسي ساحې موډ TM_{010} mode په مټ تعجيل مومي. دڅپونومورې موډ داسې ډول ځانګړتياوې لري چې دمحورپه اوږدوکې د برېښنايز ساحې امپليتود E_z د رزونېنس په فريکونس سره اهتزازکوي .

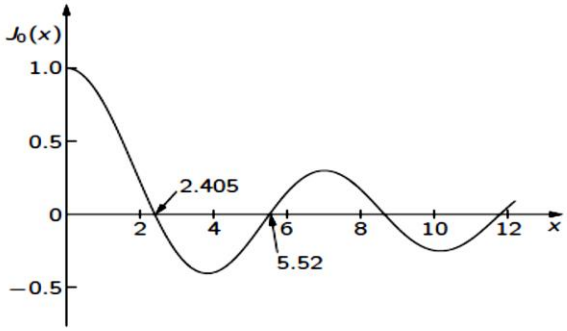
داهتزازپه ترڅ کې په برېښنايز ساحه کې انرژي ذخيره کيږي اومساوي ده له : $W_e = \left(\varepsilon_0 \frac{}{2}\right) E^2$ اوهمدارنګه په خپل وارسره په مقناطيسي ساحه کې هم انرژي ذخيره کيږي اومساوي ده له : $W_m = \left(\frac{\mu_0}{2}\right) H^2$

دتشې فضاء يي خونې استوانه يي ډوله اهتزازکوونکی د برېښنايز اهتزازکوونکي سرکټ LRC سره ورته فزيکي اوالکترونيکي خواص لري .

دبلګې په توګه ،کله چې موږيوبرېښنايزاهتزازکوونکي LRC سرکټ په يوه باټرې Battery باندې وټرونودخاذن يوه لوحه باندې مثبت چارجونه اوپه بله لوحه باندې منفي چارجونه راټوليږي . په پايله کې دخاذن لوحوتر منځ يوه متجانسه برېښنايزساحه برقرارکيږي. خوکله چې موږيوبرېښنايزاهتزازکوونکي LRC سرکټ په يوه فريکونس جنراتورباندې وټرواو دخاذن په لوحو باندې دوخت په تړاويوه

لوړفريکونسي ω متناوب برېښنايز ساحه $E = E_0 e^{i\omega t}$ وکاروو، نودخاذن لوحوتر منځ واټن کې د برېښنايز ساحې کربنې ثابت اومتجانس وېښ نه لري بلکې دبسل فنکشن $J_0(kr)$ ~E په توګه دخاذن لوحوڅنډې خواته کمښت مومي . ماخذ (48Fey)

په ۸- ۲۳شکل کې دبسل تابع Bessel function $J_0(kr)$ لومړی ډول اوصفر درجې لپاره داستوانه يې ډوله خاذن لوحوشعاع r په تابع سره کښل شوی ده.



۸- ۲۳شکل : دبسل فنکشن $J_0(kr)$ لومړی ډول اوصفردرجه ګراف داستوانه يې ډوله خاذن شعاع $x = kr$ په تابع سره کښل شوی دی . لکه چې دنوموړې ګراف څخه مالوميږي چې دبسل فنکشن دامنه دشعاع په $x = 2.405$ ځای کې صفرکيږي. په بله معنی دنوموړی تابع لومړی جذرمربع مساوي له $J_0(x = kr = 2.405)$ دی .ماخذ (48 Feyn)

پايله يې داده چې داستوانه يې ډوله خاذن لوحوتر منځ دوخت په تړاو دبرېښنايزساحې بدلون $E = E_0 e^{i\omega t}$ دهرفريکونس ω لپاره هغه مهال اعتبارلري اوصحيح نتيجه ورکوي کله چې نوموړې ساحه دبسل فنکشن $J_0(kr)$ تابع سره ضرب شي.

$$E = E_0 e^{i\omega t}\ J_0\ (kr)$$

که چېرته دبسل فنکشن افقي محورپه $x = (\frac{\omega r}{c})$ واحدوويشو ،نودهرټيټ اولوړفريکونس لپاره داستوانه يې ډوله خاذن لوحوتر منځ دبرېښنايزساحې بڼه دلاندې فرمول څخه ترلاسه کولای شو.

ماخذ (48 Feyn)

$$E = E_0 e^{i\omega t}, J_0\left(\frac{\omega r}{c}\right) \qquad (8,33)$$

په (8,33) معادله کې ω دبرېښنايزساحې فريکونس ، r داستوانه يې خاذن شعاع او c دنورسرعت دی چې برېښنايز ساحه په نوموړې سرعت دخاذن لوحوتر منځ اهتزازکوي.

د(8,33) معادلې څخه مالوميږي چې دلوړفريکونس په ساحه کې لکه دراډيوڅپې فريکونس، داستوانه يې ډوله خاذن خواص بدليږي .

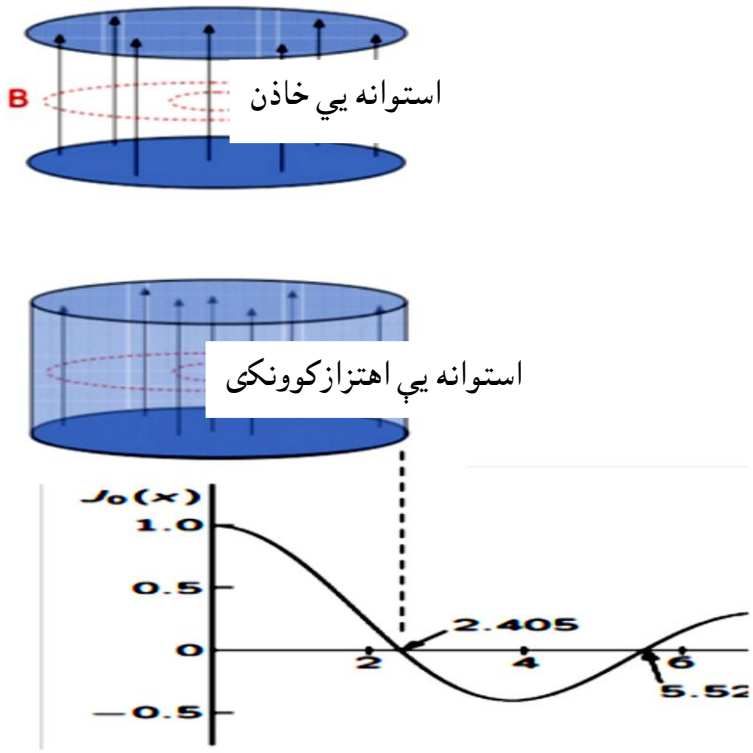
دېلګې په توګه داستوانه يې خاذن لوحو په مرکزي برخه کې $r = 0$ د برېښنايز ساحې E_0 کربنې اعظمي قيمت لري ، خوهرڅومره چې داستوانه يې خاذن لوحو څنډې خواته r ولاړشو، دبرېښنايزساحې سمت تغيرکوي او ډيرځله مخ خواته اوڅټ خواته اهتزازکوي.

لکه څرنګه چې دنوموړې ګراف څخه مالوميږي چې دبسل فنکشن $J_0(kr)$ دامنه دخاذن څنډوخواته اود شعاع r په هغه ځای کې صفرکيږي چې دنوموړی تابع لومړی جذرمربع پروت دی اومساوي دی له : $x = 2.405$

د تشې فضاء يې خونې جوړښت کړنلاره :

په ۸- ۲۰ شکل کې ښوول شوې ده چې څرنګه په تخنيکي اوالکترونيکي نوښت سره يوبرېښنايزاهتزازکوونکي سرکټ LC ګام په ګام د تشې فضاء يې خونې په استوانه ېې ډوله اهتزازکوونکی باندې اړول کيږي.
اوس هغه وخت رارسيدلی دی چې دبرېښنايزاهتزازکوونکي سرکت دخاذن په جوړښت کې بدلون راولو. دانوښت په لاندې ډول پيل کيږي

- دخاذن لوحوڅنډې خواته په هغه ځای کې چې يوخوادوخت په تړاودبرېښنايزساحې داهتزاز دامنه صفرده $E = E_0 e^{i\omega t} = 0$ او بلخوا دبسل فنکشن لومړی جذرشتون لري $(\mathrm{kr} = 2.405)$ اوله دې کبله دبسل تابع قيمت دشعاع په نومورې ځای kr کې هم صفردی $\mathrm{J}_0(\mathrm{kr} = 2.405) = 0$ يوفلزي استوانه يې ډوله ديوال عموداً داسې نښلووچې دخاذن دواړه لاندې باندې لوحې سره خوله په خوله وترې .
- څرنګه چې $\mathrm{x} = 2.405$ د بسل فنکشن لومړی جذرمربع سره سمون لري اوهلته دخاذن لوحوتر منځ برېښنايز ساحه صفرده ، نوله دې کبله پرته له دې چې برېښنايز شارټي electrical short circuit منځ ته راشي دخاذن لوحې يودبل سره په هادی توګه ترو.
- په پايله کې ديواستوانه يې خاذن څخه د تشې فضاء يې خونې استوانه ېې اهتزازکوونکی ترلاسه کيږي. نومورې کړنلاره په ۸- ۲۴ شکل کې ښوول شوې ده.



۸- ۲۴ شکل : په پاس برخه کې استوانه يې خاذن ښوول شوی دی چې دلوحوپه منځ برخه کې عمودي برېښنايزکرښې E لري اوپه افقي برخه کې ترلې اوګردچاپيره مقناطيسي ساحې کرښې B لري .په لاندې برخه کې دتشې فضاء يې خونې استوانه يې اهتزازکوونکی ښوول شوی دی چې په منځ کې يې برېښنايز ساحه دشعاع x خواته دبسل تابع $\mathrm{J}_0(\mathrm{kr})$ په توګه کمښت مومي .

کله چې استوانه يې خاذن دراډيوفرکونس په جنراتور وټړل شي نودخاذن دلوحوتر منځ برېښنايزساحه داسې تغيرکوي چې بسل فنکشن لومړی جذرمربع پرځای کې $x = 2.405$ برېښنايز ساحه $E = 0$ صفرکيږي. ، نوله دې کبله پرته له دې چې برېښنايز شارټې electrical short circuit منځ ته راشي دخاذن پاس لوحه دلاندې لوحې سره په هادی توګه دشعاع په $x = 2.405$ واټن کې ټرلای شو.

په پايله کې دنوموړي تخنيکې بدلون پر اساس داستوانه يې خاذن څخه دتشې فضاء يې خونې استوانه يې ډوله اهتزازکوونکی جوړښت منځ ته راځي . دنوموړ اهتزازکوونکي د x محور خواته ، y محورخواته اوهمدارنګه د z محورخواته ولاړې الکترومقناطيسي څپې توليدکيږي. دڅپې خپرېدنې ځايزشمېر $k_x k_y . k_z$ هرقيمت ځانته نه شي اخيستلای بلکې ټاکلې قيمتونه discrete values اخيستلای شي چې دنيمايي څپې ډيرځليزقيمت لري.

ديادولووړده چې دکليسترون Klystron، مګنيترون Magnetron اودالکترونوتعجيل کوونکی تيوب په منځ کې دمايکروڅپو استوانه يې ډوله تشې فضاء يې خونې Microwave Cavities شتون لري چې په الکترونيکي تړاوکټ مټ د خاذن اوګوټک برېښنايز اهتزازکوونکي سرکټ LC-circuit په توګه کارکوي .

په تشو فضاء يې خونو کې د نوښت کړنلاره :

په تخنيکې تړاو نه شوکولای چې چارج شووبځرکوته دتشې فضاء يې خونې استوانه يې ډوله اهتزازکوونکی په مټ تعجيل ورکړو . دائکه چې نوموړی استوانه يې ډوله اهتزاز کوونکی دهرې خواڅخه دفلزي ديوالونوپه مټ بندشوی دی اوله دې کبله برېښنايزچارج شوي بڅرکي نه شي کولای چې منځ ته يې ورننوځي. دحل لاره يې داده چې د تشې فضاء يې خونې استوانه يې اهتزازکوونکی دمخ خوافلزي ديوال اوڅټ خوافلزي ديوال په مرکزکې يوکوچنی سوری جوړکړوترڅوچارج شوي بڅرکي ورڅخه تيرې شي.

په لاندې شکلونوکې ښوول کيږي چې دتشې فضاء يې خونې استوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې دبرېښنايزساحې کرښې اومقناطيسي ساحې کرښې دسوري په جوړولوسره څه ډول تغيرکوي .

- دښلګې په توګه په ۸- ۲۵شکل کې دمايکروڅپواستوانه يې ډوله ساده تشه فضاء يې خونه کښل شوې ده چې په طبي خطی تعجيل کوونکې ماشين کې ورڅخه ګټه پورته کيږي . نوموړې خونه فلزي جوړښت لري اودهرې خواڅخه ديوه کوکاکولابوتل يا بکس په شان ټرلې ده . داستوانه يې تشې فضاء يې خونې قطرپه عادي توګه لس سانتي متره 10 cm اوطول يې ان ترڅوسانتي متره پورې رسيږي . کله چې نوموړې فضاء يې خونه ديوه فريکونس جنراتورسره ديوې هادې حلقي په مټ وترو، اوفريکونس يې داسې وټاکوچې د فضاء ېې خونې د رزونښنس فريکونس سره سمون ولري نود فضاء يې خونې په منځ کې مخالف جهته مايکروڅپې يودبل سره تداخل کوي اوپه پايله کې ولاړې مايکروڅپې توليدکيږي . بلخوا دفريکونس جنراتورمايکروڅپې داسې اغيزه لري چې د فضاء يې خونې ددېوالونوپه ننې سطحه باندې برېښنايز چارجونه اوبرېښنايزجريانونه induced currents توليدکوي .

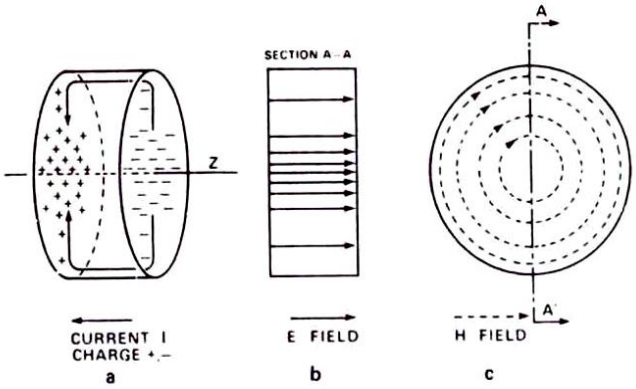
په پايله کې داستوانه يې تشې فضاء يې خونې **په** منځ کې دمايکروڅپې برېښنايزساحه اومقناطيسي ساحه په خپليزفريکونس يعنې طبيعي فريکونسونو سره اهتزازکوي. د ماکسول معادلې پر اساس $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu\epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ دوخت په تړاوبدليدونکې برېښنايزساحه په خپل وارسره څرخېد ونکي مقناطيسي ساحه **B** توليدکوي

څرنګه چې دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې اهتزازکوونکي دمحور **z** په اوږدوکې په مخ خواوڅټ خوا عمودي ديوالونوباندې مثبت اومنفي چارجونه شتون لري نوله دې کبله دهغوی تر منځ برېښنايزساحه **E** توليدکيږي . په پايله کې په خپل وارسره دمایکروڅپې په برېښنايزساحه اومقناطيسي ساحه کې انرژي ذخيره کيږي. که چېرته ومنوچې داوم مقاومت پر اساس د ژول انرژي نه ضايع کيږي نودمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې په منځ کې الکترومقناطيسي ساحه دتل لپاره اهتزازکوي .

اوس پوښتنه داده چې که دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې استوانه يې اهتزازکوونکي دهغوديوالونوپه مرکزي برخه کې يوکوچنی دايروي شکله سوري جوړشي چې د **z** په محوربانديې عمودولاړدي ، ،نوداډول نوښت به د فضاء يي خونې په منځ کې د برېښنايزساحې اومقناطيسي ساحي داهتزازپه بڼه باندې کوم ډول بدلون راولي ؟

دنوموړې موخې لپاره د فضاء يي خونې په منځ کې لاندې درې حالتونه ترڅېړنې لاندې ونيسو.

لومړي : دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې استوانه يې اهتزازکوونکی کينې خوادیوال مثبت (+) چارج او ښي خوادیوال يې منفي (-) چارج لري چې په ۸- ۲۵شکل کې ښوول شوی دی.



۸- ۲۵شکل : دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې استوانه يې اهتزازکوونکی جوړښت ښوول شوی دی . په نوموړي شکل کې داستوانه يې تشې فضاء يي خونې د د دننه ښي خواوکينې خواديوالونوپرمخ باندې دبرېښنايزچارجونوويش a) دبرېښنايزساحې افقي موازې کرښې **b**) اودمقناطيسي ساحې دايروي کرښې **c**) ښوول شوې دي.ماخذ (55Kar)

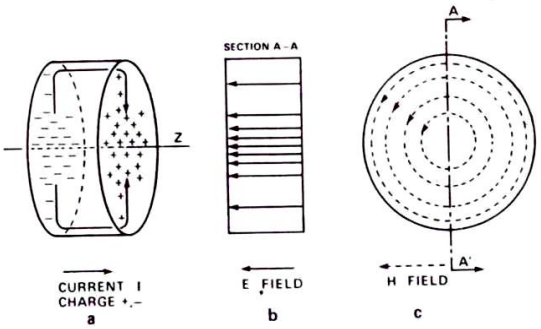
- ۸- ۲۵شکل a) : کله چې يوې تشې فضاء يي خونې ته دمایکروڅپې Microwave ورننوځي نو د فضاء يي خونې دهغوديوالونوپه ننې سطحه باندې چې د z په محوربانديې عمودولاړدي ،دانډکشن برېښنايز چارجونه induced charge توليدکوي اوپه پايله کې د z محورسره موازې ديوالونوباندې د انډکشن بر ېښنايزجريانونه induced currents بهيږي .

په ۸- ۲۵شکل a) کې دبرقي مثبت اوبرقي منفي چارجونووېش (-،+) دمایکروڅپې تشې فضاء يي خونې په سراو اخر دواړوعمودي ترلوڅنډوکي ښوول شوی دی . د فضاء يي خونې هغه ديوالونه چې د z محورسره موازې لاندې اوباندې موقعيت لري د انډکشن برېښنايز جريان I دمنفي چارجونوڅخه دمثبت چارجونوخواته بهيږي او د فضاء يي خونې دمحور z په شاوخواکې دايروي متناظرشکل لري .

- ۸- ۲۵شکل b) : دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په منځ کې دبرقي ساحې E خطونه په وکټورونو ښوول شوي دي چې دمثبت چارجونوڅخه دمنفي چارجونوخواته (ښی خواته) سمت لري . دمحورپه برخه کې دبرقي ساحې شدت زيات دی خو د محورڅخه ليرې ځنډې خواته پرلپسې کمښت مومي .
- ۸- ۲۵شکل c) : دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په مرکزي برخه کې او د z په محوربانډې عمود اً يوه سطحه پرې شوې ده A-A` چې دمقناطيسي ساحې شدت H دايروي شکله خطونه رانښيي .

دويم : دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې کين خوادیوال منفي (-) چارج او ښې خوادیوال يې مثبت (-) چارج لري چې په ۸-۲۶شکل کې ښوول شوی دی. ماخذ (55Kar)

برېښنايزکرښې په مستقيم وکټورونو،دبرېښناجريان په **I** اودمقناطيسي ساحې کرښې په دايروي بڼه باندې کښل شوې دي.



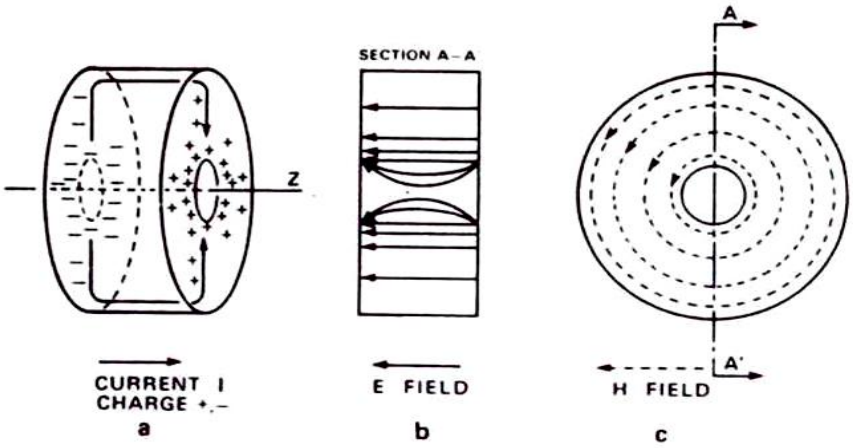
۸- ۲۶شکل : دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې اهتزاز کوونکې جوړښت ښوول شوی دی چې قطبيت يې د ۸- ۲۵شکل په پرتله مخالف جهت لري . همدالامل دی چې دبرقي جريان I ،برقي ساحې E اومقناطيسي ساحې H سمت د ۸- ۲۵شکل په پرتله مخالف جهت لري

- ۸- ۲۶شکل a): دبرقي مثبت اومنفي چارجونووېش (-،+) دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په سرخواا اخر خوا عمودي ديوال په ننی سطحه باندې ښوول شوی دی . د فضاء يې خونې د سرخواا اخر خوا عمودي ديوالونو تر منځ د اندکشن برېښنايز جريان I دمنفي چارجونوڅخه دمثبت چارجونوخواته بهيږي اوسمت يې په وکټورکښل شوی دی.
- ۸- ۲۶شکل b): دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې دمحورپه اوږدوکې دبرقي ساحې موازي کرښې ښوول شوي دي چې دمثبت چارجونوڅخه دمنفي چارجونوخواته (کين خواته) سمت لري .
- ۸- ۲۶شکل c): دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په مرکزي برخه کې او د z په محوربانډې عمود اً يوه سطحه پرې شوې ده A-A` چې دمقناطيسي ساحې شدت H دايروي شکله خطونه رانښيي .

دپام وړه چې په نوموړي شکل کې دبرېښنايزجريان،د برېښنايز ساحې اومقناطيسي ساحې سمت د ۸- ۲۵شکل په پرتله مخالف خواته دی.

درېيم په ۸- ۲۷ شکل کې دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې کين خوادیوال منفي چارج او ښې خوادیوال يې مثبت چارج لري . دنوموړوديوالونوپه مرکزي برخه کې يوگردکوچنی سوری جوړشوی دی

په بله معنی اوس دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په جوړښت کې بدلون راولواوهغه دادی چې د z محورپه اوږدومخامخ ديوالونوکې کوچني دايروي شکله سوري جوړوو. دنوموړې نوښت پر اساس دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په منځ کې د برېښنايز ساحې متجانس بڼه اومقناطيسي ساحې متجانس بڼه تغيرکوي.



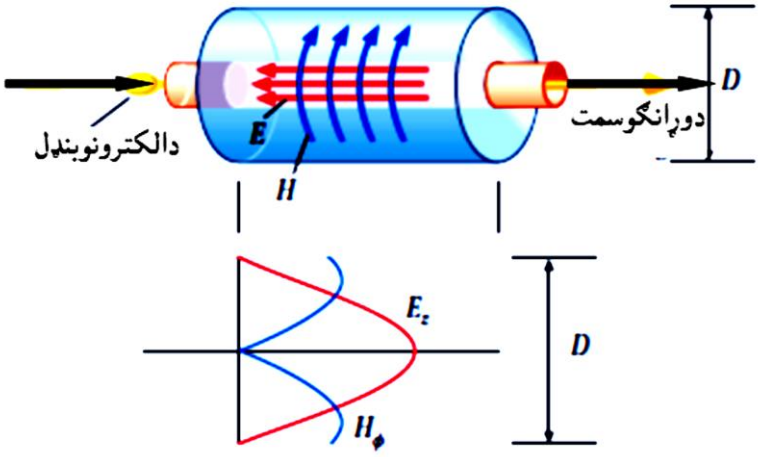
۸- ۲۷شکل : دمایکروڅپې استوانه یې تشې فضاء یې خونې اهتزاز کوونکی جوړښت ښوول شوی دی چې دمحورپه شاوخوادواړو اخروخنډوکې یوګردسوری لري .

- ۸- ۲۷شکل a) : په کین خواشکل کې د تشې فضاء یې خونې اهتزاز کوونکی دمخ خوادیوال اوڅټ خوادیوال په مرکزي برخه کې سوري جوړشوي دي. د ښي خواسور ي په شاوخواسطحه باندې د مثبت چارجونو شیبه ایزوښ اودمقابل کین خواسوري په شاوخواسطحه باندې دمنفي چارجونو شیبه ایزوښ ښوول شوی دی . د اندکشن بربښنایز جریان I دمنفی چارجونوڅخه پیل کیږي اوداستوانې محورسره موازي دیوالونو داخلي سطحې له لارې مثبت چارجونوخواته بهیږي .

- ۸- ۲۷شکل b): په منځني شکل کې دبرقي ساحې E خطونه په وکټورونوښوول شوي دی چې دمثبت چارجونوڅخه پیل کیږي اوپه منفي چارجونوباندې ختم کیږي . دپام وړده چې دیوې خوا دبرقي ساحې خطونو شمېر دمایکروڅپې تشې فضاء یې خونې محورته په نږدي فاصله کې نسبت ولیږي فاصلې ته ډیرښت موندلی اوبلخوادموازي خطونو پرځای یې منحني شکل غوره کړی دی . دسوریواغیزه په دې کې ده چې دمحورپه برخه کې دبرق جریان I شدت اوورسره سم دبرقي ساحې E شدت پیاوړی کوي . په پایله کې دسوریوشتون ددې لامل ګرځي چې الکترونوته دمحور z په اوږدوکې دسوریوناشتون په پرتله ډیرتعجیل ورکوي.

- ۸- ۲۷شکل c) : په ښي خوا شکل کې د ماکسول معادلې پر اساس د مقناطیسي ساحې H ټرلي خطونه ښوول شوي دي چې دمحور z په مقطع عرضي سطحه کې دایروې شکله د ښي خواڅخه کین خواته راتاوشوي دي .

دمایکروڅپو تشې فضاء یې خونې استوانه یې اهتزاز کوونکی چې دمخ خواوڅټ خوادیوال په مرکزکې سورې لري، دراډیو تراپي ماشین لپاره یوخوراډیراغیزمن اوګټور جوړښت تشکیلوي . داځکه چې دډیرلږبرقي قدرت په کارولوسره کولای شوچې په لوړه کچه زوروره بربښنایز ساحه تولیدشي .



۸- ۲۸شکل : دمایکروڅپې استوانه يې ډوله تشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکي په منځ کې د برېښنايز ساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ اودمقناطيسي ساحې ستمې زاويې برخې $H_\phi(r.t)$ داهتزازبنسټيز بڼه TM_{010} کښل شوی ده . د برېښنايز ساحې طولي برخې E_z کرښې دمحورسره موازي اهتزازکوي اوورسره په هم غږی کې دمقناطيسي ساحې ټرلې دايروي کرښې دمحورپه شاوخواکې اهتزازکوي.

.په نومورې شکل کې ښکاره شوې ده چې د برېښنايز ساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ په مټ دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې دمحور z سره موازي دالکترون وړانگويوبنډل ته تعجيل ورکول کيږي. دالکترومقناطيسي څپې داهتزازداډول موډ د TM_{010} په نوم يادېږي. ماخذ (49Jac)

د ۸- ۲۸شکل په لاندې برخه کې دمقناطيسي ساحې $H_\phi(r.t)$ اودبرېښنايز ساحې $E_z(r.t)$ دامنه amplitude دشعاع r په تابع سره کښل شوې ده.
داستوانه يې اهتزازکونکي د محورپه اوږدوکې يعنې r = 0 کې دمقناطيسي ساحې $H_\phi(r.t)$ دامنه صفرده خو داستوانې په ديوال باندې D/2 = r اعظمي قيمت لري. دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ دامنه په محورکې ترټولولوړقيمت لري اوداستوانې شعاع D/2 = r په اوږدوکې لکه دبسل تابع $J_0(k_0r)$ په ډول کمښت مومي.
دمايکروڅپې استوانه يې ډوله تشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکي په منځ کې د برېښنايز ساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ اود مقناطيسي ساحې سمتې زاويې $H_\phi(r.t)$ د خپرېدنې معادله داهتزازبنسټيز موډ TM_{010} لپاره په لاندې ډول ده . ماخذ (52Wan)

$$E_z(r.t) = E_0 J_0\left(\frac{\omega_0 r}{c}\right)\cos(\omega_0 t) \qquad (8,33a)$$

$$H_\phi(r.t) = -\frac{E_0}{\mu_0 c} J_1\left(\frac{\omega_0 r}{c}\right)\sin(\omega_0 t) \qquad (8,33b)$$

په (8,33a) معادله کې J_0 دبسل تابع ده اوپه (8,33b) معادله کې J_1 دبسل تابع مشتق دی.

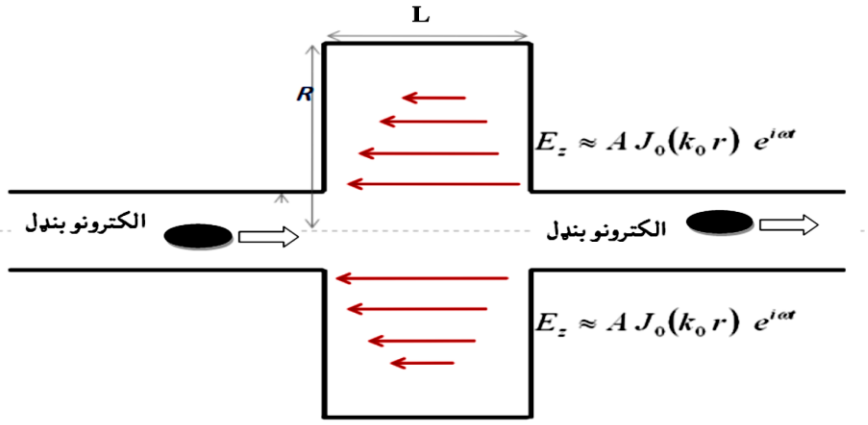
داستوانه يې اهتزازکونکي خپليزبنسټيزفريکونس ω_0 دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره ترلاسه کيږي . سرحدي شرط دادي چې دبرېښنايزساحې طولي برخه $E_z(r.t)$ داستوانه يې اهتزازکونکي په ديوال باندې چې دقطرنيمايي برخې سره مساوي ده D/2 = r بايدصفرشي.

داستوانه يې اهتزازکونکي خپليزبنسټيزفريکونس ω_0 اودشعاع r تر منځ لاندې اړيکې اعتبارلري.

$$\omega_0 = \frac{2.405\ c}{r} \qquad (8{,}33c)$$

په (8,33c) معادله کې $x = 2.405$ دبسل تابع $J_0(x)$ لومړی جذردی **او** c داستوانه يې اهتزازکونکي په منځ کې دنورسرعت دی.

په خطي تعجيل کوونکي دستګاه کې اوهمدارنګه دراډيو تراپي په ماشين کې دمايکروځپې استوانه يې ډوله تشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکي څخه ګټه پورته کيږي او د pillbox cavity په نوم ياديږي



۸- ۲۹شکل : دخطي تعجيل کوونکي يوې تشې استوانه يې ډوله فضاء يې خونې pillbox cavity مقطع طولي سطحه ښوول شوې ده چې د برېښنايز ساحې طولي برخې E_z په مټ دالکترونيوبنډل ته تعجيل ورکول کيږي . د برېښنايز ساحې طولي برخه E_z دوخت t په تړاوساين ډوله اهتزازکوي $E_z \approx e^{i\omega t}$ اوشېبه ايز کرښې يې په وکټورونوکښل شوې دي. د برېښنايز ساحې طولي برخه E_z داستوانې شعاع r په اوږدوکې دبسل تابع $J_0(k_0 r)$ په شان دفلزي ديوال خواته کمښت مومي.

په ۸- ۲۹شکل کې د اهتزازکوونکي اوږدوالی په L اوشعاع يې په R کښل شوې ده.

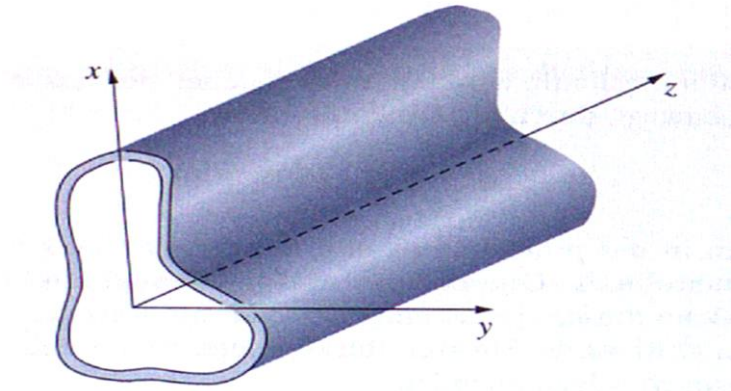
په استوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت کې دالکترومقناطيسي څپې خپرېدنې معادله :

په ۸- ۳۰ شکل کې استوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت کښل شوی دی چې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دلوړقدرته راډيوځپو دانتقال په موخه ورڅخه ګټه پورته کيږي. برسيره پردې که چېرته داستوانه يې څپې انتقال کوونکی په جوړښت کې نوښت راولو، نوکولای شوچې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې چارج شووبڅرکوته تعجيل ورکړو.

دبېلګې په توګه که چېرته داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت دسرخلاصه برخه اود اخر خلاصه برخه ديوه فلزي ديوال په مټ داسې بندکړو،چې فلزي تخته يادیوال دمحور z په اوږدوباندې عموداً ولاړوي، نوپه پايله کې دهرې خواڅخه يوترلی استوانه يې ډوله فلزي جوړښت ترلاسه کيږي. نوموړی ډول جوړښت د استوانه يې ډوله الکترومقناطيسي اهتزازکوونکي په نوم يادیږي.

کله چې په نوموړي اهتزازکوونکي جوړښت کې ولاړې څپې توليدشي نودالکترومقناطيسي څپې لوړفريکونس (1 GHz - 200 GHz) په مټ الکترونوته ان دومره تعجيل ورکول کيږي چې د فاز سرعت يې لږڅه دنورسرعت سره سمون لري. په پايله کې الکترونونه دميګاالکترون ولټ > 1 MeV څخه زياته انرژي ترلاسه کوي.

همدالامل دی چې دنوموړې جوړښت هراړخیزه الکترو مقناطیسي، میخانیکي اوفزیکي ځانګړتیاووپېژندنه ډېره اړینه ده.
دمایکروځپودانتقال لپاره استوانه یې څپې انتقال کوونکی جوړښت دعادي کېبل په پرتله یوه ډیره ګټوره تخنیکي آله تشکیلوي. داځکه چې دعادي کیبل په واسطه کولای شوچې یوازې هغه الکترومقناطیسي څپوته انتقال ورکړوچې فریکونس یې تریوګیګاهرڅ GHz پورې رسیږي. په داسې حال کې چې د استوانه یې څپې انتقال کوونکی جوړښت په مټ چې دفلزځخه جوړشوی وي اود منځ فضاء یې دهواځخه تشه وي، کولای شوچې ان دیوګیګاهرڅ ځخه لوړفریکونس څپوته دیوځای ځخه بل ځای ته چې په لیږې واټن کې پروت وي، انتقال ورکړو.
دنوموړي جوړښت عرضي مقطع کېدای شي چې دایروي بڼه اویاقایم الزاویوي بڼه اویابل ډول بڼه ولري. بلخواډیراړین ده چې دځپو انتقال کوونکي جوړښت گردچاپېره استوانه یې ډوله دیوال دبرېښناپه تړاویوډیرښه هدایت کوونکی فلزوي چې په ډیری سره د مسوفلزځخه جوړشوی وي.



۸- ۳۰شکل : دځپې انتقال کوونکي استوانه یې ډوله جوړښت په قایم الزاویه مختصاتوسیستم (x,y,z) کې کښل شوی دی چې منځ یې تش اوګردچاپېره چوکاټ یې دفلزځخه جوړدی. دپام وړده چې که داستوانې دمخ سطحه اودځټ اخر سطحه بنده وي نودتشې فضاء یې خونې په نوم یادیږي اوکه چېرته نوموړې سطحي خلاصې وي نودځپې انتقال کوونکي جوړښت په نوم یادیږي . ماخذ (49 Jack)

داستوانه یې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ کې دبرېښنایزساحې اومقناطیسي ساحې د خپرېدنې بڼه ډیره مغلقه ریاضي محاسبه غواړي خودحل لاره یې داده چې یوسلسله سرحدي شرطونه به ومنو،ترڅوپه نوموړي جوړښت کې دالکترومقناطیسي څپې د خپرېدنې محاسبه په اسانی سره ترسره شي . دنوموړې موخې لپاره لاندې سرحدي شرطونه په پام کې نیسو:

- موږبه ومنوچې دنوموړې جوړښت په منځ فضاء کې اوهمدارنګه دفلزي دیوال د د دننه برخه کې دازادو برېښنایز چارجونو کثافت $(\rho_{free} = 0)$ اوهمدارنګه دبرېښنایزجریان کثافت $(J_{free} = 0)$ صفردی .
- برسېره پردې فلزي دیوالونه یې دډېرښه هدایت کوونکي فلزي توکو لکه دمسوفلز ځخه جوړشوي دي . همدالامل دی چې په خپله دفلزي دیوال په منځ برخه کې برېښنایزساحه اومقناطیسي ساحه صفردي $E.B = 0$. په بله معنی $\vec{\nabla}.\vec{E} = \vec{\nabla}.\vec{B} = 0$ ،

- پاتې سرحدي شرطونه دادي چې دفلزي ديوال په ننې سطحه باندې د برېښنايز ساحې موازي برخه $\vec{E}_{\parallel} = 0$ اودمقناطيسي ساحې عمودي $\vec{B}_{\perp} = 0$ برخه بايد صفرقيمت ولري . دياډولووړه چې موازي انډکس index په $\parallel$ علامه او عمودي انډکس په $\perp$ علامه باندې ښوول شوی دی.
- برسيره پردې به ومنوچې دځپې انتقال کوونکی استوانه يې جوړښت د منځ برخه دهواځخه ډکه ده . ميو μ او اپسيلون ϵ په خپل وارسره دهوامقناطيسيت درجه پرمیابیلیټي permeability اودالکتريک ثابت dielectric constant دي.
- بلخوابرېښنايزساحه $E(x.y.z.t)$ اومقناطيسي ساحه $B(x.y.z.t)$ بايدداسې ځانګړتياوې ولري چې دځپوانتقال کوونکي استوانه ډوله جوړښت په منځ فضاء کې دځپې معادله اوهمدارنګه د ماکسول معادلې Maxwells Equations حل کړي.
- موږبه ومنوچې الکترومقناطيسي څپې هموارې څپې دي ، يورنګ لري Monochromatic يعنې يوټاکلی زاويوي فريکونس (اوميګاω) لري اوداستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت د محورz په لايتناهي اوږدوالي کې مثبت خواته $(-k_z z)$ په ازاده توګه مخ په وړاندې خپريږي ، په داسې حال کې چې نوموړې څپې د x محوراو y محورپه اوږدوکې دفلزي استوانه يې ديوال په واسطه محدودې ساتل کيږي. درياضي په ژبه نوموړی مطلب داسې ليکو:

$$\vec{E}(x.y.z.t) = \vec{E}_0(x.y)e^{-i\omega t - ik_z z} \qquad (8,34)$$

$$= (E_{0x}\vec{e}_x + E_{0y}\vec{e}_y + E_{0z}\vec{e}_z)e^{-i\omega t - ik_z z}$$

$$\vec{B}(x.y.z.t) = \vec{B}_0(x.y)e^{-i\omega t - ik_z z} \qquad (8,35)$$

$$= (B_{0x}\vec{e}_x + B_{0y}\vec{e}_y + B_{0z}\vec{e}_z)e^{-i\omega t - ik_z z}$$

په (8,34) معادله کې $\vec{E}_0(x.y)$ د برېښنايز ساحې $\vec{E}(x.y.z.t)$ دامنه ده چې د عرضي برخې په نوم يادېږي اوهمدارنګه په (8,35) معادله کې $\vec{B}_0(x.y)$ دمقناطيسي ساحې $\vec{B}(x.y.z.t)$ دامنه ده چې د عرضي برخې په نوم يادېږي او دځای محور x اودځای محور y محورتابع دي،

دبرېښنايزځپې $\vec{E}(x.y.z.t)$ او مقناطيسي ځپې $\vec{B}(x.y.z.t)$ دويمه برخه چې د ځای محور z اووخت t تابع ده يوازې دايکسپونينشل په تابع $e^{-i\omega t - ik_z z}$ کې نغښتې ده .

د x,y,z محورونوپه اوږدوکې واحدوکټورونه *unit vectors* په خپل وارسره په $\vec{e}_x$ ، $\vec{e}_y$ او $\vec{e}_z$ حروفو ښوول شوي دي.

دځپې انتقال کوونکي جوړښت دمحورz په اوږدوکې دالکترومقناطيسي ځپې د خپرېدنې محوريز ځايزشمير k_z حقيقي قيمت لري او داستوانه يې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د ځپې طول سره λ_z برعکس اړيکې لري .

$$k_z = \frac{2\pi}{\lambda_z}$$

- همدارنګه به ومنوچې داستوانه يې انتقال کوونکي جوړښت په ديوال کې انرژي نه ضايع کيږي اوبرښنايزهدايت زيګما σ يې لايتناهي قيمت لري. په بله معنی دځپې خپرېدنې ځايز شمېر k_z مجازي قيمت نه لري بلکې حقيقي قيمت لري .

(۱)پوښتنه داده چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې کوم ډول الکترومقناطيسي څپې خپريدلای شي ؟

(۲)دبرښنايزساحې $\vec{E}(x.y.z.t)$ اومقناطيسي ساحې $\vec{B}(x.y.z.t)$ د حل جمله دوخت t اودځای $(x.y.z.)$ په تړاوبايدځه ډول بڼه ولري،ترڅود ماکسول تفاضلي معادلې اوهمدارنګه دځپې معادلې حل کړي ؟ دنومورې موخې لپاره بايدپه لومړي گام کې $\vec{E}_0(x.y)$ تابع اود$\vec{B}_0(x.y)$ تابع ټولودريوبرخو لپاره دحل جمله پيداشي.

(۳)داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې دځپوخپليزاهتزازډولونه (eigenmodes) څومره دي او څه ډول بڼه لري ؟

ددې لپاره چې دپاس يادشووپوښتونوته ځواب ترلاسه کړواړين ده چې په لومړي گام کې داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې د ماکسول معادلې حل کړو.



داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې د ماکسول معادلې

(Maxwell`s Equation):

داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې برېښنايزساحه $E(x.y.z.t)$ اومقناطيسي ساحه $B(x.y.z.t)$ د ماکسول معادلو Maxwell`s Equation پر اساس خپريږي .

دالکترومقناطيسي څپې دبرېښنايزساحې E اومقناطيسي ساحې B دحل جمله بايدداسې ځانګړتياوې ولري چې دنوموړې جوړښت په منځ کې دځپې معادله حل کړي.

داستوانه يې څپوانتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې د ماکسول معادلې دګاوس واحداتو Gaussian units په سيستم کې لاندې بڼه ځانته غوره کوي. ماخذ (48Jackson)

$$\left.\begin{aligned}
&(i) \quad \vec{\nabla}.\vec{\mathrm{D}} = \vec{\nabla}.\left(\epsilon\vec{\mathrm{E}}\right) = 0\\
&(ii) \quad \vec{\nabla}.\left(\mu\vec{\mathrm{H}}\right) = \vec{\nabla}.\vec{\mathrm{B}} = 0\\
&\text{(iii)} \quad \vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial(\mu\vec{\mathrm{H}})}{\partial t} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}\\
&(iv) \quad \vec{\nabla}\times\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = \epsilon\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\\
&\qquad \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} = \mu\epsilon\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\\
&\qquad (\mathrm{B} = \mu H)\ ;\ .\ (\mathrm{D} = \epsilon\mathrm{E})
\end{aligned}\right\} (8{,}36)$$

د ماکسول معادلې (8,36) په يوه ناهدايت کوونکي چاپېريال کې هغه مهال اعتبارلري چې هلته دازادو برېښنايز چارجونو کثافت $(\rho_{\mathrm{free}} = 0)$ اودبرېښنايزجريان کثافت $(\mathrm{J}_{\mathrm{free}} = 0)$ صفروي .

همدارنګه منوچې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې برېښنايز ساحه E(t) اومقناطيسي ساحه B(t) دوخت t په تړاو دسايندوله تابع په ډول په زاويوي فريکونس ω سره اهتزازکوي .

$$\mathrm{E.B} \propto \mathrm{e}^{-\mathrm{i}\omega\mathrm{t}} = \cos(\omega\mathrm{t}) - \mathrm{i}(\sin\omega\mathrm{t}) \qquad (8{,}37)$$

په (37) معادله کې داويلرفرمول پر اساس Euler's formula دبرېښنايزساحې لومړی برخه $\cos(\omega\mathrm{t})$ حقيقي برخه ده اودويمه برخه $-i(\sin\omega\mathrm{t})$ مجازي برخه ده. په فزيکي تړاو زمورلپاره يوازي حقيقي برخه Re په زړه پورې ده اومجازي برخه يې درياضي فرمول دښپړتياپه موخه ورسره ليکو. همدارنګه داويلرفرمول پر اساس دبرېښنايزځپې يوه همواره څپه E چې دوخت t اود ځای (x,y,z) تابع ده اود z محورپه اوږدوکې مثبت خواته خپريږي په لاندې ډول ليکلای شو

$$E = E_0 e^{i(\omega t - kz)} = E_0 cos(\omega t - kz) + iE_0\, sin(\omega t - kz)$$
$$B = B_0 e^{i(\omega t - kz)} = B_0 cos(\omega t - kz) + iB_0\, sin(\omega t - kz)$$

$$E = Re(E_0 e^{i(\omega t - kz)}) = E_0 cos(\omega t - kz) \qquad (38)$$
$$B = Re(B_0 e^{i(\omega t - kz)}) = B_0 cos(\omega t - kz) \qquad (38a)$$

په (38) معادله کې دځپې ځايز شمېر په k ښوول شوی دی .
دیادولووړده ده چې زاویوي فریکونس ω کېدای شي چې دساعت سمت ولري clockwise اوپه منفي علامه ښوول کیږي اویاضدساعت سمت ولري اوپه مثبت علامه ښوول کیږي .خوپه فزیکي تړاودواړه خواوي یوشان اعبتارلري اودالکترومقناطیسي څپې د معادلې حل جمله تشکیلوي.

- که چېرته یوه الکترومقناطیسي څپه دz محورمثبت خواته خپریږي اودځپې ځایز شمېر وکټور k د خپرېدنې په محورعمودولاړوي نوپه ریاضي ژبه یې داسې لیکو $e^{i(\omega t - kz)}$
- که چېرته یوه الکترومقناطیسي څپه دz محورمنفي خواته خپریږي اودځپې ځایز شمېر وکټور k د خپرېدنې په محورعمودولاړوي نوپه ریاضي ژبه یې داسې لیکو $e^{i(\omega t + kz)}$

کله چې دېرښنایزساحې E مشتق دوخت t په تړاوونیسو، نولروچې

$$\frac{\partial}{\partial t} e^{-i\omega t} = -i\omega\, e^{-i\omega t} \qquad (8,39)$$

اوس د (8,39) معادلې مشتق نتیجه د ماکسول په معادلوکې (8,36) اچوواوپه لاندې ډول یې لیکو:

$$\left.\begin{array}{ll}
(i) & \vec{\nabla}.(\epsilon\vec{E}) = 0 \\
(ii) & \vec{\nabla}.(\mu\vec{H}) = 0 \\
\text{(iii)} & \vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} = i\frac{\omega}{c}\vec{B} \\
(iv) & \vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu\epsilon\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} = -i\mu\epsilon\frac{\omega}{c}\vec{E} \\
 & (B = \mu H)\,;\,(D = \epsilon E) \\
 & J = \rho = 0
\end{array}\right\} (8,40)$$

دپام وړده چې د ماکسول معادلې (8,40) دګاوس واحداتوسیستم cgs کې لیکل شوې دي.
دګاوس واحداتوسیستم cgs اودنړیوال واحداتوسیستم SI تر منځ توپیردادی چې برښنایز ساحه E په تشه فضاء کې دنورسرعت c په کارولوسره لاندې اړیکې لري . $\mathbf{E}_{cgs} = c^{-1}\,\mathbf{E}_{SI}$

که چېرته دالکترومقناطیسي څپې سکالار تابع په في Φ وښیو، . نوداستوانه یې څپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ تشه فضاء کې دځپې معادلې هراړخیز ډولونه په لاندې ډول دي.

$\Delta\,\Phi = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2}$	(8,41)	دڅپي معادله
$\Delta\,\Phi + k^2\Phi = 0$	(8,42)	دهلم هولڅ معادله
$\Delta\,\Phi = 0$	(8,43)	دلاپلاس معادله

- په (8,41) معادله کې دلتا Δ دلاپلاس عملګر Laplace operator په نوم یادیږي ،
- په تشه فضاء کي دڅپي ځایز شمېرپه $k = \frac{\omega}{c}$ ښوول شوی دی اوواحدیي یوپرمتر دی 1/m .

کله چې دهلم هولڅ Helmholz-Equation په تفاضلي معادله کې (8,42) دڅپي ځایزشمېر $k = 0$ صفروټاکو، نودلاپلاس تفاضلي معادله (8,43) Laplace`s Equation ترلاسه کیږي.

په قایم الزاویه مختصاتوسیستم کې دالکترومقناطیسي څپې معادله :

د ماکسول په معادلو Maxwell's equations کې دالکترومقناطیسي څپې بربښنایز ساحه E اومقناطیسي ساحه B یودبل سره تړلې دي . خوکله چې د ماکسول درېیمې اوڅلورمې معادلې ښې خواوکیې خو باندي دنبلا عملګر $\nabla \times$ وکاروو، اودوکټورمحاسبې لاندې ځانګړی قانون ، ترسره کړو

$$\nabla \times \left(\nabla \times \vec{\mathrm{E}}\right) = \nabla\left(\nabla . \vec{\mathrm{E}}\right) - \nabla^2 \vec{\mathrm{E}} = = -\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}}\left(\nabla \times B\right) \qquad (8{,}44)$$

اوپردې برسیره د ماکسول لومړی اودویمه معادله په پام کې ونیسو،نو د ماکسول معادلو (8.36) څخه دالکترومقناطیسي څپې بربښنایزساحې $\vec{E}$ اومقناطیسي ساحې $\vec{B}$ دڅپووکټوري معادله ترلاسه کیږي.

ماخذ (48Jac.)

$$\nabla \times (\nabla \times \mathrm{E}) = -\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}}\left(\nabla \times B\right) = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \qquad (8{,}44a)$$

$$\nabla \times (\nabla \times \mathrm{B}) = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial \mathrm{t}}\left(\nabla \times E\right) = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} \qquad (8{,}44b)$$

په پایله کې درینې دکارت René Descartes مختصاتوپه سیستم کې دبربښنایزساحې $\vec{E}(x.y.z.t)$ اودمقناطیسي ساحې $\vec{B}(x.y.z.t)$ دڅپې دویمه درجه تفاضلي اودمکان په تړاودرې بعده معادله په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$\left(\Delta - \mu\epsilon\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\vec{E}(x.y.z.t) = 0 \qquad (8,45)$$

$$\left(\Delta - \mu\epsilon\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\vec{B}(x,y,z,t) = 0 \qquad (8,46)$$

دالکترومقناطيسي څپې دري بعده معادله

په (8,45) معادله کې :

- $\Delta = \nabla^2$ دلاپلاس عملګر Laplace operator ، دی
- $\vec{E}(x,y,z,t)$ دبرښنايزساحې وکټور او $\vec{B}(x,y,z,t)$ مقناطيسي ساحې وکټوردی .
- په فضاء کې دنورسرعت په c ښوول کيږي اومساوي دی له :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = 3.00 \times 10^8\ m/s$$:

- په يوه چاپېريال کې دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې سرعت اويا په بله معنی د فاز سرعت c_{ph} مساوي دی له :

$$c_{ph} = \frac{c}{n} = \frac{1}{\sqrt{\mu\,\epsilon\mu_0\epsilon_0}}$$

- ميو μ په يوه چاپېريال کې دهوامقناطيسيت درجه يعنې پرمیابيليټي permeability ده او اپسيلون ϵ دالکتريک ثابت dielectric constant دی .نوموړي کميتونه په تشه فضاء کې په μ_0 او ϵ_0 حروفوښوول کيږي . ديوه چاپېريال څخه بل چاپېريال ته دوړانګوماتېدونکی ضريب په $n = \sqrt{\mu\,\epsilon}$. ښوول کيږي.

د دکارت René Descartes مختصاتوپه سيستم کې دلاپلاس عملګر $\Delta = \nabla^2$ په لاندې ډول تعريف شوی دی.

$$\Delta \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \qquad (8,47)$$

اوس دالکترومقناطيسي څپې د معادلې (8,45) حل کولوپه موخه دحل جمله لټوو، چې دهموارې متحرکوشپودیوځای کيدلواوتداخل څخه ترلاسه کيږي. برسيره پردې لاندې شرطونه هم په پام کې نيسو:

- مورمنوچې برښنايز ساحه E اومقناطيسي ساحه B دوخت t په تړاو $E.B \propto = e^{-i\omega t}$ اودځای محور z په تړاو $E.B \propto e^{-ik_z z}$ هارمونيک ايکسپونينشل تابع دي اوپه يوه واحد زاويوي فريکونس ω د z محورپه مثبت خواکې خپرېږي.
- بلخواکله چې دشپو انتقال کوونکي استوانه يې جوړښت په منځ کې الکترومقناطيسي څپې د z محورپه اورډوکې مخ په وړاندې خپرېږي اويا ايساري پاتې شې نوزموړلپاره دنوموړې څپې د برښنايز ساحې داهتزاز هغه ډول بڼې modes په زړه پورې دي چې دشپود خپرېدنې wave propagation سمت z په اورډوکې اهتزازکوي اود عرضي مقناطيسي څپې ډول

$TM(E_z \neq 0;\ B_z = 0)$ په نوم يادېږي. همدالامل دی چې نوموړې ډول څپې برخې ته دبرېښنايزڅپې طولي برخه $E_z =$ Longitudinalwaves هم ويل کيږي.

- څرنګه چې دلته په هندسي تړاو د استوانه يې ډوله جوړښت سره سراوکارلرو، نوداسانتياپه موخه دبرېښنايزساحې $\vec{E}(x,y,z,t)$ اومقناطيسي ساحې $\vec{B}(x,y,z,t)$ هغه برخه چې دځای محورz اووخت t تابع دي يعنې $e^{-i\omega - ik_z z}$ برخه په جدا توګه ليکو.

دپاس يادشوو ګڼ شمېرسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره اوس موږاټکل کوو چې دبرېښنايز څپې معادلې (8,45) اومقناطيسي څپې معادلې (8,46) دحل جمله دځای r(x,y,z) اودوخت T(t) په تابع سره ايکسپونينشيل Exponential بڼه لري. په بله معنی د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}(x.y.z.t)$ اومقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}(x.y.z.t)$ داهتزازبڼه چې داستوانه يې تيوب د z محورپه اوږدوکې مثبت خواته اويامنفي خواته خپريږي په لاندې ډول ليکلای شو: ماخذ (49Jack)

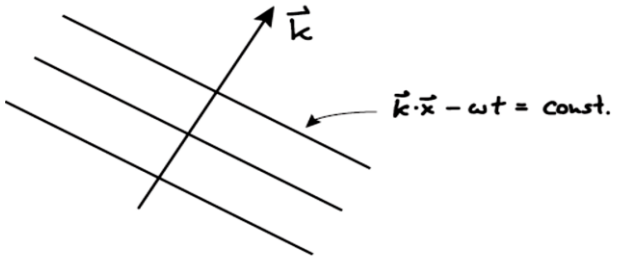
$$\vec{E}(x.y.z.t) = \vec{E}_0(x.y)e^{-i\omega t \pm ik_z z} \qquad (8,48)$$

$$\vec{B}(x.y.z.t) = \vec{B}_0(x.y)e^{-i\omega t \pm ik_z z} \qquad (8,49)$$

دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله

دبرېښنايزساحې حل جمله (8,48) اومقناطيسي ساحې حل جمله (8,49) په خپل وارسره دبرېښنايزساحې اومقناطيسي ساحې دڅپې اهتزاز بڼه رابنيي چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت دمحور z په اوږدوکې په ازادډول مثبت خواته $\vec{E}_0(x.y)e^{-i\omega t - ik_z z}$ اويامنفي خواته $\vec{E}_0(x.y)e^{-i\omega t + ik_z z}$ خپريږي .

په (8,48) معادله کې $\vec{E}_0(x.y)$ او $\vec{B}_0(x.y)$ فکټور ته دڅپې دامنه ويل کيږي او $e^{-i\omega t \pm ik_z z}$ تابع ته دڅپې فاز فکټورويل کيږي.

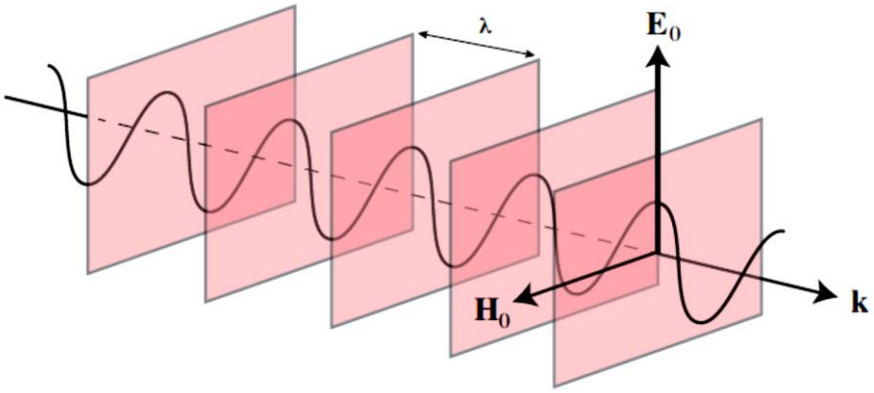


۸- ۳۱ شکل : په نوموړي شکل کې دالکترومقناطيسي څپې فاز *phase* يوفزيکي کميت دی اوپه $\vec{k}.\vec{x} - \omega t =$ *constant* بڼوول شوی دی. د فاز *phase* ثابتې سطحي دڅپې خپرېدنې پرځای *vector* وکټور $\vec{k}(k_x.k_y.k_z)$, باندې عمودولاړې دي.

په (8,48) معادله کې $k_z = \frac{2\pi}{\lambda_z}$ دبرېښنايزڅپې د خپرېدنې دځای محوريزشمېرپه axial wave number نوم يادېږي . نوموړی کميت د استوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت د محورz په اوږدوکي د برېښنايز ساحې برخې E_z د خپرېدنې سمت په ګوته کوي.

داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت په اوږدوکې دځپې طول په λ_z ښوول شوی دی اودنوموړې جوړښت دځپې طول *guide wavelength* په نوم يادیږي.

د (8,48) معادلې دمناسب خطي ترکيب څخه کولای شو چې داسې څپې ترلاسه کړو چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت د z محورپه اوږدوکې په ازادډول مخ په وړاندې خپريږي اويادا چې دوه مخالف سمته متحرکي الکترومقناطيسي څپې سره يوځای شي اوتداخل وکړي اوپه پايله کې ولاړې څپې منځ ته راشي.



۸- ۳۲ شکل: په ازاده فضاء کې دهموارې الکترومقناطيسي څپې بڼه ښودل شوې ده چې په سرعت c دځپې وکټور $K = (k_x.k_y.k_z)$ په سمت کې خپريږي. دځپې وکټور $\vec{K}$ ، د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}_0$ اودمقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}_0$ يوپربل باندې عمودولاړدي. په ټوليزه توګه دمحور هرې خواته x,y,z په ازاده فضاء کې دهموارې الکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله په لاندې ډول ليکلای شو.

$$\vec{E}(x.y.z.t) = \vec{E}_0\, e^{\pm i(k_x x + k_y y + k_z z) - i\omega t} \qquad (8,48a)$$

$$\vec{B}(x.y.z.t) = \vec{B}_0\, e^{\pm i(k_x x + k_y y + k_z z) - i\omega t} \qquad (8,48b)$$

اوس مسئله داده چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکی جوړښت په منځ فضاء کې دالکترومقناطيسي څپې دمعادلې دحل اټکل شوې جمله (8,48) کې د برېښنايز ساحې دامنه $\vec{E}_0(x.y)$ اوهمدارنګه دمقناطيسي ساحې دامنه $\vec{B}_0(x.y)$ دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره څرنګه بڼه او ځانګړتياوي ولري ترڅو په يوه استوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت کې د ماکسول معادلې (8,36) اوهمدارنګه دالکترومقناطيسي څپې معادله (8,45) حل کړي .

دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل کړنلاره:

دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل کولوپه موخه دبرښنايزساحې اټکل شوې حل جمله (8,48) اومقناطيسي ساحې اټکل شوې حل جمله (8,49) دالکترومقناطيسي څپې په معادله (8,45) کې اچوو.

دنومړې موخې لپاره په لومړې گام کې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جملې (8,48) مشتق دوه ځله دوخت t په تړاو نيسو،اوپه يادولروچې ($i^2 = -1$) نولروچې :

$$E.B \propto = e^{-i\omega t}$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial t}\right) e^{-i\omega t} = -i\omega\, e^{-i\omega t}$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) e^{-i\omega t} = -\omega^2\ e^{-i\omega t} \qquad (8,50)$$

کله چې دوخت په تړاود حل جملې دويم مشتق معادله (8,50) دبرښنايزساحې دځپې په معادله (8,45) کې اومقناطيسي ساحې په معادله (8,46) کې واچوو،نولروچې:

$$\boxed{\left(\Delta + \mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}\right)\vec{E}(x,y,z) = 0 \qquad (8,51)}$$

$$\boxed{\left(\Delta + \mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}\right)\vec{B}(x,y,z) = 0 \qquad (8,52)}$$

(8.51) معادله دهلم هولځ Helmholtz equation برښنايزځپې وکټوري درې بعده معادلې په نوم يادېږي .

په نومړې معادله کې دتعريف سره سم دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې ځايز شمېر k دزاويوي فريکونس ω اودنورسرعت سره c لاندې اړيکې لري : $k = \mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}$

په دويم گام کې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جملې (8,48) مشتق دوه ځله دځای محور z په تړاو نيسو، ($i^2 = -1$)

$$E_z.B_z \propto e^{-ik_z z} \qquad (8,53)$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right) e^{-ik_z z} = 0$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial z}\right) e^{-ik_z z} = -ik_z\, e^{-ik_z z}$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right) e^{-ik_z z} = -\ k_z^2\ e^{-ik_z z} \qquad (8,54)$$

کله چې دځای z په تړاو دحل جملې دويم مشتق (8,54) نتيجه دالکترومقناطيسي څپې په معادله (8,45) او (8,46) کې واچوو،نوپه پايله کې دهلم هولځ Helmholtz equation څپې وکټوري درې بعده معادله دوه بعده معادلې ته راتيټيږي اوپه لاندې ډول يې ليکو:.

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z{}^2\right)\right]\vec{E}(x.y)=0 \qquad (8,55)$$

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z{}^2\right)\right]\vec{B}(x.y)=0 \qquad (8,56)$$

(8.55) او$(8,56)$دالکترومقناطيسي څپې معادلې دې چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې خپريږي. ماخذ (49Jack)

نوموړې معادلې دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره دبرښيناايزساحې $\vec{E}(x.y)$ اومقناطيسي ساحې $\vec{B}(x.y)$ دحل جملې پيداکولوپه موخه درياضي په څانګه کې دخپليزقيمتونومعادلې eigenvalue equation په نوم يادېږي
دخپليزقيمتونو معادلې (8.55) او$(8,56)$ لپاره دحل جملې يوه عمودي مجموعه جوړوي Orthogonal set چې خپليزقيمتونه يې مساوي دي له

$$\gamma_\lambda^2=\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z{}^2\right) \qquad (8,55i)$$

په $(8,55i)$ معادله کې ګاما γ_λ^2 دخپليزقيمتونو يوطيف تشکيلوي چې دهرخپليزقيمت سره مطابق دبرښنايزساحې E_λ دحل يوه جمله $E_\lambda;(\lambda=1.2.3.\ldots)$ شتون لري . دحل توپيرلرونکي جملوته دځپې انتقال کوونکي داهتزازبڼه modes of the wave guide ويل کيږي.

- ددې لپاره چې دهلم هولځ Helmholtz equation څپې دوه بعده معادله (8.55) او $(8,56)$ دځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې حل شي ،بايد دبرښنايزڅپې د خپرېدنې دځای محوريزشمېر $k_z=\frac{2\pi}{\lambda_z}$ حقيقي قيمت ولري .
- دځپې د خپرېدنې ځايزشمير k لپاره ليکلای شوچې :

$$\boxed{k^2=\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}=k_x^2+k_y^2+k_z^2} \qquad (8,56a)$$

د $(8,56a)$ معادلې څخه دبرښنايزڅپې خپرېدنې دځای محوريزشمېر k_z په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$k_z=\frac{2\pi}{\lambda_z}=\sqrt{\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_x^2-k_y^2} \qquad (8,56b)$$

څرنګه چې په $(8,56b)$ معادله کې λ_z دځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دځپې طول دی نوله دې کبله دهلم هولځ Helmholtz equation څپې معادله هغه مهال حل کېدای شي چې يوخوا دځپې انتقال کوونکي جوړښت هندسي بعدونه په بشپړتوګه معلوم وي اوبلخواسرحدي شرطونه پوره شي .

دېبلګې په توګه سرحدي شرطونه دادي چې دځپې انتقال کوونکي جوړښت دفلزي ديوال په ننی سطحه باندې د برښنايز ساحې موازي برخه $\vec{E}_\parallel=0$ اودمقناطيسي ساحې عمودي $\vec{B}_\perp=0$ برخه بايد صفرقيمت ولري

- دالکترو مقناطيسي څپې د خپرېدنې ځايز شمېر $k_j=\frac{\omega_j}{c}\sqrt{\mu\epsilon}$ يوازې مجازاوټاکلي قيمتونه اخيستلای شي چې دذاتي خپليزقيمتونو eigenvalue په نوم يادېږي .

- دهلم هولځ دحل جملوته داهتزازخپليزډول eigenmodes ويل کيږي اودهغوی سره په تړاوکې ورته فريکونسونوته خپليزفريکونسونه ويل کيږي. خپليزموډ ديوه سيستم طبيعی اهتزازته ويل کيږي چې دسيستم توپيرلرونکې برخې په ټوليزه توګه او يوځای په همغه يوشان فريکونس سره اهتزازکوي.

نوموړي خپليزفريکونسونه يوازې د استوانه يي اهتزازکوونکي په هندسي اوتخنيکي جوړښت پورې اړه لري.

دطولي الکترومقناطيسي ساحو$(E_z; B_z)$ په مټ دعرضي ساحو $(E_x ; E_y ; B_x ; B_y)$ محاسبه :

څرنګه چې د استوانه يې څېې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دهلم هولځ Helmholtz equation څېې دوه بعده معادله (8,55) اعتبارلري ،نو اوس غواړوچې د برېښنايزساحې $\vec{E}(x.y)$ اومقناطيسي ساحې $\vec{B}(x.y)$ لپاره دحل جملي ولټوو.

دهلم هولځ Helmholtz equation څېې (8,55) په معادله کې برېښنايزساحه $\vec{E}(x.y.)$ درې برخې لري $E_x ; E_y ; E_z$ اوهمدارنګه مقناطيسي ساحه $\vec{B}(x.y.)$ هم درې برخې لري $B_x ; B_y ; B_z$ اودهغوی هره برخه يوازې دځای دوومحورونو x,y, تابع ده. دنوموړوهرې ساحې برخې دحل جمله ديوبل سره توپيرلري او دهلم هولځ څېې معادله حل کولای شي

دبېلګې په توګه د برېښنايز ساحې $\vec{E}(x.y.)$ لپاره دهلم هولځ څېې وکټوري معادلې درې برخې په لاندې ډول ليکلای شو:

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z^{\,2}\right)\right]E_x(x,y)=0 \qquad (8,55a)$$

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z^{\,2}\right)\right]E_y(x,y)=0 \qquad (8,55b)$$

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\left(\mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2}-k_z^{\,2}\right)\right]E_z(x,y)=0 \qquad (8,55c)$$

اوس هڅه کووچې دهرې برېښنايزساحې برخې $E_x ; E_y ; E_z$ اومقناطيسي ساحې برخې $B_x ; B_y ; B_z$ لپاره دحل داسې جمله پيداکړو،چې د استوانه يې څېې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره دهلم هولځ څېې دوه بعده معادله (8,55) او (8,56) حل کړي.

- داستانيتاپه موخه د برېښنايزساحې وکټور $\vec{E}$ په دوه برخوويشوچې يوه برخه يې د څېې خپرېدنې سمت z سره موازي E_z ده اود برېښنايزساحې طولي برخې longitudinal field اويادمحوريزساحې axial field په نوم يادېږي اوبله برخه يې دځېې خپرېدنې په سمت z باندې عمودولاړه ده اودبرېښنايزساحې عرضي اوياعمودي برخې $E_\perp(x.y)$ په نوم يادېږي. دياډولووړده چې موازي انډکس index په ∥ علامه او عمودي انډکس په ⊥ علامه باندې ښوول شوی دی. دمقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ هم په ورته ډول په دوه برخوويشو

ماخذ (49Jack)

$$\vec{E}=E_z(x,y)\vec{e}_z+\vec{E}_\perp(x,y) \qquad (8,56)$$

$$\vec{B}=B_z(x,y)\vec{e}_z+\vec{B}_\perp(x.y) \qquad (8,57)$$

په (8,56) معادله کې دبرېښنايزساحې عرضي برخه په $E_{\perp}(\mathrm{x,y})$ اودمقناطيسي ساحې عرضي برخه په $\vec{B}_{\perp}(x.y)$ ښوول شوي ده اومساوي ده له:.

$$\vec{E}_{\perp}(\mathrm{x,y}) = E_{\mathrm{x}}(\mathrm{x,y})\vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{x}} + E_{\mathrm{y}}(\mathrm{x,y})\vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{y}} \qquad (8{,}58a)$$

$$\vec{B}_{\perp}(x.y) = B_{\mathrm{x}}(\mathrm{x,y})\vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{x}} + B_{\mathrm{y}}(\mathrm{x,y})\vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{y}} \qquad (8{,}58b)$$

په (8,56) معادله کې $\vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{x}}, \vec{\mathrm{e}}_{\mathrm{y}}$; په خپل وارسره د $x;y;$ محورونوپه سمت کې واحدوکټورونه *unit vectors* دي اومساوي دي له :

$$\vec{\mathrm{e}} = \frac{\vec{k}}{k}$$

- په (8,56) معادله کې $\mathrm{E_y(x.y)}$ او $\mathrm{E_x(x.y)}$ دعرضي اويا په بله معنی د عرضي برېښنايزساحې هغه دوه برخې دي چې د x محوراو y محورپه اوږدوکې اهتزازکوي اوپه $\vec{\mathrm{E}}_{\perp}$ ښوول کيږي
- همدارنګه په (8,56) معادله کې $\mathrm{E_z(x.y)}$ د برېښنايز ساحې هغه برخه ده چې د z محورپه اوږدوکې اهتزازکوي. نوموړې ساحې ته دبرېښنايز څپې طولي برخه اويامحوريزبرخه هم ويل کيږي. دپام وړده چې نوموړې برخه دz محورتابع نه ده.

دلاپلاس عملګر Δ هم په دووبرخوويشو،چې يوه برخه يې د z محورسره موازې Δ_z اوبله برخه يې د z په محوربانديې عمو $\Delta_{\perp}$ دولاړه ده. عمودي برخه په $\perp$ علامه باندې ښيو. ماخذ (49Jack)

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial \mathrm{x}^2} + \frac{\partial^2}{\partial \mathrm{y}^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \Delta_{\perp} + \Delta_z \qquad (8{,}59)$$

$$\Delta_{\perp} = \frac{\partial^2}{\partial \mathrm{x}^2} + \frac{\partial^2}{\partial \mathrm{y}^2}$$

$$\Delta_z = \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

په (8,59) معادله کې $\Delta_{\perp}$ دلاپلاس عملګرعمودي برخه ده اوپه لاندې ډول يې تعريف کوو :

$$\Delta_{\perp} \equiv \Delta - \frac{\partial^2}{\partial z^2} \qquad (8{,}60)$$

په رياضي تړاوکولا ی شوچې په اسانی سره د برېښنايز ساحې طولي برخې $E_z(x.y)$ اودمقناطيسي ساحې طولي برخې $B_z(x,y)$ لپاره دحل جمله پيداکړواودځپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دهلم هولځ څپې معادله $(8{,}55c)$حل کړو.
خود برېښنايز ساحې عرضي برخو $E_x(x,y); E_y(x,y)$ اودمقناطيسي ساحې عرضي برخو $B_x(x,y); B_y(x,y)$ لپاره دحل جملي پيداکول چې $(8{,}58a)$ معادله او $(8{,}58a)$ معادله حل کړي، په رياضي تړاو خوراستونزمن کاردي اومغلقه محاسبه غواړي.
دحل يوه لاره يې داده چې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله (8,48) او(8,49) د ماکسول په معادلوکې واچوو.
په پايله کې ښکاره کيږي چې د برېښنايز ساحې عرضي برخې $E_x(x.y); E_y(x.y)$ اودمقناطيسي ساحې عرضي برخې $B_x(x.y); B_y(x.y)$ د برېښنايز ساحې طولي برخې $E_z(x.y)$ اودمقناطيسي ساحې طولي برخې $B_z(x.y)$ په تابع سره ترلاسه کيږي. په دې اړونددې لوستونکی اصلي ماخذ (.49Jac) ته مراجعه وکړي.

- په لومړي ګام کې د طولي برېښنايزساحې $\mathrm{E_z\ (x,y)}$ او طولي مقناطيسي ساحې $\mathrm{B_z\ (x,y)}$ لپاره دحل جمله لټوواودهلم هولځ سکالارې دوه بعده معادله $(8.55c)$ حل کوو.

- په دويم ګام کې دهلم هولځ سکالارې دوه بعده معادلو$(8.55a)$ او $(8.55b)$ دبرېښنايزساحې عرضي برخه $\vec{E}_{\perp}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ اومقناطيسي ساحې عرضي برخه $\vec{B}_{\perp}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ د ماکسول معادلوڅخه ترلاسه کوو
- په درېيم ګام کې د ماکسول معادلومحاسبه په ډاګه کوي چې دبرېښنايزساحې عرضي برخه $\vec{E}_{\perp}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ اومقناطيسي ساحې عرضي برخه $\vec{B}_{\perp}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ په اسانی سره د طولي برېښنايزساحې $E_{\mathrm{z}}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ او طولي مقناطيسي ساحې $B_{\mathrm{z}}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ دمشتق څخه ترلا سه کيږي.

په دې برخه کې نوموړي درې ګامونه پرلپسې عملي کوو.

کله چې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله (8,48) او(8,49) د ماکسول په لومړی معادله (i) اودويمه معادله (ii) کې واچونولروچې :

$$(i)\quad \vec{\nabla},\vec{E}\ =0$$

$$\frac{\partial \mathrm{E_x}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial \mathrm{E_y}}{\partial \mathrm{y}}+\frac{\partial \mathrm{E}_{\mathrm{z}}}{\partial \mathrm{z}}=\frac{\partial \mathrm{E_x}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial \mathrm{E_y}}{\partial \mathrm{y}}-\mathrm{ik_z}E_z=0 \qquad (8,61)$$

همدارنګه د ماکسول دويمې معادلې (ii) په کارولوسره لروچې :

$$(ii)\quad \vec{\nabla},(\mu\vec{\mathrm{H}})=\vec{\nabla},\vec{\mathrm{B}}=0$$

$$\frac{\partial \mathrm{B_x}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial \mathrm{B_y}}{\partial \mathrm{y}}+\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{z}}=\frac{\partial \mathrm{B_x}}{\partial \mathrm{x}}+\frac{\partial \mathrm{B_y}}{\partial \mathrm{y}}-\mathrm{ik_z}B_z=0 \qquad (8,62)$$

کله چې دالکترومقناطيسي څپې د معادلې حل جمله (8,48) او(8,49) د ماکسول په دريمه (iii) اوڅلورمه معادله (iv) کې واچوونولروچې :

$$(iii)\quad \vec{\nabla}\times\vec{E}=-\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=i\,\frac{\omega}{c}\vec{B} \qquad (8,63)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \mathrm{y}}+\mathrm{ik_z}E_y=i\,\frac{\omega}{c}\,\mathrm{B_x} \qquad (8,64)$$

$$-\mathrm{ik_z}E_x-\frac{\partial E_z}{\partial x}=i\,\frac{\omega}{c}\,\mathrm{B_y} \qquad (8,65)$$

$$\frac{\partial \mathrm{E_y}}{\partial \mathrm{x}}-\frac{\partial \mathrm{E_x}}{\partial \mathrm{y}}=i\,\frac{\omega}{c}\,\mathrm{B_z} \qquad (8,66)$$

نوموړي کړنلاره د ماکسول څلورمې معادلې لپاره په ورته ډول ترسره کوو

$$(iv)\quad \vec{\nabla}\times\vec{B}=\mu\epsilon\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}=\ -\ i\,\mu\epsilon\,\frac{\omega}{c}\,\overrightarrow{E} \qquad (8,67)$$

$$\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{y}}+\mathrm{ik_z}B_y\ =-\ i\,\mu\epsilon\,\frac{\omega}{c}\,E_x \qquad (8,68)$$

$$-\mathrm{ik_z}B_x - \frac{\partial B_z}{\partial x} = -i\,\mu\epsilon\,\frac{\omega}{c}\,\mathrm{E_y} \qquad (8,69)$$

$$\frac{\partial \mathrm{B_y}}{\partial \mathrm{x}} - \frac{\partial \mathrm{B_x}}{\partial \mathrm{y}} = -\,i\,\mu\epsilon\,\frac{\omega}{c}\,\mathrm{E_z} \qquad (8,70)$$

څرنګه چې په (8,64) او(8,69) معادله کې د عرضي برېښنايزساحې برخه E_y او B_x شريکه ده ،نوکولای شوچې په ځانګړي ډول يې ورځخه راوباسو.همدارنګه په (8,65) او(8,68) معادلوکې هم په خپل وارسره E_x او B_y برخه شريکه ده اوله دې کبله يې د معادلې کين خواته راوباسو،نولورچې : مأخذ(50Griff)

$$E_x = \frac{1}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2}\left(\mathrm{k_z}\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \mathrm{x}} - i\,\frac{\omega}{c}\,\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{y}}\right) \qquad (8,71)$$

$$E_y = \frac{1}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2}\left(\mathrm{k_z}\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \mathrm{y}} - i\,\frac{\omega}{c}\,\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{x}}\right) \qquad (8,72)$$

$$B_x = \frac{1}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2}\left(\mathrm{k_z}\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{x}} + i\,\mu\epsilon\frac{\omega}{c}\,\frac{\partial E_z}{\partial \mathrm{y}}\right) \qquad (8,73)$$

$$B_y = \frac{1}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2}\left(\mathrm{k_z}\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{y}} + i\,\mu\epsilon\frac{\omega}{c}\,\frac{\partial E_z}{\partial \mathrm{x}}\right) \qquad (8,74)$$

د $(8,71-74)$ معادلوڅخه په ښکاره مالوميږي چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې عرضي برېښنايزساحې برخې E_x ، E_y اوهمدارنګه د عرضي مقناطيسي ساحې برخې B_x، B_y په خپل وارسره د طولي برېښنايزساحې $E_z(x.y)$ او طولي مقناطيسي ساحې $B_z(x.y)$ تابع دي .

نوکه موږ يوځل په دې وتوانيږوچې دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z(x.y)$ اوهمدارنګه دمقناطيسي ساحې طولي برخې $B_z(x.y)$ لپاره دحل جمله پيداکړو،نوپه اسانی سره کولای شوچې دنومورۍوساحودمشتق په نيولوسره عرضي برېښنايز ساحه $\vec{E}_\perp(x.y)$ او عرضي مقناطيسي ساحه $\vec{B}_\perp(x.y)$ ترلاسه کړو.

د $(8,71-74)$ معادلولنډيزپه لاندې ډول ليکلای شو.

اخځليک (49Jac)

$$\boxed{\vec{E}_\perp(x.y) = \frac{1}{\gamma^2}\left(\vec{\nabla}_\perp\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \mathrm{z}} - \mathrm{i}\,\frac{\omega}{c}\,(\vec{e}_z \times \vec{\nabla}_\perp)\mathrm{B_z}\right)} \qquad (8,75)$$

$$\boxed{\vec{B}_\perp(x.y) = \frac{1}{\gamma^2}\left(\vec{\nabla}_\perp\frac{\partial \mathrm{B_z}}{\partial \mathrm{z}} + \mathrm{i}\mu\epsilon\frac{\omega}{c}\,(\vec{e}_z \times \vec{\nabla}_\perp)\mathrm{E_z}\right)} \qquad (8,76)$$

په (8,75) او (8,75) معادله کې دڅپې عرضي ځايز شمېر ګاما γ مساوي ده له :

$$\gamma^2 = \left(\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2\right) \qquad (8,77)$$

- **د** (8,75) او(8,76) څپې معادلې څخه ښکاره مالوميږي چې دبرښنايزساحې عرضي برخه $\vec{E}_{\perp}(x.y)$ اودمقناطيسي ساحې عرضي برخه $\vec{B}_{\perp}(x.y)$ د برښنايز ساحې طولي برخې $E_z\,(x,y)$ اومقناطيسي ساحې $B_z\,(x,y)$ طولي برخې تابع دي. نوموړی مطلب درياضي په ژبه داسې هم ليکلای شو:

$$\vec{E}_{\perp}(x.y) = f(E_z\,(x,y))$$
$$\vec{B}_{\perp}(x.y) = f(\ B_z\,(x,y))$$

دښلګې په توګه د عرضي مقناطيسي څپې $TM-waves$ ډول لپاره (8,75) معادله لاندې بڼه ځانته غوره کوي .

$$\vec{E}_{\perp}(x.y) = \frac{ik_z}{\gamma^2}\vec{\nabla}_{\perp}E_z \qquad TM-waves \qquad (8,78)$$
$$B_z\,(x,y) = 0$$

(8,78) معادله په ډاګه کوي چې دڅپې انتقال کوونکي تيوب ډوله جوړښت په منځ کې عرضي برښنايزساحه $\vec{E}_{\perp}(x.y)$ د طولي برښنايز ساحې $E_z\,(x,y) \neq 0$ تابع ده اودنوموړې ساحې ځايز مشتق $\vec{\nabla}_{\perp}E_z$ څخه ترلاسه کيږي.

- ديادولووړده چې عرضي مقناطيسي څپې هغه ډول څپې دي چې د برښنايز ساحې طولي برخه $E_z\,(x.y) \neq 0$ خلاف دصفروي اودمقناطيسي ساحې طولي برخه $B_z\,(x.y) = 0$ صفروي .

نوله دې کبله په لومړي ګام کې داکفايت کوي چې دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره دهلم هولڅ Helmholtz equation دوه بعده معادله (8,55) او (8,56) دبرښنايزساحې طولي برخې $E_z\,(x.y)$ اومقناطيسي ساحې طولي برخې $B_z\,(x.y)$ لپاره حل کړو چې دڅپې انتقال کوونکي جوړښت د z محورسره موازي خپريږي .

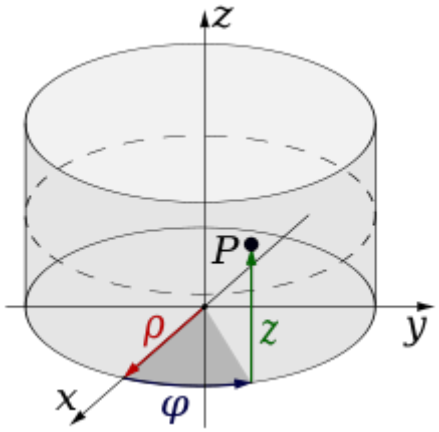
په استوانه يې مختصاتوسيستم کې دڅپې معادله :

څرنګه چې په ډېرى الکترون اوپروتون تعجيل کوونکوماشينونوکې د استوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت څخه ګټه پورته کيږي ،نو داسانتياپه موخه دالکترومقناطيسي څپې معادله داستوانه يې مختصاتوپه سيستم Cylindrical coordinates(r, ϕ ,z) کې ليکو.

په ۸- ۲۷ شکل کې استوانه يې مختصاتو سيستم کښل شوى دى چې شعاع يې ديوناني ژبې په حرف (روو ρ)، او سمتي زاويه يې په في $\phi = arctan\frac{y}{x}$ کښل شوې ده. په نوموړي سيستم کې دمحور z څخه داستوانې ترديوال پورې واټن ته شعاع ويل کيږي اومساوي دى له :

$$r = \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

په نوموړي شکل کې دکارتيزين Cartesian مختصاتو سيستم محورz اود استوانه يې مختصاتوسيستم محور z سره شريک دی .



۸- ۳۳ شکل: دکارتيزين Cartesian مختصاتو سيستم او استوانه يې مختصاتوسيستم تر منځ اړيکې کښل شوې دي .

په استوانه يې مختصاتوسيستم کې دالکترومقناطيسي څپې معادله دبرښنايزساحې لپاره درې برخې لري اوپه $E_r;\ E_\emptyset;\ E_z$ بنوول کيږي همدارنګه دمقناطيسي ساحې لپاره هم درې برخې لري $B_r;\ B_\emptyset;\ B_z$.

دبرښنايزساحې اومقناطيسي ساحې درې برخې يوخوادځايزمحورونو $\emptyset\ ;r$ او z اوبلخوادوخت محورt تابع دي.ماخذ (51Pod)

$$E = E_r(r.\emptyset.z.t)\ ;\ E_\emptyset(r.\emptyset.z.t)\ ;\ E_z(r.\emptyset.z.t)$$
$$B = B_r(r.\emptyset.z.t)\ ;\ B_\emptyset(r.\emptyset.z.t)\ ;B_z(r.\emptyset.z.t)$$

دکارتيزين Cartesian مختصاتو په سيستم $(x.y.z)$ کې برښنايز ساحه اومقناطيسي ساحه په لاندې ډول په استوانه يې مختصاتوسيستم $(r.\phi.z)$ باندې اړوو:

$$E_z\ (x.y.z.t) \Longrightarrow E_z\ (r.\phi.z.t)\ ،$$
$$B_z\ (x.y.z.t) \Longrightarrow B_z\ (r.\phi.z.t)$$

په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې د عرضي مقناطيسي ساحې داهتزازموډ هغه برخه اړين ده MT_z-modes چې د z محورپه اوږدوکې دالکترونوبځرکوته تعجيل ورکوي . داځکه چې يوازې د برښنايز ساحې طولي برخې E_z په مټ الکترونونه انرژي ترلاسه کولای شي

همدالامل دی چې دالکترومقناطيسي څپې معادلې دحل جمله داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې د برښنايز ساحې طولي برخې E_z لپاره لټوو.$(E_z \neq 0, B_z = 0)$

داستوانه يې مختصاتوسيستم $(r.\phi.z)$ ګټه دکارتيزين Cartesian مختصاتو سيستم په پرتله داده چې د برښنايز ساحې طولي برخې $E_z\ (r.\phi.z.t)$ دحل جملې هره برخه په ځانګړې ډول ليکلای شو :

څرنګه چې د برښنايز ساحې طولي برخې $E_z\ (r.\phi.z.t)$ دحل جمله داستوانې شعاع r ، د سمتې زاويې ϕ ،د ځای محور z اودوخت t تابع ده،نودټولوتابع ګانويوځايي حل کول په رياضي تړاوخوراستونځمنه کړنلاره ده . دحل يوه لاره يې داده چې په لومړي ګام کې دهريوه تابع لپاره دحل ځانګړې جمله پيداکړواوپه پايله کې ټول سره يوځای کړو. نوموړی مطلب په لاندې ډول ليکو:

$$E_z\ (x.y.z.t) \Longrightarrow E_z(r\ )E_z(\phi)E_z(z)\ E_z(t) \qquad (8{,}79)$$

(8,79) معادله په لاندې ډول هم لیکلای شو:

$$E_z\,(\mathrm{x.\,y.\,z.\,t}) \Longrightarrow R(r)\,\Phi\,(\phi)Z(z)\,T(t) \qquad (8,79)$$

یادونه :

دکتاب په پاتې برخه کې یوازې د برېښنایز ساحې طولي برخې محاسبه په پام کې نیسو،اودمقناطیسي ساحې طولي برخې څخه صرف نظرکوو. داځکه چې ددواړوساحومحاسبه کټ مټ یوشان ده.

د برېښنایز ساحې طولي برخې $E_z\,(\mathrm{r.\,\phi.\,z.\,t})$ دحل جملې هره برخه په لاندې ډول تشریح کیږي :

- د برېښنایز ساحې هغه برخه چې داستوانې شعاع $E_z(r)$،تابع ده .
- د برېښنایز ساحې هغه برخه چې دسمتې زاویې $E_z(\phi)$ تابع ده
- د برېښنایز ساحې هغه برخه چې دوخت $E_z(t)$ تابع ده .
- د برېښنایز ساحې هغه برخه چې د z محورتابع $E_z(z)$ ده

نوموړې کړنلاره د ریاضي په څانګه کې دمتغیرو لکه r, ϕ , z , t ، بیلتون Seperation of variables په نوم یادیږي .

دکارتیزین په قایم الزاویه مختصاتوسیستم کې دالکترومقناطیسي څپې معادله (8.45) یوځل بیالیکواو په لاندې ډول ده.

$$\left(\Delta - \mu\epsilon\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)\vec{E}(x.y.z.t)$$

خوپه استوانه یې مختصاتوسیستم کې د برېښنایز ساحې طولي برخې $E_z\,(\mathrm{r},\phi,\mathrm{z})$ لپاره دالکترومقناطیسي څپې معادله لاندې بڼه څانته غوره کوي.

$$\left.\begin{aligned}\frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial r}+\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 E_z}{\partial\,\emptyset^2}+\frac{\partial^2 E_z}{\partial \mathrm{z}^2} &= -\mu\epsilon\,\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\,E_z\\ \frac{1}{r}\frac{\partial B_z}{\partial r}+\frac{\partial^2 B_z}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 B_z}{\partial\,\emptyset^2}+\frac{\partial^2 B_z}{\partial \mathrm{z}^2} &= -\mu\epsilon\,\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\,B_z\end{aligned}\right\}\ (8,80)$$

که په یادولروچې دوخت په تړاو برېښنایز ساحې $E_z(t)$ مشتق مساوي دی له : $\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}} = -\mathrm{i}\omega$. نولروچې :

$$\frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial r}+\frac{\partial^2 E_z}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 E_z}{\partial\,\emptyset^2}+\frac{\partial^2 E_z}{\partial \mathrm{z}^2}+\mu\epsilon\mathrm{k}^2\,E_z=0 \qquad (8,80a)$$

په $(8,80a)$ معادله کې $E_z = E_z(r,\emptyset,z)$ دبرېښنایزساحې وکټور $\vec{E}$ طولي برخه ده چې داستوانه یې اهتزازکوونکي محور z په اوږدوکې په فریکونس ω خپریږي. دنوموړې څپې د خپرېدنې ځایز وکټور k د خپرېدنې سرعت c اوفریکونس ω تر منځ اړیکې په لاندې ډول دي :

$$\mathrm{k}^2 = \left(\frac{\omega^2}{c^2}\right)$$

دمقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ طولي برخې $B_z = B_z(r, \emptyset, z, t)$ لپاره کټ مټ همداسي معادله لکه (8,80) ترلاسه کيږي.

که ومنوچې د برښنايز ساحي طولي برخې $E_z\,(\mathrm{r}, \phi, \mathrm{z}.\, t)$ اومقناطيسي ساحې طولي برخې لپاره د (8,80) معادلې دحل جمله لاندې بڼه لري.

$$\vec{\mathrm{E}}(\mathrm{r}.\,\phi.\,\mathrm{z}.\,t) = \vec{\mathrm{E}}(\mathrm{r}.\,\phi)\,\mathrm{e}^{-\,\mathrm{i}\omega\mathrm{t}\pm\mathrm{i}\mathrm{k}_z\mathrm{z}} \qquad (8{,}81)$$

$$\vec{\mathrm{B}}(\mathrm{r}.\,\phi.\,\mathrm{z}.\,t) = \vec{\mathrm{B}}(\mathrm{r}.\,\phi)\,\mathrm{e}^{-\,\mathrm{i}\omega\mathrm{t}\pm\mathrm{i}\mathrm{k}_z\mathrm{z}} \qquad (8{,}81a)$$

نوپه پايله کې کولای شوچې دالکترومقناطيسي څپې معادلې (8,80) دحل جمله $E_z(\mathrm{r}.\,\phi.\,\mathrm{z}.\,\mathrm{t})$ په خپل وارسره په شعاعي تابع $\mathrm{R_E}(r)$،سمتي تابع $\Phi_E(\phi)$ ، دوخت تابع $T(t)$ اوهغه برخه چې د z محورتابع ده $Z_E(z)$ يودبل څخه په بيل ډول وليکو :

$$E_z(\mathrm{r}.\,\phi.\,\mathrm{z}.\,\mathrm{t}) = \mathrm{R_E}(r)\,\Phi_E(\phi) Z_E(z)\,T(t) \qquad (8{,}82)$$

کله چې د(8,82) معادلې دحل جملې هره بيله شوې برخه دالکترومقناطيسي څپې په معادله (8,80) کې واچوواوبياېې په E_z وويشونولروچې. ماخذ (51Pod)

$$\frac{1}{rR}\frac{\partial R}{\partial r} + \frac{\partial^2 R}{R\partial r^2} + \frac{1}{r^2}\,\frac{\partial^2\,\Phi}{\Phi\partial\,\emptyset^2} + \frac{1}{\mathrm{Z}}\frac{\partial^2 Z}{\partial \mathrm{z}^2} + \mu\epsilon\,\mathrm{k}^2 = 0 \quad (8{,}83)$$

څرنګه چې د (8,83) معادلې څلورم غړی دشعاع r اودسمتي زاويي Φ تابع نه دی نوبايديوثابت قيمت ولري اوله دې کبله دبيلتون ثابت seperation constant په نوم يادېږي .

په همدې اساس دنومړې معادلې څلورم غړی چې يوازې دځای محورz تابع دی $Z\,(z)$ بايدچې دبيلتون يوثابت وي اومور ورته دزړه په خوښه د $-{k_z}^2$ ثابت قيمت ورکوو. د$Z\,(z)$ تابع تفاضلي معادله په لاندې ډول ده.

$$\frac{1}{\mathrm{Z}}\,\frac{d^2 Z}{\mathrm{dz}^2} = -{k_z}^2 \qquad (8{,}84)$$

څرنګه چې دبرښنايزساحې طولي برخه E_z داستوانه يې څپې انتقال کوونکې جوړښت د محور z په اوږدوکې په سايندوله اوپه فريکونس ω خپريږي ،نود (8,84) معادلې دحل جمله په لاندې ډول ده:

$$Z(z) = e^{\pm K_z\,Z} \qquad (8{,}85)$$

(8,85) معادله يوه سايندوله څپه ده چې د z سمت په اوږدوکې مثبت اويامنفي خواته خپريږي.

په (8,85) معادله کې k_z داستوانه يې څپې انتقال جوړښت په منځ کې دځپې دځای محوريز شمېردی چې دz محورمثبت خواپه اوږدوکې دځپې خپرېدنې کړنلاره په ګوته کوي . په بله معنی په نومړي جوړښت کې دځپې فاز phase پرمختګ په واحدطول راښيي.

$$\boxed{k_z = \frac{2\pi}{\lambda_{\mathrm{waveguide}}} = \frac{2\pi}{\lambda_z} \quad waveguide\ wave\ number}$$

کله چې دبيلتون ثابت $-k_z{}^2$ قيمت دهلم هولځ په معادله (8,83) کې واچوونولروچې :

$$\frac{1}{rR}\frac{\partial R}{\partial r}+\frac{1}{R}\frac{\partial^2 R}{\partial r^2}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\Phi \partial \emptyset^2}+(\mu\epsilon k^2-k_z{}^2)=0 \quad (8,86)$$

اوس په (8,86) معادله کې يوفزيکي کميت تعريف کوواوهغه د څپې شعاعي ځايزشمير k_r په نوم يادېږي Radial Wavenumber اوپه لاندې ډول دی :

$$\boxed{k_r{}^2=(\mu\epsilon k^2-k_z{}^2)\ \text{Radial Wavenumber} \qquad (8,87)}$$

دڅپې شعاعي ځايز شمېر k_r په (8,86) معادله کې اچوواوورپسې نوموړې معادله په r^2 ضرب کوو.

$$r\,\frac{1}{R}\frac{\partial R}{\partial r}+\frac{r^2}{R}\frac{\partial^2 R}{\partial r^2}+\frac{1}{\Phi}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \emptyset^2}+k_r{}^2 r^2=0 \qquad (8,87)$$

څرنګه چې په (8,87) معادله کې سمتې زاويه $\Phi(\phi)$ د شعاع r تابع نه ده نوبايديوثابت قيمت ولري اوله دې کبله دبيلتون ثابت seperation constant په نوم يادېږي اودزړه په خوښه يې په $(-m^2)$ باندې ښيو. همدالامل دی چې دنوموړې معادلې څخه يې راوباسواوپه ځانګړي ډول يې حل کوو.

$$\frac{1}{\Phi}\frac{d^2\Phi}{d\emptyset^2}=-m^2 \qquad ;m=0.1.2\ldots\ldots, \quad (8,88)$$

په (8,88) معادله کې m^2 ته دبيلتون ثابت Seperation constant ويل کيږي. دنوموړې معادلې دحل عمومي جمله کېداى شي چې ايکسپونينشيل تابع وي اويا مثلثاتي تابع وي او په لاندې ډول ده:

$$\Phi(\phi)=e^{\pm im\phi} \qquad (8,89a)$$

$$\Phi(\phi)=A\cos(m\phi)+B\sin(m\phi) \qquad (8,89b)$$

د (8,88) معادلې دحل جمله (8,89) هغه مهال صحيح نتيجه ورکوي کله چې m يوصحيح عدد اوياصفرقيمت ولري . څرنګه چې $\Phi(\phi)$ يوه مختلط تابع ده ،نوداسې معنى لري چې دوه ډوله حلونه امکان لري .

لومړی ډول حل جمله مساوي ده له : $\Phi(\phi)=\cos(m\phi)$

دويم ډول حل جمله مساوي ده له : $\Phi(\phi)=\sin(m\phi)$

داهترازنوموړي غبرګ حلونه اويا په بله معنى داهتزازخپليزډولونه (modes) داسې تعبيرکولای شوچې ګڼه برېښنايز ساحه د قطبيت په تړاو polarization دوه ډوله حالتونه نيولای شي.

کله چې اوس دسمتې زاويې معادلې دحل نتيجه (8,88) په (8,87) معادله کې واچوو،نوپه پايله کې دبرېښنايزساحې هغه برخه چې يوازې دشعاع R(r) تابع ده په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$r\ \frac{\partial R}{\partial r}+r^2\ \frac{\partial^2 R}{\partial r^2}+[\,(k_r r)^2-m^2]\ R=0 \qquad (8,89)$$

(8,89) معادله دبسل معادلو Bessel`Equations دډلوڅخه لومړی ډول First kind معادلې په نوم يادېږي اودرجه يې په m توري ښوول کيږي.

اوس غواړوچې دبسل Bessel په معادله کې (8,89) يوبدلون راولوترڅونوموړې معادله ستانداردبنه غوره کړي. دهمدې موخې لپاره يومتغير x تعريف کووچې قيمت يې مساوي دی له : $x = (k_r r)$

کله چې دشعاع r پرځای دمتغير x قيمت په (8,69) معادله کې واچوونو دبسل ستاندارد معادله Bessel`Equation ترلاسه کيږی .

ماخذ (49Jac.)

$$\frac{\partial^2 R}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial R}{\partial r} + \left({k_r}^2 - \frac{m^2}{r^2} \right) R = 0$$

$$\frac{\mathrm{d}^2\mathrm{R}}{\mathrm{dx}^2} + \frac{1}{\mathrm{x}}\frac{\mathrm{dR}}{\mathrm{dx}} + \left(1 - \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{x}^2}\right)\mathrm{R} = 0 \qquad (8,90)$$

(8,90) معادله د بسل ستاندارد معادلې Bessels standard Equation په نوم يادېږي . دبسل معادلې حلونوته دبسل فنکشنونه Bessel functions په درجه د m ويل کيږي. ديادولووړده چې دبسل هره يوه تابع لا يتناهي جذرونه roots لري چې هلته دتابع قيمت صفرکيږي.

تام عدد m دبسل تابع درجه په ګوته کوي . د بسل ستاندارد معادلې دحل عمومي جمله په لاندې ډول ده. ماخذ (49Jac.)

$$\mathrm{R}(r) = C\ \mathrm{J_m}(\mathrm{k_{mn}r}) + D\ \mathrm{N_m}(\mathrm{k_{mn}r}) \qquad (8,91)$$

په (8,91) معادله کې لومړی غړی دبسل تابع ګانې Bessel function اودويم غړی دنويمن تابع Neumann functions ګانې په نوم يادېږي. ځرنګه چې په شعاع $r = 0$ ځای کې دنويمن تابع لايتناهي ته تقرب کوي نوله دې کبله په (8,91) معادله کې ثابت $D = 0$ کيږدو.

په پايله کې دبسل تفاضلي معادلې دحل جمله لاندې بڼه ځانته غوره کوي.

$$\mathrm{R}(r) = C\ \mathrm{J_m}(\mathrm{k_{mn}r}) \qquad (8,92)$$

په (8,92) معادله کې $\mathrm{k_{mn}}$ دځپې ځايز وکټورشعاعي برخې لپاره يولنډيزدی اومساوي دی له :

$$\mathrm{k_{mn}} = \frac{\mathrm{x_{mn}}}{\mathrm{R}} \quad , \quad \mathrm{n} = 1,2,3,,,\infty \quad m = 0,1,2,3,,,,\infty$$

دسرحدي شرطونو په پام کې نيولوسره چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت په ديوال باندې د (r =R) برېښنايز ساحې مماس برخه $\mathrm{E_z} = 0$ صفروي داسې پايلې لري چې دځپې ځايز شمېر شعاعي برخه $\mathrm{k_{mn}}$ يوازې ځانګړي مجازقيمتونه لکه $\mathrm{n} = 1,2,3,,,\infty$ اخيستلای شي.

- $\mathrm{x_{mn}}$ دبسل فنکشن n-th جذرمربع ګانې دي چې هلته د m درجې بسل تابع $\mathrm{J_m}(\mathrm{x}) = 0$ دامنه صفرکيږي .
- R داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت شعاع ده او r دمرکزڅخه واټن دی يعنې $(r = 0 \to R)$
- m يوتام عددی دی چې دلومړی ډول kind بسل فنکشن درجه رابنيي. قيمتونه يې مساوي دی له :

$m = 0.1.2.3.,,,\infty$ ،.

د بېلګې په توګه که $m = 0$ وټاکونودا معنی لري چې دلومړي ډول بسل فنکشن اوصفر درجه تابع ده اوپه $J_0(x_{0.n})$ ښوول کيږي

- د n توری يوتام عددی چې دبسل فنکشن دجذرمربع ګانوشمېرراښيي اوقيمتونه يې مساوي دي له : $n = .$ .1,2,3,,

دبسل تابع درجه

دبسل تابع دجذرونو شمېر	X_{mn}	m =0	m =1	m =2	m =3	m =4
	n =1	2,405	3,832	5,136	6,380	7,588
	n =2	5,520	7,016	8,417	9,761	11,065
	n =3	8,654	10,173	11,620	13,015	14,732
	n =4	11,792	13,324	14,796		

۸- ۱جدول : دلومړي ډول بسل فنکشن $J_m(x_{mn})$ ترځلورودرجوپورې $m = 0.1.2.3.4$ اوځلوروجذرونوx_{mn} پورې $n = 1.2.3.4$ محاسبه کښل شوې ده. د بېلګې په توګه دصفردرجې اولومړی جذر دبسل تابع په لاندې ډول ليکو: $J_0(x_{01}) = J_0(2.405)$

داستوانه يې څېې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې دهلم هولځ Helmholz اوبسل Bessel تفاضلي معادلي ځانګړې برخې راغونډې شوې دي.

$$r\ \frac{\partial R}{\partial r} + r^2\ \frac{\partial^2 R}{\partial r^2} + [\ (k_r r)^2 - m^2]\ R\ = 0 \quad Bessel\ equation$$

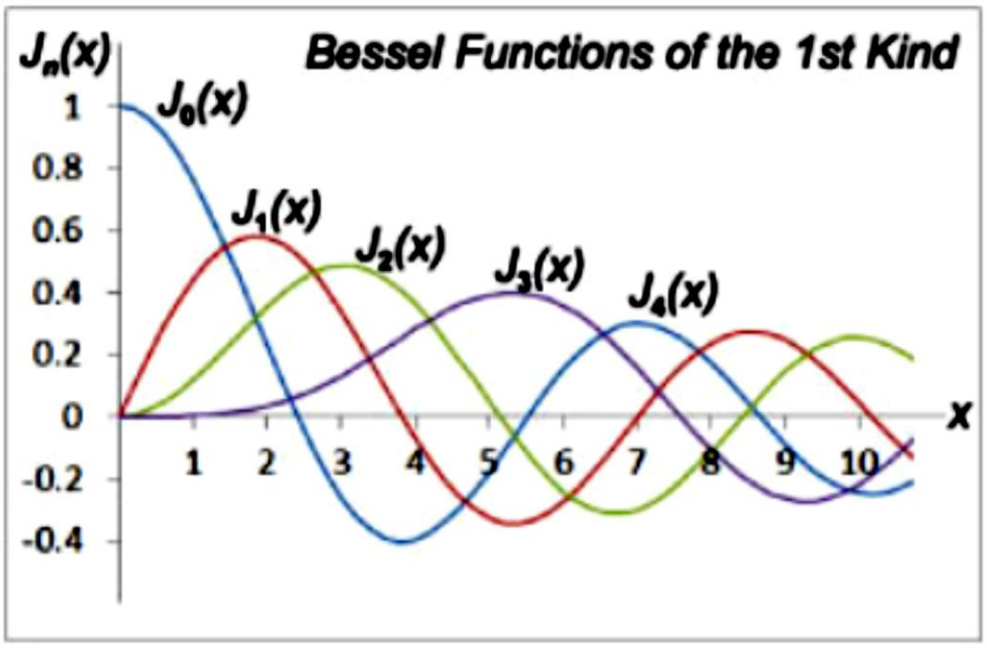
$$\frac{d^2\Phi}{d\emptyset^2} + m^2\Phi = 0 \qquad ;\ m = 0.1.2\ \ldots,,$$

$$\frac{d^2Z}{dz^2} + k_z{}^2 Z = 0$$

دوړانګوزاويوي فريکونس اودځپې ځايز شمېر ترمنځ اړيکو معادله :

$$k_r{}^2 + k_z{}^2 = \mu\epsilon k^2 = \mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2} \quad \text{Dispersion relation}$$

$$\omega = \frac{c}{\sqrt{\mu\epsilon}}\sqrt{k_r{}^2 + k_z{}^2} \qquad \text{زاويوي فريکونس}$$



۸- ۳۴شکل : دلومړي ډول بسل تابع $J_m(x_{m.n})$ګرافونه اوجذرونه $(x_{m.n})$ښوول شوي دی چې هلته دنومړي تابع دامنه صفرکيږي اودرجه يې m = 0,1,2,3,4 ان ترڅلوروپورې رسيږي .

په پايله کې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د الکترومقناطيسي څپې معادلې (8,80) د حل کولوپه موخه دبرښنايزساحې E_z اومقناطيسي B_z ساحې طولي برخود حل جمله په لاندې ډول ليکلای شو. ماخذ (51Pod)

$$E_z(r.\emptyset.z.t) = \sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty} E_0\, \mathrm{J_m}(\,\mathrm{k_{mn}}\, r)\,\{\mathrm{A_{mn}}\cos(m\emptyset) + \,+\mathrm{B_{mn}}\sin(m\emptyset)\}\mathrm{e}^{\mathrm{i}(\mathrm{k_z z}-\omega_{\mathrm{mn}}\mathrm{t})} \qquad (8,93)$$

$$B_z(r.\emptyset.z.t) = \sum_{m=0}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty} B_0\, \mathrm{J_m}(\,\mathrm{k_{mn}}\, r)\,\{A''_{mn}\cos(m\emptyset) + \\ + B''_{mn}\sin(m\emptyset)\}\,\mathrm{e}^{\mathrm{i}(\mathrm{k_z z}-\omega_{\mathrm{mn}}\mathrm{t})} \qquad (8,94)$$

په (8,93) او (8,94) معادله کې $\mathrm{A_{mn}}$، $\mathrm{B_{mn}}$، A''_{mn} او B''_{mn} ثابت فکټورونه دي چې دابتدايي شرطونو په واسطه ټاکل کيږي،

- اوس کولای شو چې د برښنايز ساحې دحل جملې طولي برخه (8,93) $E_z(r.\emptyset.z.t)$ اومقناطيسي ساحې دحل جملې طولي برخه (8,94) $B_z(r.\emptyset.z.t)$ د الکترومقناطيسي څپې په معادله (8,80) کې واچوواوحل يې کړو اوپه يادولروچې دوخت په تړاود برښنايز ساحې $E_z(r.\emptyset.z.t)$ مشتق مساوي دی له : $\frac{\partial}{\partial \mathrm{t}} = -\mathrm{i}\omega$.

- د الکترومقناطيسي څپې معادلې (8,80) دبرېښنايزساحې وکټور $\vec{E}$ اومقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ شعاعي برخې E_r، B_r اودسمتې زاويې برخې $E_\emptyset$ ، $B_\emptyset$ لپاره دحل جمله د ماکسول دربيمې معادلې $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ اوڅلورمې معادلې $\vec{\nabla} \times \vec{B}$ څخه ترلاسه کېږي . دنومورې موخې لپاره دبرېښنايزساحې شعاعي برخې curl ; $(\vec{\nabla} \times \vec{E})_r$ ، دبرېښنايزساحې سمتې زاويې برخې curl ; $(\vec{\nabla} \times \vec{E})_\emptyset$ او دبرېښنايزساحې طولي برخې curl ، $(\vec{\nabla} \times \vec{E})_z$ وکټورې محاسبه ترسره کووو.

په لومړي ګام کې د ماکسول څلورمې معادلې څخه دبرېښنايزساحې شعاعي برخې E_r اودبرېښنايزساحې سمتې زاويې برخې $E_\emptyset$ لپاره لاندې معادله ترلاسه کېږي .

$$E_r = -\frac{c^2}{i\omega}\frac{1}{r}\frac{\partial B_z}{\partial \emptyset} + \frac{c^2}{i\omega}\frac{\partial B_\emptyset}{\partial z} \qquad (8,95)$$

$$E_\emptyset = -\frac{c^2}{i\omega}\frac{\partial B_r}{\partial z} + \frac{c^2}{i\omega}\frac{\partial B_z}{\partial r} \qquad (8,96)$$

همدارنګه د ماکسول دربيمې معادلې څخه دمقناطيسي ساحې شعاعي برخې B_r اومقناطيسي ساحې سمتې زاويې برخې $B_\emptyset$ لپاره لاندې معادله ترلاسه کېږي .

$$B_r = \frac{1}{i\omega}\frac{1}{r}\frac{\partial E_z}{\partial \emptyset} - \frac{1}{i\omega}\frac{\partial E_\emptyset}{\partial z} \qquad (8,97)$$

$$B_\emptyset = \frac{1}{i\omega}\frac{\partial E_r}{\partial z} - \frac{1}{i\omega}\frac{\partial E_z}{\partial r} \qquad (8,98)$$

په دويم ګام کې د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}$ اومقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ شعاعي برخه E_r ; B_r اودسمتې زاويې برخه $E_\emptyset$; $B_\emptyset$ په تابع د طولي برخې E_z او B_z ترلاسه کوو چې دالکترومقناطيسي څپې (8,93) او (8,94) معادله دحل جمله تشکيلوي دنومورې موخې لپاره مورد (8,98) مشتق نيسو $\frac{\partial B_\emptyset}{\partial z}$ اونتيجه يې په (8,95) معادله کې اچوو، اوپه يادولروچې په (8,93) معادله کې $\frac{\partial}{\partial z} = i\,k_z$ او همدارنګه (8,87) معادلې پر اساس دڅپې شعاعي ځايزشېر مساوي دی له :

$$k_r{}^2 = \mu\epsilon k^2 - k_z{}^2 \qquad (8,99)$$

نوپه پايله کې دبرېښنايزساحې شعاعي برخې E_r لپاره لاندې معادله ترلاسه کېږي.

$$E_r = \frac{1}{k_r{}^2}\left\{ i\,k_z\frac{\partial E_z}{\partial r} + \frac{i\omega}{r}\frac{\partial B_z}{\partial \emptyset}\right\} \qquad (8,100)$$

د (8,100) معادلې څخه په ښکاره توګه مالوميږي چې دبرېښنايزساحې شعاعي برخه E_r ، دبرېښنايزساحې طولي برخې E_z اومقناطيسي ساحې طولي برخې B_z تابع ده . بلخواڅرنګه چې دنومورو طولي برخوساحې د (8,93) او (8,94) معادلې په اسا س پېژندل شوې دي نوکولای شوچې په اسانی سره په (8,100) معادله کې دمشتق په کارولوسره $\frac{\partial B_z}{\partial \emptyset}$ ، $\frac{\partial E_z}{\partial r}$ دبرېښنايزساحې شعاعي برخه E_r ترلاسه کړو.

همدارنگه کولای شوچې کټ مټ لکه په پورتنۍ توګه دمقناطيسي ساحې شعاعي برخې B_r اومقناطيسي ساحې سمتې زاويي برخې $B_\emptyset$ او دبرښنايز ساحې سمتې زاويي برخې $E_\emptyset$ لپاره لاندې فرمول ترلاسه کړو .

$$\mathrm{E}_{\emptyset} = \frac{1}{\mathrm{k_r}^2}\left\{\frac{i\,\mathrm{k_z}}{\mathrm{r}}\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \emptyset} - i\omega\frac{\partial \mathrm{B}_z}{\partial r}\right\} \qquad (8{,}101)$$

$$\mathrm{B}_{r} = \frac{1}{\mathrm{k_r}^2}\left\{-\frac{i\omega}{\mathrm{c}^2}\,\frac{1}{\mathrm{r}}\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial \emptyset} + i\,\mathrm{k_z}\,\frac{\partial \mathrm{B}_z}{\partial r}\right\} \qquad (8{,}102)$$

$$\mathrm{B}_{\emptyset} = \frac{1}{\mathrm{k_r}^2}\left\{\frac{i\omega}{\mathrm{c}^2}\,\frac{\partial \mathrm{E_z}}{\partial r} + \frac{i\,\mathrm{k_z}}{\mathrm{r}}\,\frac{\partial \mathrm{B}_z}{\partial \emptyset}\right\} \qquad (8{,}103)$$



د عرضي مقناطيسي څپې برېښنايزساحو اومقناطيسي ساحو محاسبه

(***Fields of*** $(\mathbf{TM}_{\mathbf{mn}})$ ***waves***)

عرضي مقناطيسي څپې (TM_{mn}) هغه ډول څپې دي چې داستوانه يې څپې انتقال كوونكي جوړښت دمحور z په اوږدوكې دمقناطيسي ساحې طولي برخه صفروي $(B_z = 0)$ اود برېښنايز ساحې طولي برخه خلاف $E_z \neq 0$ دصفروي.
له دې كبله په (8,100) ،(8,101) ،(8,102) ، او (8,103) معادلو كې دمقناطيسي ساحې طولي برخه صفركوو، $(B_z = 0)$ ، اوپه پايله كې د عرضي مقناطيسي ساحې برخې لكه $E_r ; B_r; E_\emptyset ; B_\emptyset$ د برېښنايز ساحې طولي برخې E_z په تابع سره تړلاسه كيږي.

داستوانه يې څپې انتقال كوونكي جوړښت په منځ كې د الكترومقناطيسي څپې معادلې (8,80) د حل كولوپه موخه دبرېښنايزساحې طولي برخې E_z حل جمله (8,93) د (TM_{mnz}) څپې لپاره په لاندې ډول ليكلای شو. ماخذ (51Pod)

$$E_z(r.\emptyset.z.t) = E_0\, J_m(k_{mn}\, r) \left\{ \begin{matrix} sin(m\emptyset) \\ cos(m\emptyset) \end{matrix} \right\} e^{i(k_z z - \omega_{mn} t)} \qquad (8,104)$$

په (8,104) معادله كې دبرېښنايزساحې $E_z(r.\emptyset.z.t)$ دسمتې زاويې برخې $\Phi(\phi)$ دحل جمله كېدای شي چې $sin(m\emptyset)$ اويا $cos(m\emptyset)$ تابع وټاكل شي. ځكه دواړه دحل جملې دي. په (8,104) معادله كې k_{mn} دځپې ځايزشمېر شعاعي برخه ده اومساوي دی له :

$$k_{mn} = \frac{x_{mn}}{R} \quad , \quad n = 1,2,3,,,\infty \quad m = 0,1,2,3,,,,\infty$$

x_{mn} دبسل فنكشن n-th جذرمربع گانې دي چې هلته د m درجې بسل تابع $J_m(x_{mn}) = 0$ دامنه صفركيږي .
د عرضي مقناطيسي څپې (TM_{mn}) برېښنايزساحو $E_r ; E_\emptyset$ اومقناطيسي ساحو $B_\emptyset ; B_r$ لپاره ښكاره explicit محاسبه هغه مهال تړلاسه كيږی كله چې دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z(r.\emptyset.z.t)$ معادله (8,104) په $(8,100) - (8,103)$ معادلوكې واچوواوپه يادولرو
چې :

$$\frac{\partial E_z}{\partial r} = \frac{x_{mn}}{R} J'_m\left(\frac{x_{mn}}{R} r\right) \qquad \text{او} \qquad \frac{\partial E_z}{\partial \emptyset} = m$$

په پايله كې د عرضي مقناطيسي څپې (TM_{mn}) ډول لپاره داستوانه يې څپې انتقال كوونكي جوړښت په منځ كې دبرېښنايزساحوبرخو $E_r ; E_\emptyset$ اومقناطيسي ساحوبرخو $B_\emptyset ; B_r$ رپا اويابښكاره explicit معادله په لاندې ډول تړلاسه كيږي.ماخذ (51Pod)

$$E_r = \frac{1}{k_r^2}\left\{ i\, k_z \frac{\partial E_z}{\partial r} \right\} \qquad (8,100)$$

$$E_\emptyset = \frac{1}{k_r^2}\left\{ \frac{i\, k_z}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \emptyset} \right\} \qquad (8,101)$$

$$B_r = \frac{1}{k_r^2}\left\{ -\frac{i\omega}{c^2} \frac{1}{r} \frac{\partial E_z}{\partial \emptyset} \right\} \qquad (8,102)$$

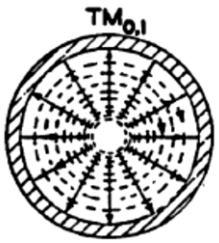
$$B_\emptyset = \frac{1}{k_r^2}\left\{ \frac{i\omega}{c^2} \frac{\partial E_z}{\partial r} \right\} \qquad (8,103)$$

څرنګه چې په (8,103) – (8,100) معادلوکې دبرېښنايزساحې طولي برخې E_z دحل جمله (8,104) مالومه ده او کله چې دشعاع r اوسمتې زاويې تيتا $\emptyset$ په تړاو د E_z مشتق ونيسو اونتيجه يې په نوموړومعادلوکې واچوو،نوپه پايله کې د عرضي مقناطيسي ساحې برخې لکه $E_\emptyset ; B_\emptyset$ $E_r ; B_r;$ ترلاسه کيږي.

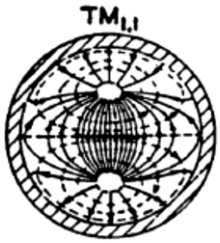
پايلېزه.

ددې لپاره چې داستوانه يې څېړې انتقال کوونکي جوړښت په منځ کې د برېښنايز ساحې وکټور $\vec{E}$ اومقناطيسي ساحې وکټور $\vec{B}$ دسمتې زاويې برخه $\emptyset$ ،اوشعاعي برخه r ترلاسه کړونودابس ده چې په لومړي ګام کې دالکترومقناطيسي څېړې معادله (8,80) دبرېښنايزساحې طولي برخې E_z اومقناطيسي ساحې طولي برخې B_z په مټ حل کړو.

په دويم ګام کې دبرېښنايزساحې طولي برخې E_z اومقناطيسي ساحې طولي برخې B_z دحل جمله د ماکسول په دريمه اوځلورمه معادله کې اچوو.په پايله کې دبرېښنايزساحې اومقناطيسي ساحې شعاعي برخې $B_r ; E_r$ اودسمتې زاويې برخې $B_\emptyset ; E_\emptyset$ دبرېښنايزساحې طولي برخې مشتق $\frac{\partial E_z}{\partial \emptyset}$; $\frac{\partial E_z}{\partial r}$ په تابع سره ترلاسه کيږي.



$TM_{mn} = TM_{01}$



$TM_{mn} = TM_{11}$

۸- ۳۵شکل : داستوانه يې څېړې انتقال کوونکي پايپ په منځ کې د عرضي مقناطيسي ساحې ترټولوټيټ رزونينس فريکونس موډ بڼه (TM_{01} mode) کښل شوې ده . د برېښنايزساحې کرښوبڼه داسې ده چې دشعاع په اړدوکې سم سيخ غځيدلې دي خودمقناطيسي ساحې کرښې دايروي ټرلي بڼه لري . مأخذ (52Wan)

په نوموړي شکل کې د m او n عددونه لاندې معنی لري:

- (m): azimuthal wave number : دڅېړې سمتې عدد m دی
- (n): radial wave number دڅېړې شعاعي عدد n دی

داستوانه يې څېړې انتقال کوونکي پايپ په منځ کې د عرضي مقناطيسي ساحې $(TM_{01}) - mode$ لپاره ترټولوټيټ پريکيدونکی

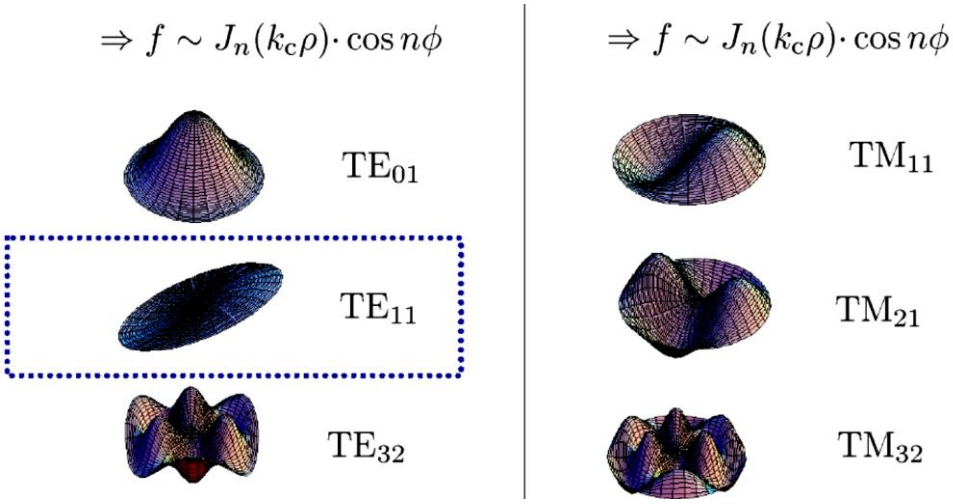
فريکونس $f_c = cut - 0ff\ frquency$ په لاندې ډول ترلاسه کيږی.

$$f_c = \frac{c}{2\pi}\frac{2,405}{R} \qquad (8,103a)$$

په $(8{,}103a)$ معادله کې ، R داستوانه يې څپې انتقال کوونکي پايپ شعاع ده او $x_1 = 2{,}405$ دبسل تابع لومړی جذردی ،دنورسرعت په c ښوول شوی دی .د بېلګې په توګه هرځومره چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي شعاع کوچنۍ کوو،په همغه اندازه پريکوونکی فريکونس معکوساً ډېرښت مومي.

د څپې انتقال کوونکي شعاع	پرېکوونکی فريکونس
R=230 cm	= 50 MHzf_c
R=23 cm	= 500 MHzf_c
R=8,85 cm	=1300 MHzf_c
R=3,8 cm	= 3 GHzf_c

۸- ۲جدول : داستوانه يې څپې انتقال کوونکي جوړښت پريکوونکی فريکونس f_c دشعاع R په تابع سره برعکس متناسب تغيرکوي.



۸- ۳۵شکل : داستوانه يې څپې انتقال کوونکي پايپ په منځ کې د عرضي مقناطيسي ساحې TM_{mn} اود عرضي برښنايزساحې TE_{mn} خپليزرزونينس فريکونسونو درې بعده بڼه (mode) کښل شوې ده . ماخذ (59Pas)

په استوانه يې اهتزازکوونکې جوړښت کې دالکترومقناطيسي څپې خپرېدنې معادله :

استوانه يې اهتزازکوونکی په ميخانيکي تړاوتشې فضاء يې خونوته ويل کيږي چې په منځ کې يې ولاړې الکترومقناطيسي څپې توليدکيږي اوپه پايله کې دريزونانس پېښه Resonance منځ ته راځي. توليدشوې ولاړې څپې دمايکروڅپې په فريکونس سره اهتزازکوي او ځانګړې خپليزفريکونسونه اودحل جملې بڼه لري چې دموډ mode په نوم يادېږي.

دڅپې انتقال کوونکی استوانه يې پايپ (تيوب) په مټ نه شوکولای چې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې برېښنايزچارج شووبڅرکوته تعجيل ورکړو. داځکه چې دالکترومقناطيسي څپې د فاز سرعت v_{ph} دچارج شووو بڅرکو دسرعت $v_{particle}$ په پرتله خورالوړدی اوپه پايله کې برېښنايزچارج شوې بڅرکي دالکترومقناطيسي څپوڅخه انرژي نه شي ترلاسه کولای .

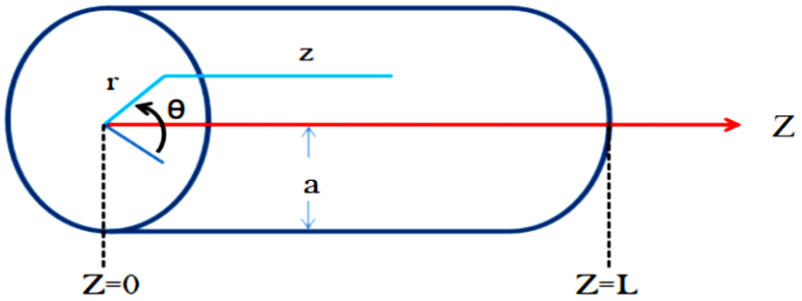
خوکه چېرته په نومورې جوړښت کې نوښت راولو، نوکولای شوچې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې چارج شووبڅرکوته تعجيل ورکړو.

دحل لاره يې داده چې که داستوانه يې څپې انتقال کوونکی تيوب په سرخلاصه برخه کې او اخر خلاصه برخه کې په محور عموداً فلزي ديوالونه وتړو،نوپه پايله کې دهرې خواڅخه تړلی استوانه يې ډوله فلزي جوړښت (لکه دکوکاکولابوتل) په شان ترلاسه کيږي چې د استوانه يې اهتزاز کوونکي Cylinder Resonator په نوم يادېږي.

ددې لپاره چې دالکترونواويانوروچارج شووبڅرکوبنډل Charge Bunch داستوانه يې اهتزاز کوونکي د منځ څخه تيرشي ،نواړين ده چې د مخ فلزي ديوال او اخر فلزي ديوال په مرکزي برخه کې يوکوچنی سوری جوړشي.

نومړی تخنيکي نوښت دالکترومقناطيسي څپې په مسيراودڅپې حل جملې په اهتزازبڼه (mode) باندې دپام وړاغيزه نه لري.

په ۸- ۳٦ شکل : کې يواستوانه يې اهتزازکوونکی کښل شوی دی چې شعاع يې په r او اوږدوالی يې د L په حرف باندې ښيو .



۸- ۳٦ شکل : په استوانه يې مختصاتوسيستم کې $(r.\varphi.z)$ داستوانه يې اهتزازکوونکي موقعيت ښوول شوې دی. داستوانې محورڅخه تردیوال پورې واټن په a شوول شوی دی.

استوانه يې اهتزازکوونکی دهرې خواڅخه فلزي ديوالونه لري اودهواڅخه ډک دی .داستوانه يې مختصاتوسيستم $(r.\varphi.z)$ داسې ټاکل شوی دی چې داهتزازکوونکي دمحورسربرخه د z محورمبد أ سره $z = 0$ اود اهتزازکوونکی طول L اخر برخه دمحور z په $z =$ L برخه کې برابرموقعيت لري.

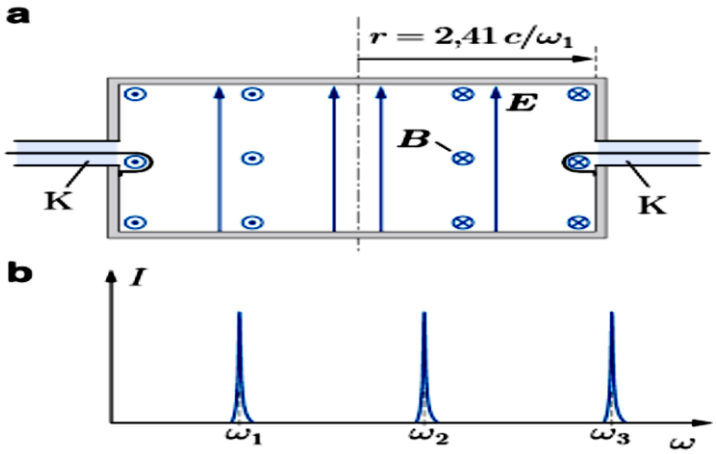
که څه هم ديوه داسې pillbox ډوله اهتزازکوونکي په سراو اخر برخه کې سورې شتون لري چې دهغوی څخه برېښنايزچارج شوي بڅرکي تيريدلای شي ، خولکه چې مخکې يادونه وشوه ،دومره کوچني سورې داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې توليدشوې برېښنايز ساحې په بڼه باندې ډېره لږاغيزه لري اوله دې کبله دپام وړنه دي. ددې لپاره چې په استوانه يې اهتزازکوونکي کې د رزونېنس پېښه منځ ته راشي او پايښت ومومي ، بايدچې دبهرخواڅخه انرژي ورننوځي. داځکه چې هريواهتزازکوونکی په خپل ذات کې تعديل damping لري او دوخت په تيريدوسره د رزونېنس پېښه کمښت مومي.

څرنګه چې داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې د برېښنايز ساحې E سمت دوخت په تړاوتغيرکوي،نوله دې کبله دنوموړې جوړښت په فلزي ديوالونوکې برېښنايز جريان I_{ind} بهيږي چې دتوليدشوي برېښنايز جريان induced current په نوم يادېږي. په فلزي ديوالونوکې توليدشوی برېښنايز جريان I_{ind} ددې لامل گرځي چې داستوانه يې اهتزازکوونکي بهرخواته مقناطيسي ساحه B صفرشي . بلخوا کله چې په فلزي ديوالونوکې برېښنايز جريان بهيږي نوپه پايله کې دتوليدشوې ژول حرارتې انرژي (Ohmic heating) اوهمدارنګه دسکين اغيزې skin effect پر اساس دبرېښنايزساحې E انرژي اومقناطيسي ساحې B انرژي ضايع کيږي .

.کله چې يواستوانه يې اهتزازکوونکی دبهرخواڅخه دلوړفريکونسي سرچينې په مټ په داسې ډول فريکونسونوباندې تحريک شي چې داستوانه يې اهتزازکوونکي د رزونينس فريکونسونو سره سمون و لري ،نوپه پايله کې دنوموړي اهتزازکوونکي جوړښت په منځ کې دبرېښنايزساحې اومقناطيسي ساحې داهتزازېښې (دڅپې حل جملې) توپيرلرونکي ډولونه منځ ته راځي. د رزونښنس په ترڅ کې دلوړفريکونس سرچينې څخه خپره شوي انرژي داستوانه يې اهتزازکوونکي په لوړفريکونس برېښنايز ساحه اومقناطيسي ساحه کې ذخيره کيږي.

د بېلګې په توګه ،کله چې په يوه خطي تعجيل کوونکي ماشين کې برېښنايزمنفي چارج شوي بڅرکي، استوانه يې تشې فضاء يې خونې ته ورننوځي ، چې هلته مايکروڅپې د رزونښنس په فريکونس سره اهتزازکوي، نو منفي چارج شوي بڅرکي دلوړفريکونس مايکروڅپې مثبت دامنې برخې په مټ تعجيل مومي او انرژي ترلاسه کوي . که چېرته اوس گڼ شمېر تشې فضاء يې خونې ولرو چې پرلپسې يو په بل پسې تړلې وي، نو په نوموړی کړنلاره سره کېدای شي چې چارج شوي بڅرکي ان ترڅوتېرااالکترون ولټ TeV پورې انرژي ترلاسه کړي.

ديادولووړه چې کله الکترونونه دلوړفريکونس مايکروڅپې منفي دامنې برخه کې قرارولري نوخپله حرکې انرژي يې ضايع کيږي داځکه چې خپله انرژي دمايکروڅپې ته انتقال کوي. خونوموړې ستونزه په تخنيکي اوالکترونيکي ډول حل کيدلای شي.



۸- ۳۷شکل : a) دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې استوانه يې اهتزازکوونکي جوړښت کښل شوی دی چې په منځ کې يې دالکترومقناطيسي څپې اهتزازونه د ښي خوا هم محورکيبل coaxial cable(K) په مټ توليدکيږي اوهم مهال دکښې خوا هم محورکيبل coaxial cable(K) په مټ اندازه کيږي. مأخذ (53Hei)

b) دنوموړي شکل په لاندې برخه کې دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په منځ کې د رزونښنس پېښې پر اساس توليدشوی لوړقدرته برېښنايز جريان I د الکترومقناطيسي څپې فريکونس ω په تابع سره کښل شوی دی. ماخذ (53Hei)

په لومړي گام کې دلوړفريکونس جنراتورڅخه الکترومقناطيسي انرژي راوځي او د ښي خوا هم محورکيبل coaxial cable په مټ دتشې فضاء يې خونې ښي خوادیوال سورې له لارې ورننوځي. کله چې دلوړفريکونس جنراتورفريکونس ته پرلپسې تغيرورکړو،نوپه پايله کې دمايکروڅپې تشې فضاء يې خونې په منځ کې اهتزازونه دجنراتورپراخ طيف فريکونسونوپه مټ داسې تحريک کيږي چې د رزونښنس پېښه منځ ته راځي او يوسلسله پياوړي لوړقدرته اهتزازونه توليدکيږي . په نوموړي شکل کې د رزونښنس فريکونسونه په

$\omega_1\ \omega_2{،}\omega_3$. ښوول شوي دي . د رزونښنس نوموړي فريکونسونه دتشي فضاء يي خونې اهتزازکونکې دشعاع r اودنورسرعت c سره په لاندې ډول اړيکې لري . . $r = \frac{2.41\ c}{\omega_1}$

په دويم گام کې کولای شوچې دنوموړي لوړقدرته اهتزازو نو برښنايز جريان I دمقابل خواديوال سورې له لا رې د هم محورکيبل coaxial cable په مټ اندازه کړو. مأخذ (53Hei)

اوس پوښتنه داده چې د استوانه يې اهتزازکوونکی جوړښت په منځ کې :

- a) کوم ډول الکترومقناطيسي څپې خپريدلای شي ؟ په بله معنی د عرضي برښنايز ساحې څپې TE،د عرضي مقناطيسي ساحې څپې TM اوکه دالکترومقناطيسي ساحې څپې TEM دخپريدلوړتيالري ؟
- b) داستوانه يې اهتزازکوونکي سيستم په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې دمعادلې حل جملې څه ډول بڼه لري؟
- c) داستوانه يې اهتزازکوونکي سيستم په منځ کې دطبيعي اهتزازونوکوم خپليزډولونه (eigenmode) منځ ته راځي اودخپرېدنې بڼې يې څنګه ده ؟

زموړلپاره داهتزازهغه خپليزډولونه (eigenmode) اړين دي چې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې ورځخه ګټه پورته کيږي.

دپام وړخبره خوداهم ده چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي پايپ cylindrical pipe په منځ کې دځپې معادله (8,104) اودنوموړې معادلې دحل جمله کټ مټ داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې هم اعتبارلري . يوازنی توپيريې دادی چې داستوانه يې څپې انتقال کوونکي پايپ (8,104) په معادله کې څلورم غړی چې يوازې دځای محورz تابع دی $Z(z)$ داستوانه يې اهتزازکوونکي لپاره دحل جمله اوسرحدي شرطونه توپيرلري.

د بېلګې په توګه په استوانه يې مختصاتوسيستم $(r.\varphi\ .z)$ کې د برښنايز ساحې طولي برخې $E_z\ (r, \phi, z)$ د تفاضلي معادلې (8,83) څلورم غړی دلته يوځل بيا په لاندې ډول ليکو.

$$\frac{1}{Z}\frac{d^2Z}{dz^2} = -{k_z}^2$$

$$\frac{d^2Z}{dz^2} - {k_z}^2 Z = 0 \qquad (8,104)$$

څرنګه چې د استوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې ولاړې څپې توليدکيږي ،نوله دې کبله د (8,104) معادلې دحل جمله د z دمحورپه اوږدوکې دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره تغيرکوي اوپه لاندې ډول ترلاسه کيږي

يواستوانه يې اهتزازکوونکی چې شعاع يې په r او اوږدوالی يې د L په حرف باندې ښيو او دسربرخه اود اخر برخه يې ديوه فلزي تختې په مټ بنده شوې ده، سرحدي شرطونه يې په لاندې ډول دي :

- دبرښنايزساحې طولي برخې E_z عمودي مشتق داستوانه يې اهتزازکوونکي جوړښت دسرټلې فلزي ديوال کې صفردی $\frac{\partial E_z}{\partial n} = 0\ ;\ z = 0$ اوهمدارنګه په اخر خواټلې فلزي ديوال کې صفردي ; $\frac{\partial E_z}{\partial n} = 0\ ;\ z = L$ ، نوموړی مطلب په لاندې ډول هم ليکلای شو:

$$\frac{\partial E_z}{\partial z}(z = 0) = \frac{\partial E_z}{\partial z}(z = L) = 0 \qquad ; E_z(R = a) = 0$$

$$\frac{\partial B_z}{\partial z}(z=0)=\frac{\partial B_z}{\partial z}(z=L)=0 \quad \Longrightarrow ; \; x_{mn}=0$$

نوموړي سرحدي شرطونه هغه مهال پوره کيدلای شي چې داستوانه يې اهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې دځپې خپريدنې ځايزمحورشمېر $K_z=\frac{q\pi}{L}$ ټاکلي خپليزطبيعي قيمتونه ولري .

د برېښنايز ساحي طولي برخې $E_z\,(r,\phi,z)$ تفاضلي معادلې (8,104) څلورم غړي دحل جمله په لاندې ډول ده.

$$Z(z)=e^{\pm K_z Z} \;\Rightarrow\; \cos\left(\frac{q\pi}{L}\,z\right) \qquad (8,105)$$

په (8,105) معادله کې L داستوانه يې اهتزازکوونکي طول دی اوq يوتام عددی چې يوازې ځانګړي قيمتونه....q = 0,1,2, ځانته غوره کولای شي .

داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې دوه ډوله الکترومقناطيسي ځپې خپريدلای شي .

- عرضي مقناطيسي ځپې $TM(E_z\neq 0;H_z=0)$ هغه ډول الکترومقناطيسي ځپې دي چې د خپرېدنې په سمت z کې دمقناطيسي ځپې برخه $H_z=0$ صفروي .
- عرضي برېښنايزځپې $TE(E_z=0\;;\;H_z\neq 0)$ هغه ډول الکترو مقناطيسي ځپې دي چې د خپرېدنې په سمت z کې دبرېښنايز ځپې برخه $E_z=0$ صفروي .

کله چې ديوه استوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې الکترومقناطيسي ځپې ايساري پاتې شي نوداهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې د اخر خواادسرخواپه بندشوودواړوفلزي ديوالونوباندې پرلپسې لګيږي او بېرته انعکاس کوي .

دتداخل په پايله کې ولاړې ځپې توليدکيږي.دتوليدشووولاړوځپوپه مټ کولای شوچې چارج شووبځرکوته تعجيل ورکړو.

دبېلګې په توګه يو استوانه يې اهتزازکوونکی په پام کې نيسو چې په منځ کې يې برېښنايزځپه $(E_0(x.y)e^{i(-k_z z-\omega t)})$ د z محورپه اوږدوکې مثبت خواته خپريږي . خوکله چې برېښنايزځپه دنوموړي جوړښت په اخر بندشوي فلزي ديوال باندې ولګيږي، نو بېرته انعکاس کوي . ځرنګه چې داهتزازکوونکي په اخر ديوال باندې لويدونکې برېښنايزځپې $(E_{z0}(x.y)e^{i(-k_z z-\omega t)})$ اوانعکاس شوې برېښنايزځپې $(E_{z0}(x.y)e^{i(k_z z-\omega t)})$ په مخالفو سمتونو کې حرکت کوي او يودبل سره تداخل کوي ،نوپه پايله کې ولاړې ځپې منځ ته راځي. درياضي په ژبه نوموړې کړنلاره په لاندې ډول ليکو:

$$E_z(x.y.z.t) = E_{z0}(x.y)e^{i(k_z z-\omega t)} + E_{z0}(x.y)e^{i(-k_z z-\omega t)}$$

$$= E_{z0}e^{-i(\omega t)}\left(e^{i(k_z z)}+e^{-i(k_z z)}\right)$$

$$= 2\,E_{z0}\cos(k_z z)\,e^{-i(\omega t)} \qquad (8,106)$$

په (8,106) معادله کې $2\,E_{z0}\cos(k_z z)$ دولاړې ځپې دامنه ده چې دځای په ټاوثابت پاتې کيږي. خوداسې ځايونه هم شته دي چې هلته دځپې دامنه صفرکيږي اودځپې غوټو wave nodes ځايونوپه نوم يادېږي.

دپام وړده چې ولاړې ځپې د فاز $\varphi=(\omega t\pm k_z z)$ تابع نه دي بلکې يوازې دځای z اووخت t حاصل ضرب تابع دي.
دځپې غوټې په هغوځايونوکې پرتې دي چې دځای z اودځپې محوريز شمېر k_z حاصل ضرب لاندې شرط پوره کړي

$$(k_z z) = \left(n + \frac{1}{2}\right)\pi \qquad n = 0.1.2 \dots \dots, (8{,}107)$$

ډيره جالبه پېښه خوداده چې که اوس داستوانه يي اهتزازکوونکي دسربرخې او اخر برخې په هغه يوه ځای کې چې دځپې غوټه پرته ده اودمبداء څخه dz په اندازه فاصله لري، يوه فلزي تخته عموداً و نښلوو، نودالکترومقناطيسي ساحي په بڼه اوکرښو باندې فلزي تخته هيڅ ډول اغيزه نه کوي. خوپه پايله کې دهرې خواڅخه تړلی استوانه يې ډوله فلزي جوړښت ترلاسه کيږي چې داستوانه يې اهتزازکوونکي په نوم يادیږي.

بلخواولاړې څپې هغه مهال منځ ته راځي چې دځپې دځای محوريز شمېر k_z اوداستوانه يې اهتزازکوونکي طول L تر منځ لاندې اړيکې شتون ولري .

$$k_z = p\frac{\pi}{L} \quad ; \quad L = p\frac{\lambda_z}{2} \quad ; p = 0.1.2. \dots ,, \quad (8{,}108)$$

په (8,108) معادله کې داستوانه يې اهتزاز کوونکي محور په اوږدوکې دځپې طول په λ_z ښوول شوی دی اودنوموړي جوړښت دځپې طول *guide wavelength* په نوم يادیږي.

کله چې يوځل ولاړې څپې داهتزازکوونکي په منځ کې توليدشي نو الکترومقناطيسي انرژي په برېښنايز ساحه اومقناطيسي ساحه کې ذخيره کيږي.

په يوه استوانه يې اهتزازکوونکي کې دالکترومقناطيسي څپې داهتزازډولونه د دريوحروفوپه مټ لکه m,n,p تاکل کيږي، نوموړي حروف په خپل وارسره د برېښنايز ساحې اومقناطيسي ساحې نيمايي څپې شمېر $\frac{\lambda_z}{2}$ په ګوته کوي چې داهتزازکوونکي دشعاع r په اوږدوکې ،داهتزازکوونکي سمتې زاويې په محيط کې اوداهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې برابر ځايدلای شي.

داستوانه يې اهتزازکوونکي لپاره چې شعاع يې R اوطول يې L دی اوپه منځ کې يې د عرضي مقناطيسي څپې ډول TM_{mnp}خپريږي، د برېښنايز ساحې طولي برخې E_z اومقناطيسي ساحې سمتې زاويې برخې $B_\emptyset$ دحل بشپړه جملې په لاندې ډول دي. . ماخذ (Jac.49)

$$E_z(r.\emptyset.z.t) = E_0\, J_m\left(\frac{x_{mn}}{R}\, r\right)\cos(m\emptyset)\cos\left(\frac{p\pi}{L}z\right)\cos((\omega_{mnp})t \qquad (8{,}109)$$

$$B_\emptyset(r.\emptyset.z.t) = -i\sqrt{\mu\epsilon}\, E_0\, J'_m\left(\frac{x_{mn}}{R}\, r\right)\cos(m\emptyset)\ cos\left(\frac{p\pi}{L}z\right)\ sin(\omega_{mnp})t \quad (8{,}110)$$

- په (8,109) معادله کې x_{mn} دبسل معادلې n-th جذردی چې هلته دبسل m-th درجه تابع صفرکيږي $J_m(x) = 0$ ،
- دسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره داستوانه يې اهتزازکوونکي خپليز رزونېنس فريکونسونه په ω_{mnp} ښوول شوي دي.
- همدارنګه د m-th درجې بسل تابع $J_m(x)$ مشتق په J'_m ښوول شوی دی اومساوي دی له . $J'_m = -J_1$

- په نوموړي معادله کې د $i = \sqrt{-1}$ حرف په ډاګه کوي چې برېښنایز ساحه E_z اومقناطيسي ساحه $B_\emptyset$ دځایز فاز اویادوخت فاز phase په تړاو یودبل څخه نوي درجه 90^0 توپیرلري.
- څرنګه چې برېښنایزساحه E_z اومقناطيسي ساحه $B_\emptyset$ د قطبیت په تړاو polarization دوه ډوله حالتونه نیولای شي،نوله دي کبله کېدای شي چې په (8,109) معادله کې د$\cos(m\phi)$ پرځای $\sin(m\phi)$ وکارول شي .
- E_0 داستوانه یې اهتزازکوونکي دمحورپه مرکزي برخه کې د برېښنایز ساحې طولي برخې اعظمي دامنه ده.
- بلخوا په (8,109) معادله کې دځپې دځای محوریز شمېر $k_z = \frac{p\pi}{L}$ چې داهتزازکوونکي دطول L سره معکوساً متناسب ده اود z محور سره موازي سمت لري ، هرقیمت نه شي اخیستلای بلکې ځانګړي اوټاکلې قیمتونه اخیستلای شي . داځکه چې داستوانه یې اهتزازکوونکي په اوږدوکې L هغه مهال ولاړې څپې منځ ته راځي کله چې k_z لاندې خپلیزقیمتونه eigenvalue غوره کړي .

$$k_z = \frac{p\pi}{L} \quad ; \quad p = 0.1.2.3. \dots \dots, \qquad (8,111)$$

په (8,111 معادله کې P یوتام عددی او دځپې محوریز عدد axial wave number په نوم یادیږي.

د عرضي مقناطيسي څپې ډول TM_{mnp} برېښنایزساحو $E_\emptyset ; E_r$ اومقناطيسي ساحو $B_\emptyset ; B_r$ لپاره ښکاره explicit محاسبه هغه مهال ترلاسه کیږی کله چې دبرېښنایزساحې طولي برخې $E_z(r.\emptyset.z.t)$ معادله (8,109) اومقناطيسي ساحې طولي برخې معادله $B_z(r.\emptyset.z.t)$ په (8,100) − (8,103) معادلوکې واچوواومشتق یې داړونده تابع په تړاوترسره کړو.

په پایله کې د عرضي مقناطيسي څپې (TM_{mnp} ډول لپاره داستوانه یې اهتزازکوونکي په منځ کې دبرېښنایزساحوبرخو $E_\emptyset$; E_r اومقناطيسي ساحوبرخو $B_\emptyset ; B_r$ ښکاره explicit معادله په لاندې ډول ترلاسه کیږي. ماخذ (52Wan)

Cylindrical Resonator Transverse-Magnetic Mode

$$E_z = E_0\, J_m(k_{mn}\, r)\cos(m\emptyset)\cos\left(\frac{p\pi}{L}z\right)e^{-(i\omega_{mnp})t} \qquad (8,112)$$

$$E_r = -\frac{p\pi}{L}\frac{R}{x_{mn}}E_0\, J'_m(k_{mn}\, r)\cos(m\emptyset)\sin\left(\frac{p\pi}{L}z\right)e^{-(i\omega_{mnp})t}$$

$$E_\emptyset = -\frac{p\pi}{L}\frac{m\,R^2}{x_{mn}^2\, r}E_0\; J_m(k_{mn}\, r)\sin(m\emptyset)\sin\left(\frac{p\pi}{L}z\right)e^{-(i\omega_{mnp})t}$$

$$B_z = 0$$

$$B_r = -i\omega\frac{m\,R^2}{x_{mn}^2\, rc^2}E_0\, J_m(k_{mn}\, r)\sin(m\emptyset)\cos\left(\frac{p\pi}{L}z\right)e^{-(i\omega_{mnp})t}$$

$$B_\emptyset = -i\omega\,\frac{R}{x_{mn}\,c^2}E_0\, J'_m(k_{mn}\, r)\cos(m\emptyset)\cos\left(\frac{p\pi}{L}z\right)e^{-(i\omega_{mnp})t}$$

دیادلوورده چې د عرضي مقناطيسي څپې ډول TM_{mnp} لپاره دځپې شعاعي شمېر k_{mn} ، اودځپې محوریز شمېر k_z اودځپې ځایزوکټورشمېر k ترمنځ لاندې اړیکې اعتبارلري

$$\mu\epsilon k^2 = \mu\epsilon\frac{\omega^2}{c^2} = k_{mn}^2 + {k_z}^2 \qquad (8{,}112a)$$

دوخت په تړاود بربښنايز ساحې طولي برخې E_z داهتزازبدلون $e^{i\omega_{mnp}t}$ داستوانه يې اهتزازکوونکي خپليز رزونېنس فريکونسونو $i\omega_{mnp}$ په مټ ټاکل کيږي.

کله چې دځپې محوريز شمېر $k_z = \frac{p\pi}{L}$ او دځپې شعاعي شمېر $k_{mn} = \frac{x_{mn}}{R}$ قيمت په $(8{,}112a)$ معادله کې واچوو اوسرحدي شرطونو په پام کې ونيسو،نود عرضي مقناطيسي ځپې ډول TM_{mnp} لپاره داستوانه يې اهتزازکوونکي خپليز رزونېنس فريکونسونه ω_{mnp} په لاندې ډول دي. ماخذ (49Jac.)

$$\omega_{mnp} = \frac{[c]}{\sqrt{\mu\epsilon}}\sqrt{\left(\frac{x_{mn}}{R}\right)^2 + \left(\frac{p\pi}{L}\right)^2} \qquad (8{,}113)$$

په $(8{,}113)$ معادله کې داستوانه يې اهتزازکوونکي خپليز رزونېنس فريکونسونه ω_{mnp} داندکس په توګه په دريوعددونوباندې نښوول شوي دي او لاندې معنی وې لري:

- (m): azimuthal wave number : دځپې سمتي عدد m=0,1,2....
- (n): radial wave number دځپې شعاعي عدد n=1,2,.... دی
- (p) : axial wave number : دځپې محوريز عدد p=0,1,2... دی
- ميو μ او اپسيلون ϵ په خپل وارسره دهواپرميابيليټي permeability اودالکتريک ثابت dielectric constant دی .
- L او R په خپل وارسره داستوانه يې اهتزازکوونکي طول اوشعاع ده

د بېلګې په توګه داستوانه يې اهتزازکوونکي په منځ کې د عرضي مقناطيسي ځپې ترټولوټيټ موډ TM_{010} هغه مهال خپريږي کله چې دبسل تابع درجه صفروي m =0 اودبسل فنکشن دجذرمربع شمېريووي n=1 اودځپې محوريز عدد p = 0 هم صفروي ، د عرضي مقناطيسي ځپې ترټولوټيټ موډ TM_{010} ډول لپاره داستوانه يې اهتزازکوونکي رزونېنس فريکونس ω_{010} اوشعاع R تر منځ لاندې اړيکې ترلاسه کيږي.

$$\omega_{010} = \frac{2.405}{\sqrt{\mu\epsilon}}\frac{c}{R} \qquad (8{,}114)$$

په پايله کې د عرضي مقناطيسي ځپې TM_{010} ترټولوټيټ اهتزازډول mode لپاره $m = 0; n = 1; p = 0$ چې دراډيو تراپي په ماشين کې دالکترونودتعجيل کولوپه موخه ورځخه ګټه پورته کيږي دبربښنايزساحي طولي برخې $E_z(r.\emptyset.z.t)$ اودمقناطيسي ساحې سمتي برخې $B_\emptyset(r.\emptyset.z.t)$ دحل جمله $(8{,}109)$ لاندې بڼکاره *explicit* بڼه ځانته غوره کوي. ماخذ (Jac.48)

TM_{010} Monopole Mode

$$E_z(r.t) = E_0\,J_0\left(\frac{2.405}{R}\,r\right)\cos\,(\omega_{010}t) \qquad (8{,}115)$$

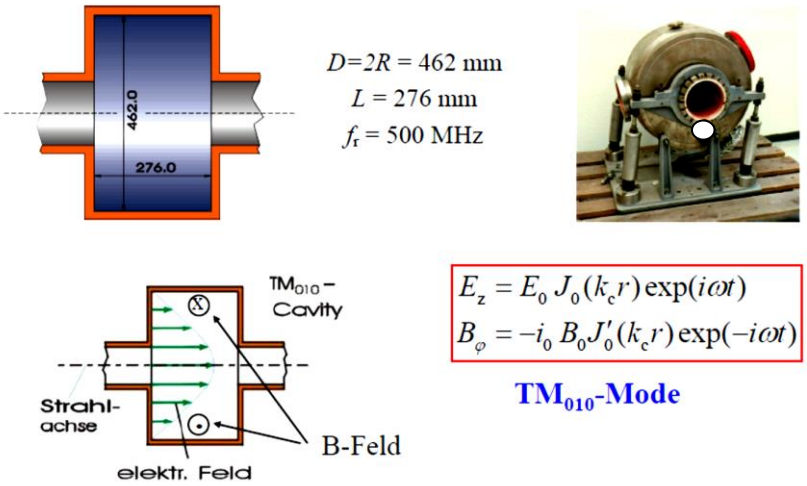
$$E_r = 0$$
$$E_\emptyset = 0$$

$$B_{\emptyset}(r.t) = -i\sqrt{\mu\epsilon}\, E_0 J_1\left(\frac{2.405}{R}\, r\right) \sin(\omega_{010}t) \quad (8{,}115a)$$
$$B_z = 0$$
$$B_r = 0$$

د (8,115) معادلې څخه په ډاګه کيږي چې د عرضي مقناطيسي څپې ترټولوټيټ موډ TM_{010} داستوانه يې اهتزازکوونکي په طول L پورې اړه نه لري . پايله يې داده چې په تخنيکي تړاو دنومړي اهتزازکوونکي رزونېنس فريکونس اعيارول *tuning* ناشونی دی.

يوالکترون (e) په پام کې نيسوچې لږڅه دنورپه سرعت c سره داستوانه يې تشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکي محورz په اوږدوکې حرکت کوي. نومړی الکترون داستوانه يې اهتزازکوونکي د طول L څخه د تيريدلوپه وخت T کې ديوې برېښنايز ساحې تراغيزې لا ندي قرارلري چې دوخت په تړاوتغيرکوي. هغه مقداراعظمي حرکي انرژي ΔE چې الکترون يې داهتزازکوونکي طول L په اوږدوکي دولټيج V په کارولوسره ترلاسه کوي مساوي ده له.

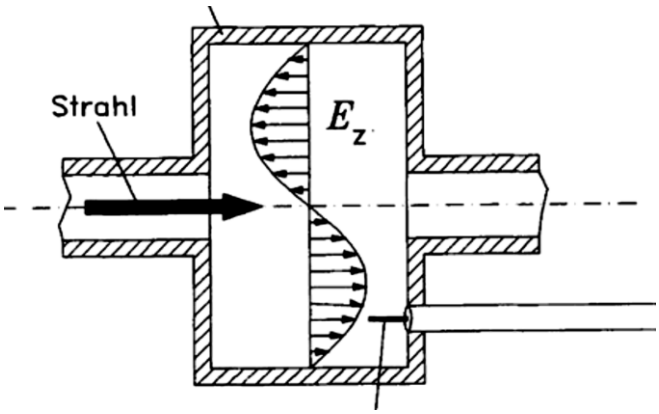
$$\Delta E = eV = e\left|\int_{-\frac{L}{2}}^{+\frac{L}{2}} E_z(z.t)e^{i\omega z/c}\, dz\right| = E_0 LT \qquad (8{,}115b)$$



۳۸-۸ شکل : د عرضي مقناطيسي څپې ترټولوټيټ موډ TM_{010} لپاره دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ اهتزاز بڼه ښوول شوې ده چې ديوې استوانه يې تشې فضاء يې خونې اهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې خپريږي.$(m = 0; .n = 1; p = 0)$

په نومړي شکل کې ښې خواته داستوانه يې تشې فضاء يې خونې درې بعده فزيکي جوړښت اوکيڼ خواته تخنيکي نقشه کښل شوې ده. دشکل لاندې کيڼ خواته دبرېښنايزساحې کرښې داستوانه يې تشې فضاء يې خونې په منځ کې موازې بڼه لري اوپه وکټورونوکښل شوې دي . دمقناطيسي ساحې تړلې کرښې دتشې فضاء يې خونې په منځ کې په دايروي خطونوکښل شوی دي اودشکل په پاس برخه کې عموداًدپاڼې له مخ څخه روانې اوپه لاندې برخه کې عموداً ښرته ننوځي .دکيڼ خواڅخه دچارج شووبڅرکويوبنډل strahl فضاء يې خونې ته ورننوځي او دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z(r.t)$ په مټ تعجيل مومي .

که چېرته په (8,112) معادله کې د عرضي مقناطيسي څپې ترټولوټيټ يوقطبه موډ TM_{010} په ځای نورقيمتونه لکه $(m = 2; .n = 1; p = 0)$ واچوو، نود عرضي مقناطيسي څپې دوه قطبه موډ TM_{210} ترلاسه کيږي چې په ۳۹-۸ شکل کې کښل شوی دی.



۸- ۳۹ شکل :ديوې تشې فضاء يي خونې استوانه يې اهتزازکوونکي دمحور z په اوږدوکې دبرښنايزساحې $E_z(r.t)$ اهتزاز بڼه ددوه قطبه موډ TM_{210} Dipole Mode لپاره کښل شوی ده . په نوموړي شکل کې د عرضي مقناطيسي څپې دوه قطبه موډ لاندې قيمتونه لري :

$(m = 2; .n = 1; p = 0)$

دکينې خواڅخه دچارج شووبڅرکويوبنډل strahl(beam) فضاء يي خونې ته ورننوځي چې سمت يې په يوه وکټورکښل شوی دی. لکه چې دنوموړي شکل څخه مالوميږي چې دبرښنايزساحې $E_z(r.t)$ داهتزاز دوه قطبه موډ دراډيو تراپي په ماشين کې دچارج شووبڅرکودتعجيل کولولپاره مساعده بڼه نه لري .

دڅپې انتقال کوونکي مستطيل ډوله تيوب په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې خپرېدنې معادله .

دڅپې انتقال کوونکی مستطيلي تيوب rectangular waveguide يوداسې جوړښت دی چې ديوه فلزي څلورکونجه پايپ اوياتيوب بڼه لري اود منځ فضاء يې تشه وي . له دې کبله ورته دڅپې انتقال کوونکی څلورکونجه تيوب اوياقايم الزاويه تيوب هم ويلای شو.

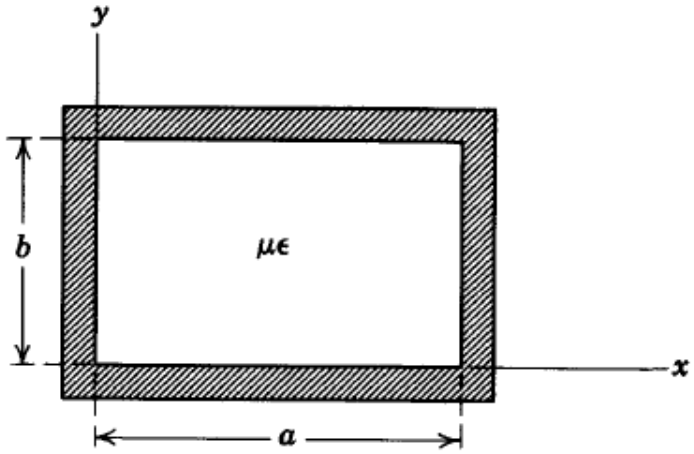
په تخنيکي تړاوډيراړين ده چې دمستطيلي څپې انتقال کوونکي تيوب په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې فريکونس ډولونه اودهغوی داهتزازبڼه و پېژندل شي. داڅکه چې دراډيو تراپي او په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دالکترومقناطيسي څپې دانتقال په موخه ورڅخه ګټه پورته کيږي .

په نوموړي جوړښت کې دوه ډوله الکترومقناطيسي څپې خپريدلای شي .

- عرضي مقناطيسي څپې $TM_z(E_z \neq 0\ ;\ \mathrm{B_z} = 0)$
- عرضي برښنايزڅپې $TE_z(\mathrm{B_z} \neq 0\ ;\ \mathrm{E_z} = 0)$

په ۸- ۴۰ شکل کې دڅپې انتقال کوونکی مستطيل ډوله تيوب يوډول په پام کې نيسوچې دمحور z په اوږدوکې يې عرضي مقناطيسي څپې $TM_z(E_z \neq 0\ ;\ \mathrm{B_z} = 0)$ خپريږي .

په لومړي گام کې غواړوچې دڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه تيوب په منځ کې دنوموړوسرحدي شرطونوپه پام کې نيولوسره دهلم هولڅ څپې معادله $(8{,}55c)$ د برښنايز ساحې طولي برخې $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x,y})$ لپاره حل کړو. په دويم گام کې کولای شوچې دمحاسبه شوو طولي برخو $\mathrm{E_z}\ ;\ \mathrm{B_z}$ په مټ دنوموړي جوړښت پاتې عرضي برخې $B_y\ ;\ B_x, E_y, E_x$، په ښکاره explicit ډول ترلاسه کړو.



۸- ۴۰ شکل: مستطيلي څپې انتقال کوونکي تيوب دقايم الزاويه مختصاتوپه سيستم (x,y,z) کې کښل شوی دی چې پلنوالی يې a او ارتفاع يې b ده . الکترومقناطيسي څپې دنومورې څلورکونجه پايپ د x ځايزمحور او y ځايزمحورله خوامحدودې ساتل کيږي خودځايزمحور z په اوږدوکې محدودې نه دي اوان تر لايتناهي پورې خپريږي. (Jac49)

دهلم هولڅ څپې د معادلې $(8{,}55c)$ پر اساس دڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه تيوب په منځ کې دبرښنايزڅپې طولي برخې $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x},\mathrm{y})$ معادله په لاندې ډول ده.

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial \mathrm{x}^2}+\frac{\partial^2}{\partial \mathrm{y}^2}+\ \gamma^2\ \right]\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x},\mathrm{y})=0 \qquad (8{,}116)$$

په $(8{,}116)$ معادله کې دڅپې عرضي ځايز شمېر ګاما γ مساوي ده له:

$$\gamma^2=\left(\mu\epsilon\ \frac{\omega^2}{c^2}\ -\mathrm{k_z}^2\right) \qquad (8{,}117)$$

اوس د برښنايز ساحې طولي برخې $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x}.\mathrm{y})$ لپاره ه دحل يوه داسي جمله لټوو چې يوخوا سرحدي شرطونه پوره کړي اوبل خواد ماکسول معادلې هم حل کړي. سرحدي شرطونه په لاندې ډول دي.

که چېرته دڅپې انتقال کوونکی مستطيل ډوله تيوب پلنوالی په $(x=a)$ اوارتفاع يې په $(y=b)$ وښيو،نوسرحدي شرطونه دادي چې په $(x=0)$ او $(x=a)$ ځای کې اوهمدارنګه په $(y=0)$ او $(y=b)$ ځای کې دبرښنايزساحې طولي برخه $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x}.\mathrm{y})=0$ صفرده .

دياډلوورډه چې په $(8{,}116)$ معادله کې د برښنايز ساحې طولي برخې $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x},\mathrm{y})$ ته دبرښنايزساحې محوريز برخه axial component هم ويل کيږي.

څرنګه چې په $(8{,}116)$ معادله کې دوه متغير x او y شتون لري اوهغوی ديواوبل تابع نه دي نوکولای شوچې نومورې معادله دمتغيرود بيلتون په طريقه سره separation of variables حل کړو.

$$\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x},\mathrm{y})=\ \mathrm{X}(\mathrm{x}),\mathrm{Y}(\mathrm{y}) \qquad (8{,}118)$$

دهلم هولڅ څپې په $(8{,}116)$ معادله کې د $\mathrm{E_z}\,(\mathrm{x}.\mathrm{y})$ پرځای د $\mathrm{X}(\mathrm{x})$ اود $\mathrm{Y}(\mathrm{y})$ متغيرو دحل جمله اچوو ،نولروچې :

$$\mathrm{Y}\frac{d^2X}{dx^2}+\mathrm{X}\ \frac{d^2Y}{dy^2}+\ \gamma^2\,XY=0 \qquad (8{,}119)$$

اوس د (8,119) معادلې ښې خواڅخه XY باندې ويشو، اوپه يادولروچې نومړې معادله هغه مهال اعتبارلرې کله چې د x متغير غړی برخه اوهمدارنګه د y متغيرغړي برخه ديوه ثابت قيمت سره مساوي وي. مړدزړه په خوښه اوپه اختياري توګه داثابت قيمت په خپل وارسره په $-k_x^2$ او $-k_y^2$ حروفوباندې ښيو.

$$\frac{1}{X}\frac{d^2X}{dx^2} = -k_x^2 \qquad (8,120)$$

$$\frac{1}{Y}\frac{d^2Y}{dy^2} = -k_y^2 \qquad (8,121)$$

کله چې د $-k_x^2$ او $-k_y^2$ ثابت قيمتونه په (8,119) معادله کې واچوو،نولروچې :

$$-k_x^2 - k_y^2 + \gamma^2 = 0 \qquad (8,122)$$

د (8,120) معادلې دحل عمومي جمله دساين اوکوساين مثلثاتوتابع دخطي ترکيب څخه ترلاسه کيږي

$$X(x) = A\sin(k_x x) + B\cos(k_x x) \qquad (8,123)$$

په (8,123) معادله کې د A او B داينتګريشن اختياري ثابت دي چې دڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه تيوب په منځ کې دڅپې خپرېدنې سرحدي شرطونو پر اساس ټاکل کيږي. سرحدي شرطونه په ګوته کوي چې دڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه پايپ ددېوالونوسره موازي دبرېښنايزساحې مماس برخه $\vec{E}_{\parallel} = 0$ صفروي .

دنومړي شرط دپوره کولوپه موخه بايدچې د x محورپه اوږدوکې اودڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه تيوب د پلنوالي سطحې په څنډوکې دبرېښنايزساحې موازي برخه $\vec{E}_{\parallel}$ دکښې خوادېوال په $X(x=0)=0$ ځای کې او همدارنګه دښې خوادېوال په $X(x=a)=0$ ځای کې صفروي .

نومړی شرط هغه مهال پوره کېدای شي چې(8,123) معادله کې ثابت B = 0 وټاکل شي اودڅپې خپرېدنې ځايز شمېر k_x لاندې قيمتونه ځانته غوره کړي.

$$k_x = \frac{m\pi}{a} \quad . \quad (m = 0.1.2. \dots,) \qquad (8,124)$$

همدارنګه د (8,121) معادلې دحل عمومي جمله دساين اوکوساين مثلثاتوتابع خطي ترکيب څخه ترلاسه کيږي

$$Y(y) = C\sin(k_y y) + D\cos(k_y y) \qquad (8,125)$$

په (8,125) معادله کې د C او D داينتګريشن اختياري ثابت دي.

دسرحدې شرطونوپه پام کې نيولوسره دڅپې انتقال کوونکي څلورکونجه تيوب د y محورپه اوږدوکې اودارتفاع په سطحه باندې دبرېښنايزساحې موازي برخه $\vec{E}_{\parallel} = 0$ ددېوال په $Y(y=0)=0$ ځای کې او همدارنګه په $Y(y=b)=0$ ځای کې بايد صفروي .

نومړی شرط هغه مهال پوره کېدای شي چې په (8,125) معادله کې D = 0 وټاکل شي او دڅپې خپرېدنې ځايز شمېر k_y لاندې قيمتونه ځانته غوره کړي.

$$k_y = \frac{n\pi}{b} \quad . \quad (n = 0.1.2. \dots,) \qquad (8,126)$$

کله چې د k_x او k_y قيمتونه په (8,123) او (8,125) معادله کې واچوو ، او (8,118) معادله په پام کې ونيسو،نوپه پايله کې دهلم هولځ څپې دوه بعده معادلې (8,116) دحل جمله د عرضي مقناطيسي څپې ډول $TM(E_z \neq 0\ ;\ B_z = 0)$ طولي برخې $E_z\,(x,y,t)$ لپاره په لاندې ډول ترلاسه کيږي .

$$E^z{}_{mn}(x.y.t) = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \qquad (8,127)$$

په (8,127) معادله کې m او n د برېښنايز ساحې E_z دموډشمېره راښيي.

.

- ايکسپونينشل فکټور $e^{i(\omega t-k_z z)}$ په ډاګه کوي چې يوه سايندوله څپه دځپوانتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت دمحورپه اوږدوکې z خپريږي اوپه فريکونس ω اهتزازکوي. دځپې خپرېدنې سرعت مساوې دی له : $v_{ph} = \frac{\omega}{k_z}$

که چېرته په (8,127) معادله کې $m = 0$ اويا n =0 قيمت ولري نوپه دواړوحالتونوکې $E_{z=0}$ کيږي اودمحورپه اوږدوکې هيڅ ډول څپه نه شي خپريدلای.

که چېرته په (8,127) معادله کې $m = 1$ او $n = 1$ قيمت ولري نود عرضي مقناطيسي څپې بنسټيز موډ $TM_{mn}=TM_{11}$ ترلاسه کيږي چې دبرېښنايزځپې E_{11} په نوم هم يادېږي.

نوموړی موډ يعنې TM_{11} څپه هغه ډول موډmode دی چې لاپه ايله دځپو انتقال کوونکي مستطيل ډوله جوړښت په منځ کې خپريدلای شي

همدارنګه د عرضي برېښنايز څپې $TE(B_z \neq 0\ ;\ E_z = 0)$ د طولي برخې $B_z\,(x.y.t)$ لپاره دحل جمله په لاندې ډول ترلاسه کيږي. ماخذ (54 Ful)

$$B^z{}_{mn}(x.y.t) = B_0 \cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \quad (8,128)$$

اوس غواړوچې د عرضي مقناطيسي څپې $TM(E_z \neq 0\ ;\ B_z = 0)$ لپاره دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z\,(x,y,t)$ دحل جملې (8,127) او مقناطيسي ساحې طولي برخې $B_z\,(x,y,t)$ دحل جملې (8,128) په مټ دبرېښنايزساحې $\vec{E}$ اومقناطيسي ساحې $\vec{B}$ پاتې عرضي برخو لکه $E_x\ ;\ E_y;\ B_x;\ B_y$ ښکاره explicit محاسبه ترلاسه کړو . دنوموړې موخې لپاره دبرېښنايزساحې طولي برخې $E_z\,(x,y,t)$ دحل جمله (8,127) په (8,74) − (8,71) معادلوکې اچوو اوپه يادولروچې دمقناطيسي څپې طولي برخه صفرده $(B_z = 0)$ ، نولروچې : ماخذ (54 Ful)

$$\boxed{TM - wave - modes}$$

$$E_x = \frac{k_z E_0}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - k_z{}^2}\left(\frac{m\pi}{a}\right)\cos\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \quad (8,129)$$

$$E_y = \frac{k_z\, E_0}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - k_z{}^2}\left(\frac{n\pi}{b}\right)\sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\ \cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \quad (8,130)$$

$$E_z^{mn}(x.y.t) = E_0 \sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\sin\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \qquad (8,131)$$

$$B_x = \frac{i\,\omega\epsilon E_0}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - k_z{}^2}\left(\frac{n\pi}{b}\right)\sin\left(\frac{m\pi x}{a}\right)\cos\left(\frac{n\pi y}{b}\right)e^{i(k_z z-\omega_{mn}t)} \quad (8,132)$$

$$B_y = \frac{\mathrm{i}\,\omega\epsilon \mathrm{E}_0}{\mu\epsilon\,\frac{\omega^2}{c^2} - \mathrm{k_z}^2}\left(\frac{\mathrm{m}\pi}{\mathrm{a}}\right)\cos\left(\frac{\mathrm{m}\pi\mathrm{x}}{\mathrm{a}}\right)\sin\left(\frac{\mathrm{n}\pi\mathrm{y}}{\mathrm{b}}\right)\mathrm{e}^{\mathrm{i}(\mathrm{k_z z}-\omega_{\mathrm{mn}}\mathrm{t})} \qquad (8{,}133)$$

$B_z = 0$

کله چې k_x د او k_y قیمتونه په (8,122) معادله کې واچو ،نوپه پایله کې دځپې خپرېدنې عرضي ځایز شمېر ګاما γ_{mn} ترلاسه کیږي:

$$\gamma_{\mathrm{mn}}^2 = \pi^2\left(\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{a}^2} + \frac{\mathrm{n}^2}{\mathrm{b}^2}\right) \qquad (8{,}134)$$

دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله تیوب په منځ کې د عرضي مقناطیسي ځپې $TM(E_z \neq 0)$ پریکیدونکی فریکونس ω_{mn} په لاندې ډول دی.

$$\omega_{\mathrm{mn}} = [\mathrm{c}]\,\frac{\pi}{\sqrt{\mu\varepsilon}}\sqrt{\left(\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{a}^2} + \frac{\mathrm{n}^2}{\mathrm{b}^2}\right)} \qquad (8{,}135)$$

په (8,135) معادله کې ..... m = 0,1,2,3 او ....n = 0,1,2,3 مثبت صحیح عددونه دي خودواړه په یوه وارسره بایدصفرنه وي . داځکه چې که چېرته په (8,135) معادله کې m = 0 اویا n = 0 کړو،نود (8,131) معادلې پر اساس ، دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله تیوب په منځ کې برېښنایزساحه صفرکیږي $\mathrm{E_z^{mn}}(\mathrm{x.y.}t) = 0$ اوله دې کبله دنوموړې جوړښت دمحورپه اوږدوکې z الکترومقناطیسي ځپې نه شي خپریدلای .

بلخوا د m عدد،د x محورپه اوږدوکې چې دمستطیل ډوله تیوب پلنوالي سره سمون لري ،دځپې اهتزازډولونو شمېر modes په ګوته کوي.

همدارنګه د n عدد، د y محورپه اوږدوکې چې دمستطیل ډوله تیوب ارتفاع سره سمون لري ،دځپې اهتزازډولونو شمېر modes په ګوته کوي.

دپام وړده چې عرضي مقناطیسي ځپې دنوموړي تیوب په منځ کې دنورپه سرعت $[c]$ خپریږي.

د(8,135) معادلې څخه مالومیږي چې دځپې پریکیدونکی فریکونس ω_{mn} دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله تیوب دارتفاع b اوپلنوالي a په واسطه ټاکل کیږي . په بله معنی دځپې انتقال کوونکي تیوب په هندسي بعدونوپورې اړه لري چې دالکترومقناطیسي ځپې کوم ډول فریکونس په نوموړي جوښت کې دانتقال وړتیالري.

دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله تیوب په منځ کې د عرضي مقناطیسي ځپې $TM(E_z \neq 0\,;\,\mathrm{B_z} = 0)$ طولي برخې ترټولوټیټ پریکیدونکی فریکونس m =1 او n = 1 مساوي دی له .

$$\omega_{11} = [\mathrm{c}]\,\frac{\pi}{\sqrt{\mu\varepsilon}}\sqrt{\left(\frac{1}{\mathrm{a}^2} + \frac{1}{\mathrm{b}^2}\right)} \qquad (8{,}136)$$

هغه ځپې چې فریکونس یې د ω_{11} څخه کوچنی وي ، دځپې انتقال کوونکي مستطیل ډوله تیوب په منځ کې نه شي خپریدلای. همدالامل دی چې ω_{11} فریکونس ته پرې کوونکی فریکونس cutoff frequency ویل کیږي .

پنځمه برخه

نهم څپرکی

اکس (ایکس) وړانګې (X-radiation)

اکس وړانګې او یا په بله معنی رونتګن وړانګې ،الکترومقناطیسي وړانګې دي چې داکس فوتون وړانګو x - photon radiation په نوم هم یادیږي . اکس فوتون وړانګې په تخنیکي تړاوهغه مهال منځ ته راځي کله چې یولوړانرژي چارج شوی ښرکی لکه الکترون، دکولومب قوې Coulomb force په بربښنایز ساحه کې مثبت تعجیل acceleration اویامنفي تعجیل deacceleration ومومي .
پر ۱۸۹۵ زکال کې رونتګن وړانګې دیوجرمني فزیک پوه ویلهلم کونرادرونتګن Wilhelm Conrad Röntgen له خوا کشف شوې اوبیاوروسته دنوموړي کارپوه په ویاړهم ونومول شوې. په لومړي وخت کې پخپله رونتګن په دې نوښو وړانګو باندې د اکس وړانګو-X rays یعنې نامعلومه وړانګونوم کښښود. داځکه چې داډول وړانګې بیخې نوې وړانګې وې اودادمه (ع) تردې دمه هیڅ چا نه وې کشف کړې .

پر 1901 زکال کې ویلهلم کونرادرونتګن کارپوه ته ددغه بې ساري او ارزښتنا کې علمي اختراع په بدل کې دنوبل جایزه (Nobel Prize) ورکړل شوه. رونتګن وړانګې او یا په بله معنی اکس فوتون وړانګې x - photon radiation الکترومقناطیسي وړانګې دي چې په سترګونه لیدل کیږي اوانرژي یې دسل الکترون ولټ 100 eV څخه پورته ده اودځپې اوږدوالی یې دلس نانومتر 10 nm څخه کوچنی دی. د اکس فوتون وړانګوانرژي E مساوي ده له : فوتون فریکونس ν ضرب پلانک ثابت

$$E = h\nu = \frac{h, c}{\lambda} = \frac{1.24, nm}{\lambda} \qquad (9,1)$$

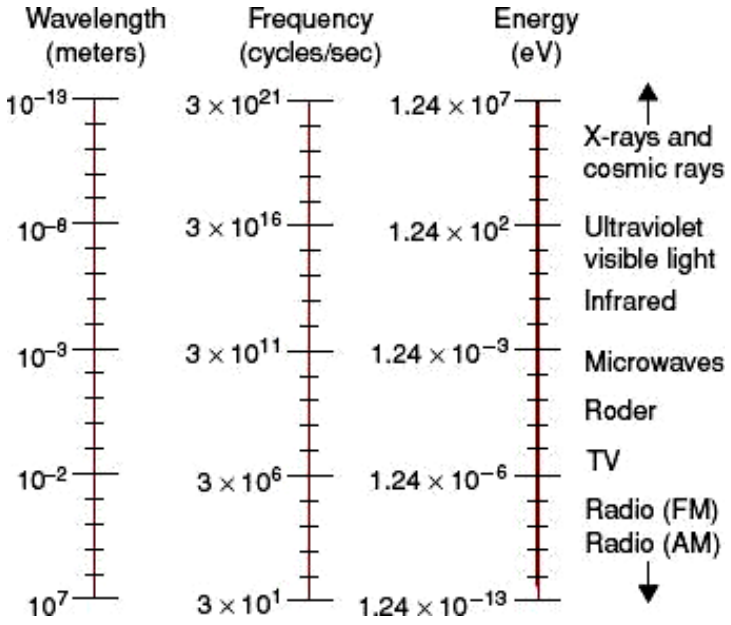
په (9,1) معادله کې فزیکي کمیتونه په لاندې ډول دي :

- Planck constant پلانک ثابت $6.626 \times 10^{-34}. J. s$
- په فضاء کې دنورسرعت : $c = 2.998 \times 10^{8}$ m/s
- د اکس فوتون وړانګو دځپې اوږدوالی په واحد نانومتر : λ

په تخنیکي تړاود اکس وړانګوپه تیوب x-ray tube کې د اکس فوتون وړانګوانرژي ان ترڅلورسوه کیلوالکترون ولټ (25-400 keV) اوپه خطي تعجیل کوونکي ماشین کې Linear accelerator د اکس فوتون وړانګوانرژي آن ترپنځوس میګاالکترون ولټ (1MeV - 50 MeV) پورې رسیږي . خوپه بدن کې دناروغیود پېژندنې په موخه د اکس فوتون وړانګوانرژي د(25-150 keV) څخه نه اوړي. په ۹- ۱جدول کې د اکس فوتون وړانګې دانرژي په تړاوویشل شوې دي چې دطبابت په توپیرلرونکوبرخوکې ورڅخه ګټه پورته کیږي.

ټيټ انرژي اکس وړانګې	Low Energy x - rays	0,1- 20 kV
تشخيصي اکس وړانګې	Diagnostic x-rays	20 - 150 kV
اورتوولټيج اکس وړانګې	Orthovoltage x-rays	125 - 300 kV
منځنۍ انرژي اکس وړانګې	Intermediate x-rays	300 kV - 1 MV
مېګاولټيج اکس وړانګې	Megavoltage x-rays	1 MV upwards

۹- ۱جدول : دتعجيل کوونکي ولټيج سره په تړاوکې د اکس فوتون وړانګوانرژي ساحه Energy range ويشل شوې ده.



۹- ۱شکل : دالکترومقناطيسي وړانګودانرژي طيف کښل شوی دی. دنوموړي شکل څخه معلوميږي چې د اکس فوتون وړانګوانرژي دماورای بنفش وړانګو ultravioletten څخه پورته ده ماخذ :.(62 Per)

اکس فوتون وړانګې اوهمدارنګه ګاماوړانګې Gamma ray دالکترومقناطيسي وړانګود طيف يوه برخه تشکيلوي . نن ورځ سپينه شوې ده چې دانرژي په تړاودنوموړووانګو تر منځ توپيرنه شته . داځکه چې دفوتون وړانګوانرژي کېدای شي چې آن ترګيګاالکترون ولټ GeV پورې ورسيږي اودګاماوړانګوانرژي هم دځوکيلوالکترون ولټ څخه رانيولې آن ترګيګاالکترون ولټ پورې رسيږي . خودنوموړووانګوتر منځ يوازنۍ توپيردادی چې دواړه ډول الکترو مقناطيسي وړانګې دي او داټوم په مختلفوبرخوکې توليدکيږي.

د بېلګې په توګه :

- د اکس فوتون وړانګې x - photon rays هغه مهال منځ ته راځي کله چې لوړانرژي چارج شوي بځرکي لکه الکترونونه، ديوې مادې اټومونودهستې برېښنايز ساحې سره اوياداټوم په مدارونوکې دالکترونوسره دکولومب برېښنايز غبرګون coulomb interaction وکړي .
- دګاماوړانګې ديوه تحريک شوي اټوم هستې څخه بهرته راوځي کله چې داټوم هسته دلوړانرژي لېول *nuclear energy levels* څخه يوه ټيټ انرژي لېول ته عبوروکړي . دګاماانرژي د پېژندلو پر اساس کولای شوچې دهمغه عنصرډول تشخيص کړو . دګاماوړانګوانرژي طيف يوخطي طيف دی .

☑ د اکس ريز x-rays هغه وړانګې چې دناروغيوپه تشخيص کې ورځخه ګټه پورته کيږي دانرژي کچه يې (10-150 keV) ده .

☑ د اکس ريز x-rays هغه وړانګې چې د ناروغيوپه درملنه کې ورځخه ګټه پورته کيږي ، دانرژي کچه يې (1-50 MeV) ده .

☑ هغه تخنيکي آلې چې نن ورځ دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه استعمالېږي د کوبالټ شپيته Co-60 راډيواکټيف سرچينه، بيتاترون Betatron ، اوخطي تعجيل کونکي Linear Accelerator ماشين په نامه سره يادېږي .

د اکس فوتون وړانگوځانگړتياوې په لاندې ډول دي:

- ❖ اکس فوتون وړانگې په سترگونه ليدل کيږي
- ❖ لوړانرژي اکس فوتون وړانگې دانسان دبدن څخه تيريدلای شي
- ❖ اکس فوتون وړانگې دمقناطيسي ساحواويا برېښنايز ساحوپه مټ دخپل سمت څخه کړيدلای نه شي اوله دې کبله په برېښنايز تړاوخنثی خواص لري.
- ❖ په فضاء کې د اکس فوتون وړانگې سرعت دنورسرعت سره مساوي دی اودرې سوه مليونه 300 000000 m/s متره په ثانيه کې قيمت لري.
- ❖ کله چې د اکس فوتون وړانگې په يوه فوتوگرافي اکس فيلم باندې ولگيږي نوفلم تک تورکيږي.
- ❖ اکس فوتون وړانگې دالکترومقناطيسي وړانگوطيف هغه برخه تشکيلوي چې دماورای بېنفش Ultraviolet اوگاما وړانگو gamma rays تر منځ پرته ده.
- ❖ دمشخصه اکس فوتون وړانگوانرژي دهرعنصرلپاره ټاکلی ثابت قيمت لري اوله دې کبله يوخطي انرژي طيف لري خود اکس بريمزفوتون وړانگې يومتمادي انرژي طيف لري.
- ❖ اکس فوتون وړانگې په صنعت کې پراخ استعمال لري. د ېبلگې په توگه لرغون پوهنه انتروپولوجي، دهوايي ډگرسکيوريتي security کنترول، دمينرالونواوکريستل جوړښت پېژندنه X-ray crystallograph اونور
- ❖ اکس فوتون وړانگې په طبابت کې دناروغيود پېژندنې اودرملنې په موخه پراخ گټوراستعمالري.
- ❖ د اکس فوتون وړانگو د کشف څخه څو کاله وروسته په ډاگه شوه چې که څه هم دروغتيا په تړ او د اکس ريز کارول يوه ډېره گټوره طبي کړنلاره ده، خو بلخوا اکس ريزدگټې په څنگ کې د انسان بدن ته زيان هم رسو لای شي او د سرطان ناروغۍ لامل گرځيدلای شي

- ❖ اکس فوتون بريمز Bremsstrahlung وړانگې هغه مهال توليدکيږي کله چې لوړانرژي چارج شوي بڅرکي خپل سرعت ته تغيرورکړي . دنوموړووړانگوطيف متمادي طيف تشکيلوي.
- ❖ مشخصه اکس فوتون وړانگې Characteristic X-ray هغه مهال منځ ته راځي کله چې ديوه تحريک شوي اټوم دلوړانرژي لېول څخه ټيټ انرژي لېول ته دالکترونوعبورصورت ونيسي .

اکس فوتون وړانگې د آيونايز کوونکو وړانگوپه ډله کې شمېرل کيږي. په بله معنی د اکس وړانگوفوتونونه X-ray photons پوره انرژي لري چې دبدن اټومونه آيونايز کړي اودمالېکولونوتر منځ اړيکي وشلوي اوپه پايله کې دبدن غړوته زيان ورسوي.
په تيره بيادبدن حجروپه ډې اين اې DNA مالېکول کې بدلون راوستل دسرطان ناروغۍ لامل گڼل کيږي.
د ېبلگې په توگه که چېرته اکس فوتون وړانگې دبدن په نرمونسجونو soft tissues باندې ولگيږي، چې انرژي يې دولس الکترون ولټ 12 eV قيمت ولري ،نودنسج اټومونه آيونايز کوي اوپه پايله کې يومثبت ايون اويوازادالکترون منځ ته راځي.
دنوموړې کړنلارې لپاره اړين ده چې د اکس فوتون وړانگوانرژي دنرم نسج اټومونود تړون انرژي Binding energy څخه پورته وي. دنرم نسج يوه اټوم تړون انرژي لرڅه لس الکترون ولټ 10 eV قيمت لري . د ېبلگې په توگه دماموگرافي په معاينه کې دناروغيودتشخيص په موخه اکس فوتون وړانگې کارول کيږي او بدن ته دانرژي ډوزمقدار دشل ملي سيورت 20 mS څخه اوړي.
دتيوري له مخې کېدای شي چې نوموړی مقداروړانگې دتيوسرطان منځ ته راولي. داځکه چې دنرم نسج اټومونه اومالېکولونه لکه دحجرې DNA مالېکول آيونايز کوي اواړيکي يې پرې کوي.
بلخواځرنگه چې دنرم نسج اټومي شمېر ه اووه Z = 7 قيمت لري، نوپه بدن کې د کلينيکي اکس وړانگوغبرگون په لوړه کچه دکمپټون اغيزې compton effect پر اساس ترسره کيږي .

اکس وړانګو ته داکس وړانګو فوتون x-ray photon هم ویل کیږي . فوتون photon د اکس وړانګوانرژي یوه بڅرکي ته ویل کیږي چې برېښنایز چارج نه لري اودنورپه سرعت c سره په فضاء کې حرکت کوي. فوتون دالکترومقناطیسي وړانګودانرژي ترټولوکوچنی ذره اویا کوانت quant دی چې انرژي یې $E = h \cdot \nu$, اوامپلس P یې مساوي دی له : $\nu = c/\lambda$

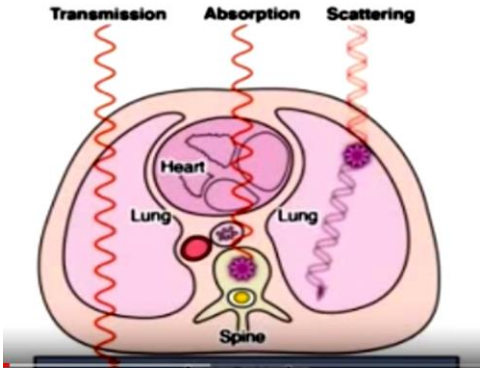
$$p \equiv |\boldsymbol{p}| = \hbar k = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda} .$$

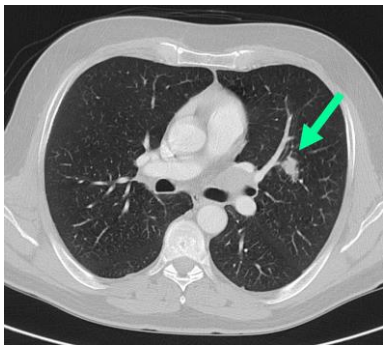
په پورتنۍ معادله کې دپلانک ثابت په h دفوتون وړانګودځپې طول په لامبدا λ اوفریکونس په ν, کښل شوی دی

کله چې د اکس وړانګې فوتونونه بدن ته ورننوځي نودهغوی دانرژي سره سم یوه برخه فوتون وړانګې دبدن څخه تیریږي ،یوه بله برخه فوتون وړانګې دبدن په غړوکې په توپیرسره جذب کیږي اویوه بله برخه فوتون وړانګې یوازې خپل سمت ته تغیرورکوي.
بلخوانوموړې فزیکي اغیزې دبدن غړواټومي شمېر z ، دغړونسجونو کثافت سره هم تړاولري اوله دې کبله په توپیرسره جذب کیږي.
د اکس فوتون هغه وړانګې چې دبدن څخه تیریږي اودرونتګن په عکاسي فیلم باندې لګیږي دهغوی په مټ دبدن غړوتصویرونه مینځ ته راځي . همدالامل دی چې د اکس فوتون وړانګې دناروغیوپه پېژندنه اودرملنه کې پراخ استعمال لري .

د بېلګې په توګه دبدن دنسجونوسره داکس وړانګولا ندې درې ډوله غبرګونونه دپام وړدي .

- کله چې د اکس فوتون وړانګې په بدن باندې ولګیږي ، نو یوه برخه یې دبدن دنسجونواټومونو سره غبرګون کوي اوهلته جذب Absorption کیږي . داکس وړانګودویمه برخه دبدن څخه تیریږي اوبیا د اکس وړانګو په فلم x-ray film باندې لګیږي. په پایله کې دفلم پرمخ دبدن دغړوتصویر منځ ته راځي .داځکه چې په بدن کې دغړوکثافت اواټومي شمېر ه دیوبل څخه توپیرلري نوله دې کبله د اکس فوتون وړانګې هم په توپیرسره جذب کیږي.
- د اکس فوتون وړانګې دریمه برخه دبدن دنسجونواټومونو سره غبرګون کوي اویوازې مسیر یې تغیرمومي Scattering .
- د اکس فوتون وړانګې یوه برخه دبدن دنسج اټومونو سره هیڅ غبرګون نه کوي اودبدن څخه تیریږي Transmission .

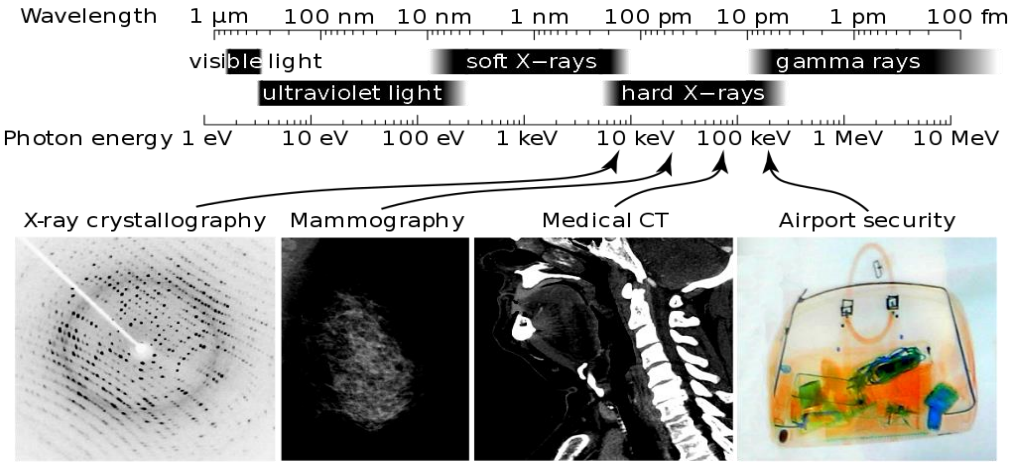




۹- ۲شکل : دبدن یوې برخې په ساره پرې شوی اکس وړانګوتصویرکښل شوی دی چې د اکس فوتون وړانګودجذب کیدلو Absorption،تیریدلو Transmission اوشیندلو Scattering فزیکي اغیزې رابنیي.

د اکس فوتون وړانګوپه مټ دبدن غړوعکس اخیستل کیږي چې دبدن ځینې برخې سپین رنګ لري اوبیاځینې تورنګ لري. داځکه چې توپیرلرونکي نسوجونه د اکس فوتون وړانګوتوپیرلرونکی مقدارجذب کوي. د بېلګې په توګه په سږوکې د اکس فوتون وړانګې لږ جذب کیږي، داځکه چې کثافت یې کوچنی دی نوله دې کبله د اکس وړانګوپه فلم باندې زیات مقدارووړانګې لګیږي اوپایله یې

داده چې داکس په فلم کې سړي تورنګ لري. کلسيم په هډوکوکې ترټولوډير اکس فوتون وړانګې جذب کوي داځکه چې کثافت يې لوړدی اوله دې کبله لږمقداروړانګې فلم ته رسيږي اوپايله يې داده چې هډوکي سپين رنګ لري. خونرم نسجونه لکه زړه اوشحم متوسط مقدار اکس فوتون وړانګې جذب کوي اوله دې کبله خاکې رنګ لري .

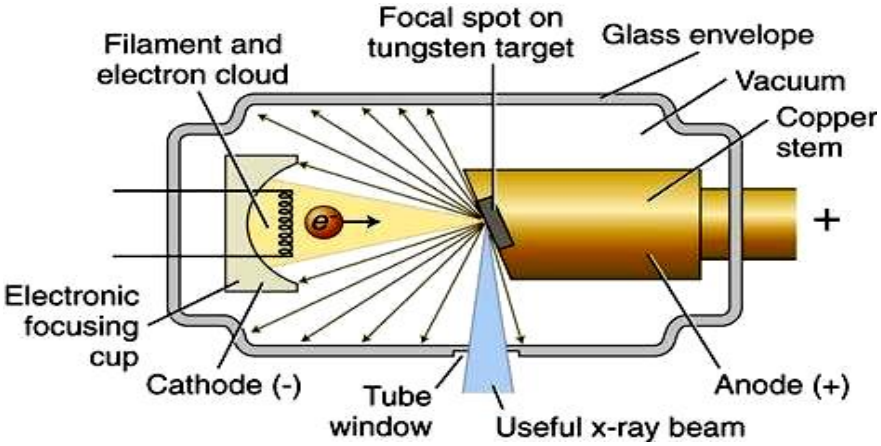


۹- ۲الف شکل : په طبابت اوصنعت کې داکس وړانګوځخه دګټې اخيستلوپه موخه دانرژۍ ساحه کښل شوې ده . دښلګې په توګه دسيني ناروغيودشخيص لپاره دماموګرافي mammography تخينکې آلې څخه ګټه پورته کيږي چې دسختواکس وړانګوانرژي hard X- ray طيف لري اودلس کيلوالکترون ولټ څخه پورته قيمت لري . همدارنګه دکمپيوترتوموګرافي CT هغه طبي آله ده چې دبدن هډوکواونسجونودناروغيودتشخيص په موخه کارول کيږي چې انرژي يې دسل کيلوالکترون ولټ په شاوخواکې قيمت لري .

اکس وړانګوتيوب : X ray Tube

اکس وړانګې د يوه ټرلي شيشه يې او دهواځخه تش لوښي په منځ کې توليدکيږي چې د اکس وړانګوتيوب X-ray tube په نوم يادږي . په ۹- ۳ شکل کې د اکس وړانګوتيوب X-ray tube ښوول شوی دی چې دلاندوبرخوځخه جوړدی .

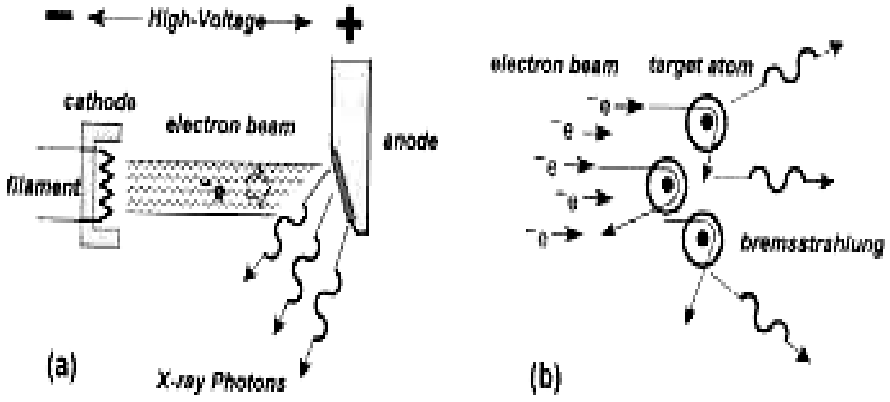
۱) انودالکترود(+): Anode electrode
۲) فوکس نقطه : Focal spot
۳) کتود الکترود: Cathode electrode
۴) فيلامينت: Filament
۵) دالکترونوفوکس کوونکی کپ : Focusing cup
٦) لوړولټيج سرچينه : High Voltage source
۷) لوړوليټج جنراتور : X-ray generator
۸) دالکترونوجريان تعجيل کوونکې برخه Accelerator
۹) ديوه شيشه يې ټرلي پوښ Glass envelope په کارولوسره دلوښي په منځ کې تشه فضاء منځ ته راتلای شي .
۱۰) د تيوب کړکی tube window څخه د اکس هغه وړانګې بهرته راوځي چې ورځخه ګټه پورته کيږي .
۱۱) دمسوفلزي برخه ياتنه Copper stem
۱۲) دتنګستن فلز هدف يا تارګټ Tungsten target
۱۳) دکتودپه مخ برخه کې دراغونډشووالکترونواوربځ Electron cloud
۱۴) الکترونيکي فوکس کول Electronic focusing
۱۵) د اکس وړانګوګټوري برخې جريان Useful x-ray beam



۹-۳ شکل : د اکس وړانګو تیوب برېښنایز سرکټ ښوول شوی چې د انودساکن الکترود(+) په فوکس نقطه Focal spot کې د اکس فوتون وړانګې تولیدکیږي. دفوکس نقطه د اکس وړانګوپه هغوتیوبونو کې چې دناروغۍ دتشخیص په موخه کارول کیږي کوچنۍ وي اویوملي مترمربع خوپه هغوتیوبونوکې چې دناروغۍ ددرملنې په موخه کارول کیږي غټ وي اوآن تر درې ملي مترمربع پورې قیمت لري. ماخذ : (63Rit)

د اکس وړانګوتولید: x ray production

کله چې د اکس وړانګوتیوب منفي (-) کتود Cathode الکترود Electrode څخه الکترونونه ازادشي اودلوړولټیج سرچینې High Voltage source په مټ تعجیل ومومي،نودنوموړي تیوب په بله اخر برخه کې دکتودالکترونوجریان دنور light په لړځه نیمایي سرعت c/2 سره په مثبت فلزي انودAnode الکترود(+) باندې لګیږي اوهلته سمدلاسه بریک break کیږي . دبریک لپاره یوه جرمنی کلمه هم استعمال کیږي چې دبریمز Brems په نوم یادیږي. دبریمزکلمه یوجرمنی لغت دی او معنی یې ده بریک کول اوپه ټپه دریدل . کټ مټ داسې لکه چې یوڅوک خپل موټرچې لوړسرعت لري یوه ناڅاپه په ډیرقوت سره بریک کړي. داڅکه چې دنوموړووړانګومخترع جرمني کارپوه ویلهم رونتګن دبریمزکلمه استعمال کړې ده . دالکترونودبریمزکولو اوپه ټپه دریدلوپه کړنلاره کې د اکس بریمزوړانګې تولیدکیږي "braking radiation," اوپه جرمني ژبه ورته اکس بریمز وړانګې X-Bremsstrahlung ویل کیږي. دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټومونوسره برېښنایز غبرګون کوي اوخپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي په پایله کې دکتودالکترونوضایع شوې حرکې انرژي زیاته برخه ۹۹٪ په حرارتي انرژي او یوسلنه برخه 1% په اکس بریمزفوتون وړانګو X-Bremsstrahlung photons باندې اوړي.



۹-۴ شکل : دکتودلوړانرژي الکترونوجریان (a electron beam دانودالکترونداټومونوسره (b غیرالاستیکي برېښنایز غبرګون کوي اوپه پایله کې اکس بریمزفوتون وړانګې Bremsstrahlung تولیدکیږي.
ماخذ : (69)

انودالکترود(+) Anode electrode :

انودالکترود(+) د اکس وړانګوتیوب اړینه اومثبت (+) چارج شوې فلزي برخه تشکیلوي. داځکه چې په انودالکترودکې اکس وړانګې تولیدکیږي. انودالکترود په عمومي توګه دتنګستن عنصرTungsten څخه جوړه وي اود تارګټ یانښې Targetپه نوم هم یادیږي. داځکه چې دکتودځخه ازادشوي الکترونونه په لږځه سل کیلوالکترون ولټ انرژي سره 100 keV په انودباندې لګیږي ترڅوهلته اکس بریمزفوتون وړانګې Bremsstrahlung تولیدشي اوله دې کبله ورته هدف هم ویل کیږي.

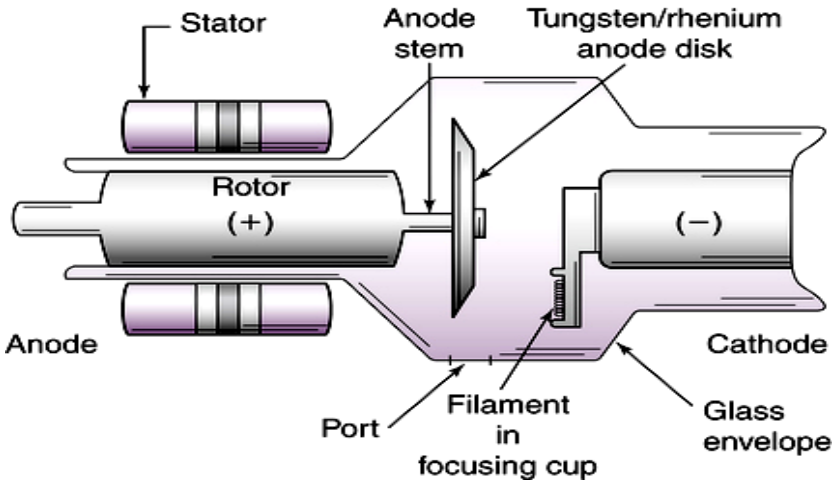
دانودالکترودځانګړتیاوې په لاندې ډول دي:

- دانودالکترودلپاره بایدداسې فلزوټاکل شي چې یوخواپه لوړه کچه اکس وړانګې تولیدکړي اوبلخوادویلې کیدلوحرارت درجه یې لوړه وي . داځکه چې په انودبرخه کې خورازیات حرارت تولیدکیږي کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه وربانديې ولګیږي . نوموړي دواړه شرطونه دتنګستن فلزپوره کوي. همدالامل دی چې د انودالکترود(+) دتنګستن فلز عنصرځخه جوړوي . د بېلګې په توګه یوخوا دنوموړي عنصراتومي شمېر ه 74 ډیرلوړقیمت لري اوبلخوا دحرارت په خورالوړه درجه کې ویلي کیږي چې قیمت یې لږځه درې نیم زره سانتي ګرید 3422 °C پورې رسیږي. هرڅومره چې د انودالکترود(+) دویلې کیدلوحرارت درجه لوړه وي په همغه اندازه د اکس وړانګوتولیدوخت اوږدکیدلای شي اوهغومره ورڅخه ډیره ګټه لاس ته راځي . د انودالکترود(+) شابرخه دمسوفلزڅخه جوړه ده ترڅوپه انودالکترود(+) کې تولیدشوی حرارت په چټکۍ سره د اکس وړانګوتیوب په شاوخوابهیدونکواوبوته انتقال کړي او دانودالکترود(+) سره cool وساتل شي .
- دتنګستن عنصراتومي شمېري لوړقیمت z = 74 ګټوري پایلې لري اوهغه دادي چې په لوړه کچه اکس وړانګې تولیدکیږي .داځکه چې د اکس وړانګوتولیدداتومي شمېر مربع z^2 سره متناسب دی.
- دتنګستن عنصرد اکس وړانګوپه هغه لوړقدرته تیوب کې دانودالکترود(+) په توګه کارول کیږي چې لوړانرژي رونتګن وړانګوته اړتیاوي . د بېلګې په توګه لکه دکمپیوترتوموګرافي تیوب Computer Tomography چې دناروغیود پېژندنې په موخه دلوړانرژي اکس وړانګو 120 keV څخه کاراخیستل کیږي . دکمپیوترتوموګرافي دستګاه آن تردیرشو دقیقو پورې فعال پاتې کېدلا ی شي او آن تردرې زره پورې رونتګن تصویرونه اخیستلای شي.
- دماموګرافي په دستګاه Mammography کې چې دسینې سرطان د پېژندنې په موخه ورڅخه ګټه پورته کیږی د انودالکترود(+) لپاره داسې عنصر کارول کیږي چې داتومي شمېر ه یې کوچنۍ وي ترڅوټیټ انرژي اکس وړانګې 30 keV تولیدشي اودسینې نرمونسجونو ته دوړانګودزیان خطراکم شي .
- همدالامل دی چې دماموګرافي په دستګاه کې دتنګستن عنصر پرځای دمولیبدن عنصرMolybdenum=Mo څخه ګټه پورته کیږي چې داتوم شمېره یې 42 اود k مدارلپاره دالکترون ټرون انرژي شل کیلوالکترون ولټ 20 keV قیمت لري. دماموګرافي په دستګاه کې ټیټ انرژي اکس وړانګې low energy x ray تولیدکیږي چې انرژي یې دشل څخه تر پنځه دیرش کیلوالکترون ولټ (20 - 35 keV) پورې رسیږي . دټیټ انرژي اکس وړانګوګټه په دې کې ده چې یوخوا ناروغ ته دوړانګودخطرکچه کمښت مومي اوبلخوا دښدن نرمونسجونوڅخه لکه دسینې نسجونه په لوړه کچه جذب کیږي . ګټه یې داده چې دماموګرافي په انځورونوکې توپیرلرونکي نسجونه جوت contrast اوپه ښه کیفیت اوحل resolution سره تشخیص کېدای شي .

په اوسني وخت کې د اکس وړانګوتیوب په جوړښت کې ډیرنوښت راغلی دی . د بېلګې په توګه :

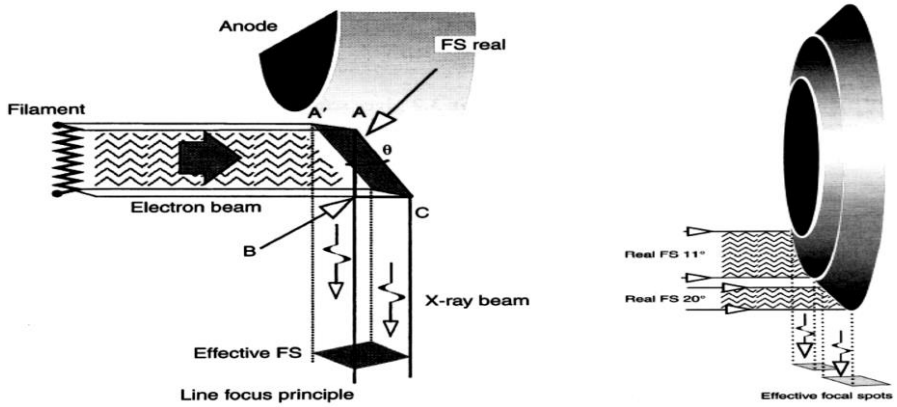
- انودالکترود(+) دخپل محورپه شاوخواراڅرخیږي ترڅود انودالکترود(+) فوکس نقطې موقعیت تل تغیروکړي . په پایله کې د انودالکترود(+) تخریب کیدنې مخنیوی کیږي اوورسره سم د اکس وړانګوتیوب څخه ترډیره وخته پورې ګټه پورته کیدلای شي.

- داکس وړانګوتيوب انودالکترودته تارګټ Target هم ويل کيږي اودنښې په نوم يادیږي . دانودالکترود(+) مخکنۍ برخه دمولیبدن عنصر Molybden څخه جوړه ده اودشابرخه يې دمسو Cu څخه جوړه ده . دنوموړې نوښت په مټ د انودالکترود(+) حرارت دمسوپه کارولوسره په ښه توګه بهرخواوبوته انتقال کيږي او په پايله کې دانودالکترود(+) سړه cool ساتل کيږي.



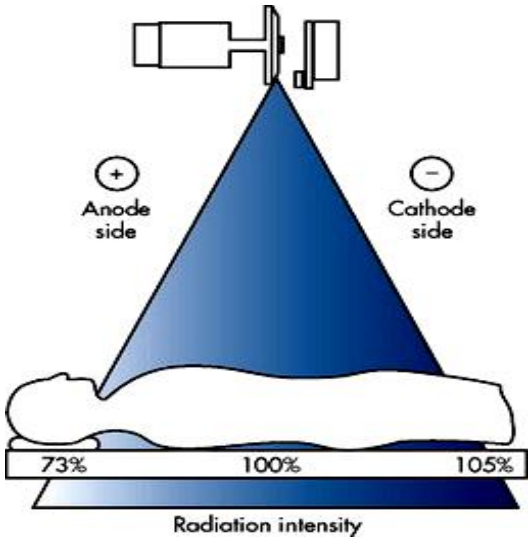
۹- ۵ شکل : د اکس وړانګوتيوب کې نوښت راغلی دی او دساکن انودپرځای څرخېد ونکی انود rotating anode کارول کيږي. دانودالکترود د څرخېد لوسرعت په يوه دقيقه کې ددرې زره څخه هم اوړي . ماخذ : (64 Key)

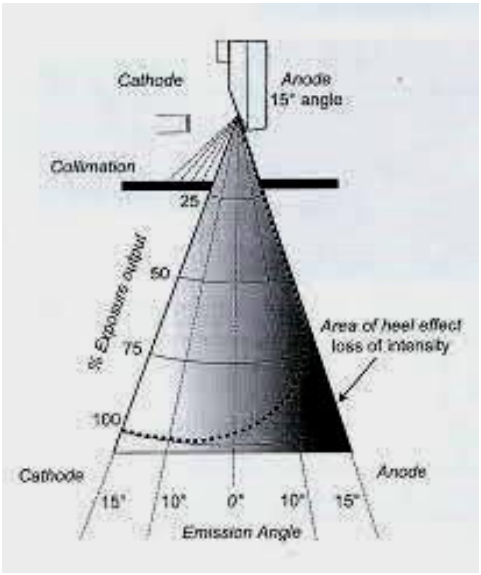
- بلخواد اکس وړانګوټرلۍ شيشه يې تيوب ، دبهرخواڅخه په يوه فلزي پوښ پټ شوی دی اوپه تيلو oil کې ډوب پروت دی . په پايله کې تيل د انودالکترود(+) په شاوخوابهيږي اوسړه cool ساتل کيږي په انودالکترود(+) کې توليدشوې حرارتي انرژي تيلو اويااوبوته انتقال کيږي.



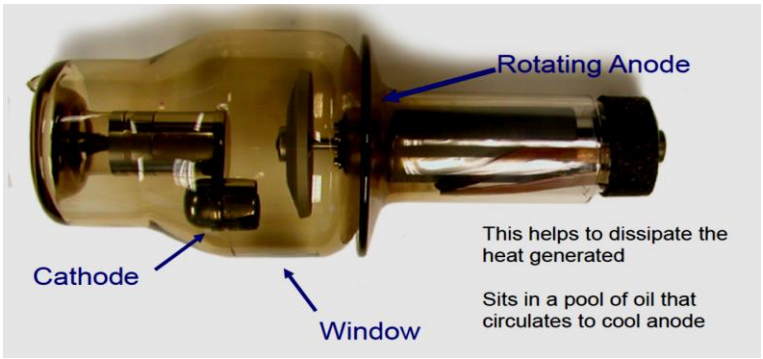
۹- ٦ شکل : دکتودلوړانرژي الکترونوجريان د انودAnode په يوه ټاکلي سطحه باندې تريوې ټاکلي زاويی لکه 11° لاندې لګيږي چې دحقيقي فوکس نقطي Focal point په نوم يادیږي. په پايله کې دانود الکترودپه برخه کې ترټاکلي زاويي لاندې د اکس وړانګې توليدکيږي. داغيزمن فوکس نقطي اندازه Effective Focal Spot دانودزاويي په مټ ټاکل کيږي. هرڅومره چې دانودزاويه غټيږي په همغه اندازه داغيزمن فوکس نقطي سطحه کمښت مومي . هرڅومره چې دفوکس نقطه کوچنۍ سطحه ولري په همغه اندازه هلته زيات حرارت توليدکيږي .همدالامل دی چې د اکس وړانګوتيوب بربښنايز جريان اوداکس وړانګوتوليدموده بايدمحدوده وساتل شي. مأخذ: (65catt)

بلخواهرڅومره چې دفوکس نقطه کوچنۍ وي په همغه اندازه د اکس وړانګوعکسونه لوړکونتراست contrast اوتحليل لري. همدالامل دی چې د اکس وړانګوپه هغوتيوبونوکې چې دناروغيودتشخيص په موخه کارول کيږي دفوکس نقطې سطحه کوچنۍ 2x2 mm اودناروغيوددرملنې په تيوبونوکې دفوکس نقطي سطحه کېدای شي څوملي متره 7x7 mm غټ قيمت ولري. دپام وړخبره داده چې کله دفوکس په نقطه کې اکس وړانګې توليدشي نوهرې خواته په يوشان اومتجانس شدت سره نه خپريږي . د ښلګې په توګه په انودبرخه کې دتوليدشوو اکس وړانګوشدت دکتودوخواته زيات دی خوهغه توليدشوې اکس وړانګې چې دانوداوکتود محوربانديې عمودسمت کې ښکته خواته اوانودته ورنږدي خپريږي شدت يې ډيرکم دی . نوموړې اغيزې ته دهيل اغيزه heel effect ويل کيږي. دانوداوکتودمحورپه اوږدوکې دتوليدشوواکس وړانګوشدت توپيرلري . هغه اکس وړانګې چې دانودکتودمحورپه اوږدوکې دانودڅخه عموداً بهرخواته خپريږي شدت يې نسبت وهغو اکس وړانګوته چې کتودخواته ورنږدې دنوموړې محورسره په تړاوکې خپريږي





۹- ۷ الف شکل :- دانودپه الکترودکې داکس وړانګوتوليدمتجانس نه دی بلکې داکس وړانګودجريان شدت دانودکتودمحورپه عمودي سمت کې I_A چې صفردرجه زاويه لري نسبت وغيرعمودي سمت د 15° پنځه لس درجې زاويې لاندې اوکتودخواته I_B زيات دی $I_A < I_B$. په بله معنی دانودالکترودڅخه پرلپسې په هره زاويه کې داکس وړانګوشدت دکتودخواته ډېرښت مومي . په انودکتودکې توليدشوې اکس وړانګې شدت I_{Anode} هرې خواته خپريږي خوشدت يې دکتودخواته زيات دی نسبت انودخواته $I_{Anode} < I_{kathode}$. نوموړې اغيزې ته دهيل اغيزه heel effect ويل کيږي. پايله يې داده چې دناروغ بدن سطحې ته په متجانس ډول وړانګې نه رسيږي . بلخواپه طبابت کې دهيل اغيزې ګټوراستعما دادی چې دناروغيوپه پېژندنه کې بايدداسې کړنلاره وکارول شي چې دبدن هغه غړي لکه دستون فقرات په منځ کې ماغزه دوړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي اولږانرژي ډوزورته ورسيږي په داسې حال کې چې دبدن پاتې برخو ته په کافي اندازه وړانګې اوانرژي ډوز ورسيږي . دهيل اغيزې يوبل ګټوراستعمال دادی چې دبدن هغه برخه چې پنډه وي بايد دکتودخواته موقعيت ولري ځکه هلته دبدن پاتې برخې په پرتله لږڅه پنځه سلنه زياتې وړانګې رسيږي . همدارنګه په ماموګرافي کړنلاره کې دناروغ دسينې پنډه برخه دکتودالکترودخواته اوسينې څوکې برخه دانودالکترودخواته اعيارشي .



۹- ۷ شکل : ديوه پرمخ تللي اکس وړانګو تيوب دري بعده بڼه کښل شوي ده چې انودالکترود(+) دخپل محورپه شاوخواراڅرخيږي. په پايله کې د اکس وړانګوفوکس نقطه focal spot په يوه ځای کې نه پاتې کيږي بلکې په يوه دايروي پراخه سطحه باندې خپل موقعيت ته تغيرورکوي. په هم دې اساس د انودالکترود(+) anode حرارت ديوې نقطې پرځای نه پاتې کيږي بلکې په پراخه سطحه باندې ويشل کيږي. بلخوا دانودالکترودپه شاوخواکې تيل oil جريان لري ترڅودانودالکترودیخ وساتل شي .

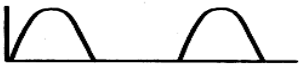
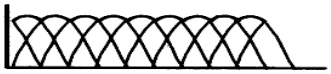
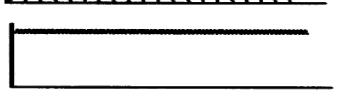
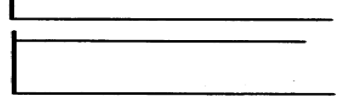
د اکس وړانګولوړولټيج جنراتور : X-ray generator

په ۹- ۹ شکل کې داکس وړانګولوړولټيج جنراتورکښل شوی دی. دلوړولټيج جنراتوردنده داده چې دانوداوکتودالکترودتر منځ مستقيم لوړولټيج توليدکړي چې قيمت يې آن دسل کيلوولټ 100 kV څخه هم اوړي . دنوموړي مستقيم لوړولټيج په مټ دکتودڅخه ازادشووالکترونوته دمثبت انودالکترودخواته تعجيل ورکول کيږي . دياډلووړده چې دمتناوب ولټيج په مټ نه شو کولای چې دکتودالکترونوته په اغيزمنه توګه تعجيل ورکړواوپه پايله کې د اکس فوتون وړانګې توليدشي .

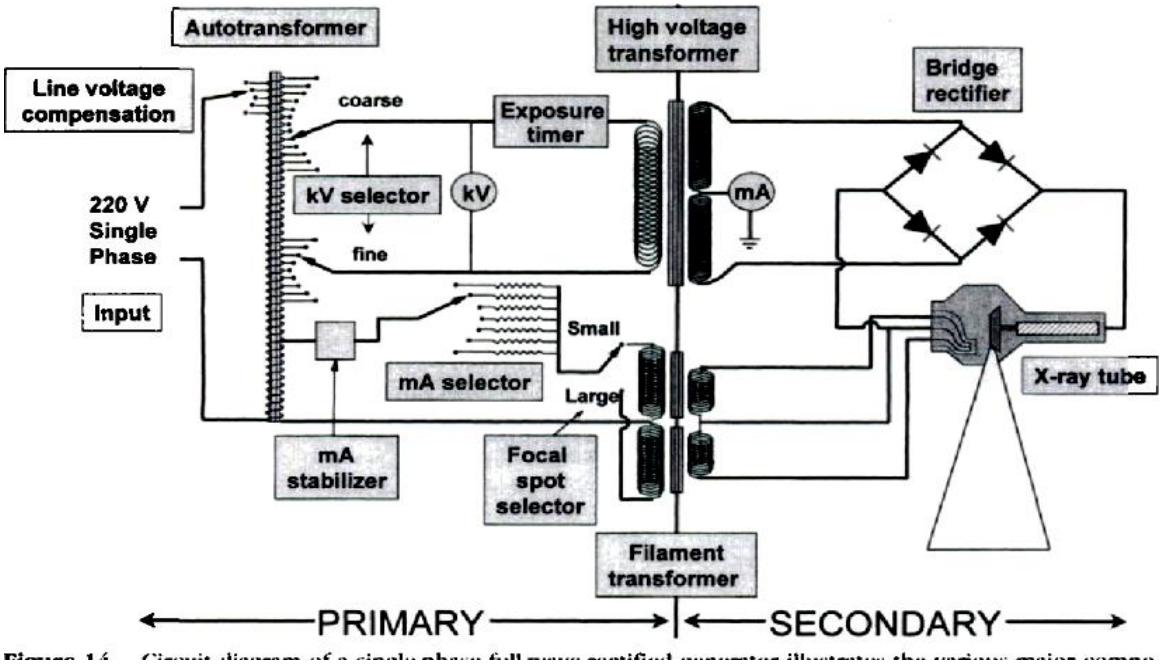
- دنوموړي موخې لپاره په لومړي ګام کې ټيټ قيمته متناوب دوه سوه شل ولټ 220 V اوشپته هرڅ 60 Hz فريکونس چې يوازې يوفاز لري phase ديوه ترانسفرمر High voltage autotransformer په مټ په لوړمتناوب کيلوولټيج kV باندې اړول کيږی
- په دويم ګام کې د Bridge rectifier په مټ چې دڅلورودیودونو Diods څخه جوړدی ،توليدشوی متناوب لوړکيلوولټيج په مستقيم لوړکيلو ولټيج kV باندې اړول کيږي .
- په دريیم ګام کې نوموړی يوفازمستقيم لوړکيلوولټيج kV ددری فاز (0°,120° , 240°)three-phase جنراتورپه مټ په خپل وارسره په دوه فاز،دری فاز اوپه اخر کې په يوه ثانيه کې دولس پلزه pulse- 12 دري فازلوړکيلوولټيج توليدکوي ، اړول کيږي.

ورپسې دولس پلزه pulse مستقيم لوړکيلو ولټيج kV ، دفريکونس بدلوونکي frequency converter په مټ دشپيته هرڅ 60 Hz څخه ان ترسل کيلوهرڅ 100 kHz پورې پورته اړول کيږي. په برښنايز سرکټ کې د اکس وړانګوتيوب سره موازي يوخاذن capacitor ټرل کيږي ترڅودمستقيم ولټيج کوچنی څوکې ripple لانورې هم هموارې کړي.

په پايله کې لوړفريکونسي، هموار، مستقيم، اوثابت لوړکيلوولټيج توليدکيږي چې دکتودالکترونوجريان ته پرته له خنډ اوځنډدانود الکترود خواته تعجيل ورکوي. نوموړی ولټيج چې دانوداوکتودتر منځ عملي کيږي ،تعجيل کوونکی لوړ ولټيج Accelerating high Voltage اویاپه لنډډول تعجيل کوونکی ولتيج ويل کيږی.

Generator type	Typical voltage waveform	kV ripple
Single-phase 1-pulse (self rectified)		100%
Single-phase 2-pulse (full wave rectified)		100%
3-phase 6-pulse		13% - 25%
3-phase 12-pulse		3% - 10%
Medium--high frequency inverter		4% - 15%
Constant Potential		<2%

۹- ۸ شکل : دوخت په تړاودمتناوب لوړکيلوولټيج High Voltage دپلس هراړخيزبڼه کنټرول شوې ده چې په پايله کې مستقيم ثابت لوړکيلوولټيج توليدکيږي او دکتودڅخه دازادشووالکترونوجريان ته دمثبت انودخواته تعجيل ورکوي. (67 Ant)



۹- ۹ شکل : دلوړکيلوولټيج جنراتور High Voltage generator الکترونيکي سرکټ ټوول شوی ده چې داکس وړانګوتيوب په منځ کې الکترونوته تعجيل ورکوي. ماخذ : (67 Ant)

کتود الکترود Cathode electrode:

کتودمنفي چارج شوې الکترودده چې دازادو الکترونو سرچينه تشکيلوي . دکتود Cathode برخه هم دتنګستن فلز يو ه تاوشوي سيم څخه جوړه ده چې د فيلامينت Filament په نوم يادېږي.

په عادي توګه په کتودبرخه کې يوکوچنۍ فيلامينت اويوغټ فيلامينت شتون لري چې ورسره سم دفوکس نقطې يوه کوچنۍ سطحه اوبله يې هم غټه سطحه تشکيلوي. دناروغيودتشخيص په موخه دکوچني فيلامينت څخه اودناروغيوددرملنې په موخه دغټ فيلامينت څخه کاراخيستل کيږي.

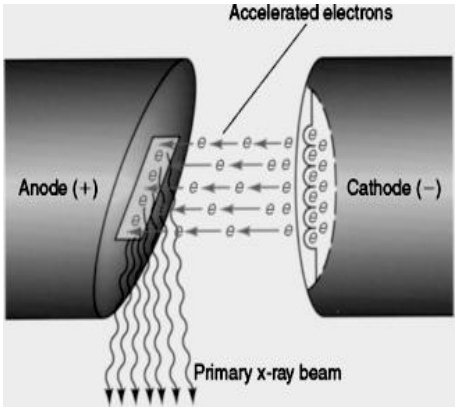
دکتود Cathode برخه ځانته يوبيل ځانګړی اوټرلی برقي سرکټ تشکيلوي . دکتود فيلامينت يعنې تاو شوی سيم د ولټيج په يوه سرچينه ټرلی دی چې دپوتنشل تفاوت يې لږڅه لس ولټ 10 V دی.

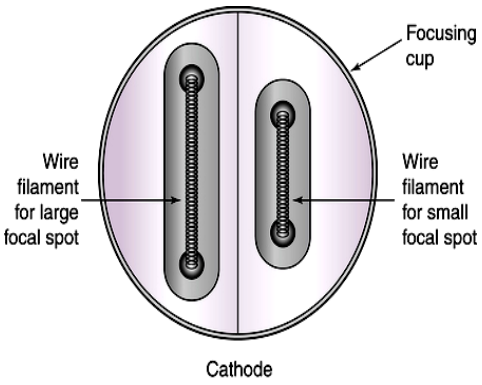
دکتود ځانګړي برقي سرکټ په منځ کې لږڅه شپږامپير 6 amperes بربنډايز جريان بهيږي اودکتودتنګستن فلز تاو شوي سيم ته دومره حرارت ورکوي چې دتودوخې درجه يې ان تردوه زره اودوه سوه سانتې ګريد 2200°C پورې رسيږي. څرنګه چې دتنګستن عنصربهرني مدارد الکترونو آيونايز يشن انرژي لږڅه اته الکترون ولټ 7.98 eV قيمت لري نوديادشوي لوړحرارت په اساس دکتودبرخې ګڼ شمېر اټومونه آيونايز کيږي اوازادالکترونونه توليدکيږی .

نوموړې کړنلارې ته thermionic emission ويل کيږي داځکه چې دحرارت په اساس دفلزڅخه الکترونونه آزادکيږي.

په ۹- ۱۱ شکل کې د اکس وړانګوتيوب بربنډايز جريان I او تعجيل کوونکي ولټيج تر منځ اړيکې کنټرول شوې دي . د اکس وړانګوډبرې تيوبونه دکتودپه برخه کې دتنګستن دوه فيلامينت Filament لري . دکوچني فيلامينت دفوکس نقطې

سطحه دانودپه الکترودباندې دوه ملي متره 2x2 mm خودغټ فيلامينت دفوکس نقطي سطحه کېدای شي څوملي متره 7x7 mm قيمت ولري.





۹- ۱۰شکل : شی خواته دکتودبرخې کوچني فوکس نقطي لپاره يو کوچنی سيم (فيلامينت) اودغټ فوکس نقطې لپاره يوغټ سيم (فيلامينت) کښل شوی دی چې دحرارت په ورکولوسره دازادوالکترونوسرچينه گرځي. کينې خواته دنوموړوفيلامنتونوڅخه الکترونونه ازادکيږي اودتعجيل څخه وروسته په انودباندې لګيږي. په پايله کې دانودڅخه اکس فوتون وړانګې بهرخواته خپريږي . دناروغيودتشخيص په موخه دکوچني فيلامينت څخه اودناروغيوددرملنې په موخه دغټ فيلامينت څخه کاراخيستل کيږي. مأخذ: (64key)

که چېرته په پيل کې دکتوداوانودتر منځ تعجيل کوونکی ولټيج شتون وه نه لري ، نودکتود څخه الکترونونه ازادکيږي اويا په بله معنی بخارکيږي او دکتودتاوشوي سيم يعنې فيلامينت په شاوخواکې پرته له تعجيل دالکترونوديوې اوريځ cloud په بڼه راټوليږي . بلخواکله چې الکترونونه دکتود څخه راووځي نودکتود منفی ولټيج په مټ مخ خواته دځان څخه ليرې تمبول کيږي.

دفوکس کوونکې کپ Focusing cup په مټ دکتودڅخه ازادشوي الکترونونه فوکس کيږي ترڅوهرې خواته دشيندلومخنيوی شوی وي. داځکه چې فوکس کوونکی کپ منفي چارج لري اوله دې کبله هغه الکترونونه چې انرژي يې لږده ببرته دکتودالکترودخواته راګرځي اودلوړانرژي الکترونوجريان څخه ايستل کيږي . دنوموړې کړنلارې په مټ دلوړانرژي الکترونوجريان فوکس کيږي اودانود الکترودخواته تعجيل مومي.

داکس وړانګوتيوب په داخلي برخه کې دکتو دcathod څخه دازادشوو الکترونوجريان دلوړولټيج په مټ دتنګستن فلز مثبت چارج شوې انودالکترود(+) خواته تعجيل مومي.

دکتود Cathode اوانود Anode ترمنځ دالکترونوبهيدونکی جريان I_a اودتعجيل کوونکي ولټيج U_a تر منځ لاندې اړيکي اعتبارلري

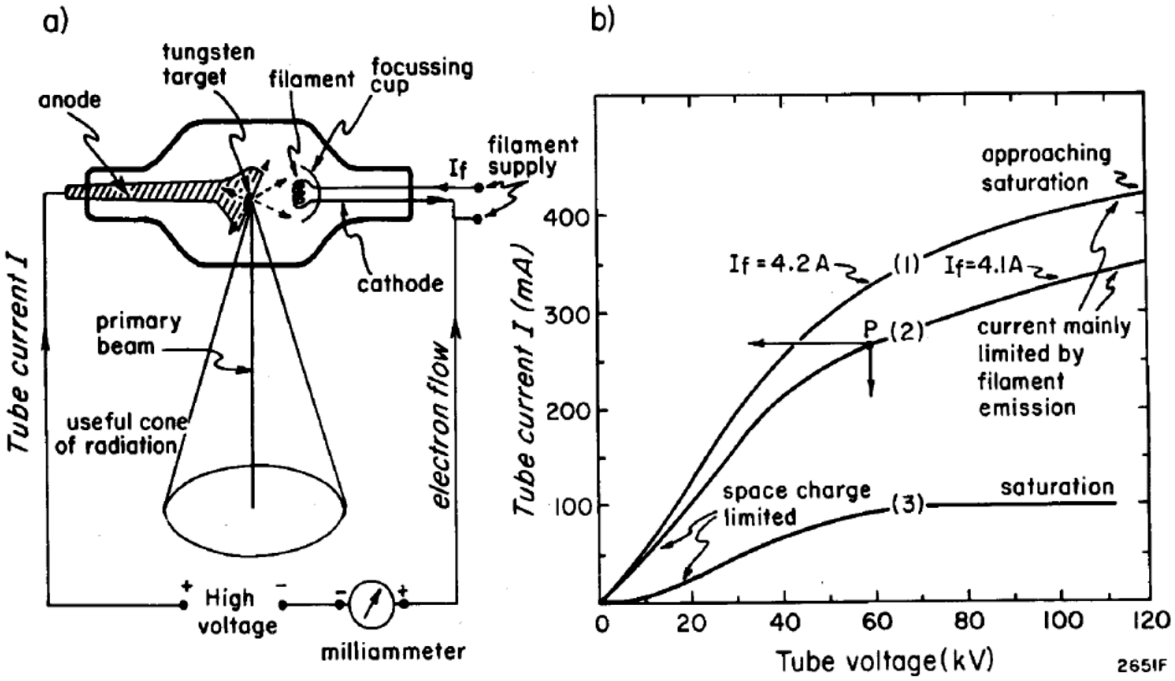
$$I_A = \frac{4}{9}\varepsilon_0\sqrt{2\cdot\frac{e}{m}}\cdot\frac{U_A^{3/2}}{d^2} \qquad (9\text{-}2)$$

په پورتنی معادله کې فزيکي کميتونه په لا ندې ډول دي :

I_A = anode current	د اکس وړانګوتیوب برېښنایز جریان
e = electron charge	دکتودالکترون برېښنایز چارج
m = electron mass	دالکترون کتله
U_A = anode voltage	د اکس وړانګوتیوب ولټیج
d = cathode – anode distance	دانود او کتود تر منځ واټن

د اکس وړانګو تیوب په بهرني سرکټ کې دتیوب برېښنایز جریان tube current بهیږي اودتیوب په داخلي سرکت کې دالکترونوجریان electron current بهیږي اویودبل سره مخالف سمت لري. دکتودمنفي الکترود(-) اودانودمثبت الکترود(+) تر منځ تعجیل کوونکی ولټیج بایدلږترلږه یوټاکلی لوړ قیمت لکه شل کیلوولټ 20 kV ولري ترڅودکتود cathodپه شاوخواکې راټول شوي برېښنایز منفي فضاء يي چارجونو space charge ته د انودالکترود(+) خواته تعجیل ورکړای شي.

کله چې دتیوب ولټیج تریوټاکلي قیمت لکه اتیاکیلوولټیج 80 kV پورې ورسیږي نودتیوب برېښنایز جریان I نورنه زیاتیږي اولږڅه ثابت پاتې saturation کیږي. داځکه چې دکتودcathod څخه ازادشوي ټول الکترونونه دتنګستن tungsten انودالکترود(+) ته رسیږي او ببرته دتیوب بهرني برېښنایز جریان په ډول دسرکټ بهرنی برخې له لارې دکتودcathod خوا ته بهیږي .



۹- ۱۱ شکل : کینې خواته د اکس وړانګوتیوب برېښنایز سرکټ او ښی خواته په عمودي محورکي د اکس وړانګوتیوب په بهرنی برخه کې دتیوب برېښنایزجریان I په واحدملي امپیر اوپه افقي محورکې دتیوب کیلو ولټیج kV په تابع سره ښوول شوی دی . ماخذ (66 Cunn):

په نوموړي شکل کې دتیوب برېښنایزجریان tube current (I) په واحد ملي امپیر (mA)اودتیوب ولټیج Tube voltage په واحدکیلوولټ (kV) اندازه شوی دی. دتعجیل کوونکي ولټیج یوټاکلي قیمت څخه پورته د اکس وړانګوتیوب برېښنایز جریان ثابت پاتې کیږي. دکتود څخه دالکترونو ازادیدلو electron emission برېښنایز جریان کثافت J_e دکتود

Cathode فيلامنت حرارت T په تابع سره دلاندې فرمول څخه ترلاسه کيږي اود ريچاردسن قانون Richardson's law په نوم يادیږي. دازادشووالکترونوجریان دتیوب په داخلي برخه کې بهیږي اودالکترونوهغه جریان سره مساوي دی چې دتیوب په خارجې برخه کې دانوداوکتودتر منځ بهیږي .

$$J_e = 0.5 \times A_0 \times T^2 \times e^{-w/kT} \qquad (9,3)$$

k : دبولڅمن ثابت ده Boltzmann constant	$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
A_0 یوه عمومي ثابت ده	$A_0 = 1.20 \times 10^6 \, \mathrm{A\,m^{-2}\,K^{-2}}$
T : دفیلامنت حرارت په واحدکلوین درجه	T: temperature
دتنگستن کتود cathod سطحې څخه دازادشووالکترونو حرکي انرژي په واحدالکترون ولټ	W: emission energy of tungsten W : 4.5 eV

دلوړولټیج سرچینه : High Voltage source

د اکس وړانگوتیو ب یوه اړینه برخه دلوړولټیج سرچینه ده چې دمنفي کتودڅخه ازادشووالکترونوته مثبت چارج شوې انودالکترود(+) anode خواته تعجیل ورکوي. دلوړولټیج سرچیني High Voltage power supply منفي قطب په کتود الکترودباندې اومثبت قطب يې د انود په الکترود(+) باندې ټرلی دی . دانوداوکتودتر منځ تعجیل کوونکی لوړکیلوولټیج دولټیج جنراټورپه مټ تولیدکیږي.

د اکس وړانگې په تیوب کې کله چې دکتود Cathode الکترود څخه الکترونونه آزادشي نود لوړ ولټیج سرچیني (25–600 kV) په مټ په تشه فضاء کې د انودالکترود(+) anode خواته تعجیل مومي. د اکس وړانگوتیوب دهواڅخه تش ټرلی لوښی دی اودهوافشارلرڅه لس په طاقت منفي شپږ پاسکال https://en.wikipedia.org/wiki/Pascal_(unit) pascal 10^{-6} قیمت لري . دهوادومره ټیټ فشارته ځکه اړتیاشته ، داځکه چې که چېرته د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode تر منځ ګړندي الکترونونه دهوا مالیکولونو سره غیرالاستیکي غبرګون وکړي نوپه پایله کې هغوی یوخواخپله انرژي دلاسه ورکوي اوبلخواهرې خواته شیندل کیږي اوخپل مسیرته تغیرورکوي.

څرنگه چې د انودالکترود(+) anode مثبت چارج لري نو له دې کبله دکتود الکترودڅخه ازادشوي الکترونونه د انودالکترود(+) خواته تعجیل مومي .کله چې الکترونونه په انودالکترود(+) باندې ولګیږي نوپه پایله کې یوټرلی برېښنایز جریان tube current په ټول برېښنایز سرکټ electrical circuit کې بهیږي .د اکس وړانگوتیوب جریان دیوې ملي امپیرمترآلې په مټ اندازه کیږي اوقیمت يې دیوه ملي امپیر mA څخه ان تریوامپیر A پورې رسیږي .

Velocity Relative to the Velocity of Light and Mass Relative to the Rest Mass for Electrons and Protons

Kinetic Energy	Electrons			Protons	
	Total Energy (MeV)	Velocity Relative to Vel. of Light	Mass Relative to Rest Mass	Velocity Relative to Vel. of Light	Mass Relative to Rest Mass
10 keV	0.521	0.1950	1.020	0.0046	1.0000
100 keV	0.611	0.5483	1.196	0.0147	1.0001
200 keV	0.711	0.6954	1.392	0.0208	1.0002
500 keV	1.011	0.8629	1.979	0.0326	1.0005
1 MeV	1.511	0.9411	2.957	0.0465	1.0011
2 MeV	2.511	0.9791	4.916	0.0657	1.0021
5 MeV	5.511	0.9957	10.79	0.1026	1.0053
10 MeV	10.511	0.998817	20.58	0.1451	1.0107
20 MeV	20.511	0.999689	40.16	0.2033	1.0213
50 MeV	50.511	0.999949	99.01	0.3141	1.0533
100 MeV	100.511	0.999987	192.31	0.4283	1.1066

۹-۲ جدول : دکتودځخه دازادشوو الکترونو سرعت v_e دنورسرعت c $(\frac{v_e}{c})$ په نسبت دتعجيل کوونکي ولټيج په تابع سره محاسبه شوی دی . ماخذ : (66 Cun)

دبېلګې په توګه که چېرته د انود anode الکترود(+) او دکتود Cathode الکترود(-) تر منځ دتعجيل کوونکي ولټيج u قيمت سل کيلوولټ 100 kV = 100 000V قيمت ولري، نوديوه الکترون e سرعت v_e محاسبه کړی چې د انود anode الکترود(+)په سطحه باندې لګيږي .؟

حل : که ومنوچې چې دالکترونوسرعت دنورسرعت په پرتله کوچنی دی او بلخواځرنګه چې دانودمثب الکترود اودکتودمنفي الکترود تر منځ په برېښنايز ساحه کې دالکترون پوتنشل برېښنايز انرژي e, U دالکترون حرکي انرژي $\frac{1}{2} m_e {v_e}^2$ سره مساوي ده ، نولروچې :

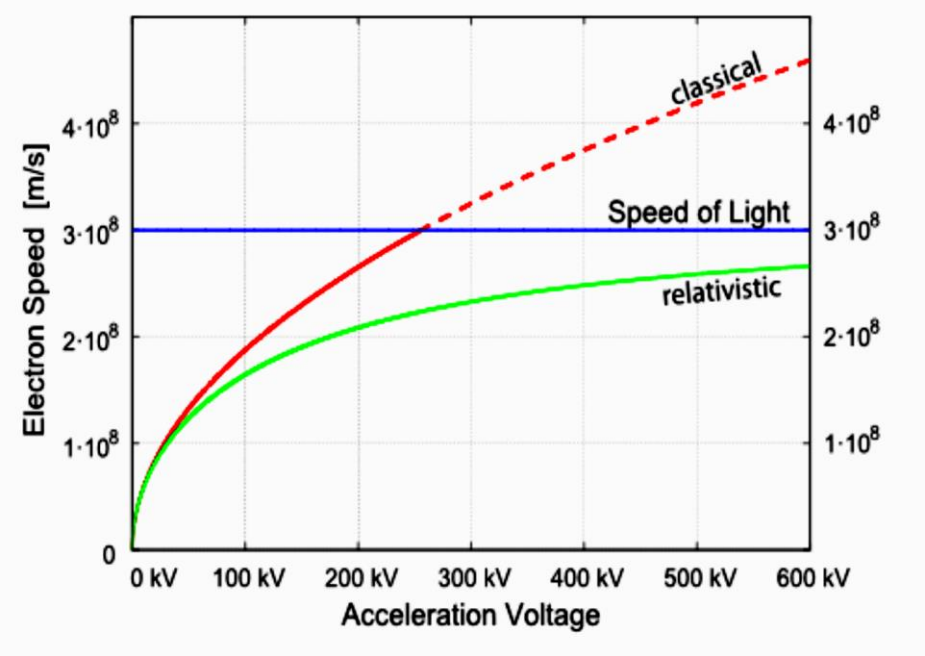
$$\frac{1}{2} m_e {v_e}^2 = e, U \qquad (9,4)$$

دالکترون برېښنايز چارج	$e = 1.602, 10^{-19} c$
دالکترون کتله	$m_e = 9.11, 10^{-31} kg$
يونيوټن متر	$1Nm = 1\, VAs = m^2 kg/s^2$
تعجيل کوونکی ولټج	$U = 100kV = 100\,000\, V$
$v_e = \sqrt{\frac{2, e[As], U[V]}{m_e[kg]}}$	$v_e = \sqrt{\frac{2,1.602, 10^{-19}\, As, 100\, k\, V}{9.11, 10^{-31} kg}}$

$$\boxed{v_e = 1.875\,, 10^8\, m/s}$$

څرنګه چې په فضاء کې دنورسرعت په يوه ثانيه کې لږځه درې سوه زره کيلومتره قيمت لري 299,790, 000 m/s نوکله چې نوموړی الکترون په سل کيلوالکترون ولټ انرژي په انودالکترود(+) anode باندې ولګيږي نودالکترون سرعت دنورسرعت c په پرتله $(\frac{v_e}{c} = 0.62)$ يعنې لږځه دوه شپيته سلنه 62% قيمت لري .

دپام وړه چې که چېرته دالکترونوتعجیل کوونکی ولټیج u دلس کیلوولټ 10 kV څخه لوړقیمت ولري نودالکترونودسکون کتله ثابت نه پاتې کیږي بلکې دالکترون کتله دسرعت تابع کیږي . همدالامل دی چې دالکترونوحرکي انرژي محاسبه بایددنسبي کتلي Relativistic Mass په پام کې نیولوسره ترسره شي.



۹-۱۲ شکل : په عمودي محورکې دالکترون سرعت په واحدمترپرثانیه m/s اوپه افقي محورکې دانوداوکتودتر منځ تعجیل کوونکی ولټیج accelerating Voltage کښل شوی دی. په پرې شوې منحني کې دالکترون سرعت محاسبه شوی دی چې نسبي کتله m_{rel} په پام کې نه ده نیول شوې یعنې دکلاسیک میخانیک تیوري په اساس محاسبه شوی دی . دنوموړي شکل څخه مالومیږي چې دلږځخه درې سوه کیلوولت تعجیل کوونکي ولټیج څخه پورته دالکترونوسرعت نورهم زیات کیږی ،خودنبسبي تیورې له مخې دالکترونوسرعت دنورسرعت ته تقرب کوي .

په نا پرې شوي یعنې کښل شوي منحني کې دالکترون سرعت محاسبه شوی دی چې دالکترون نسبي کتله دسرعت په تابع سره په پام کې نیول شوې ده. دنوموړي گراف څخه معلومیږي چې که دتعجیل کوونکی ولټیج قیمت سل کیلوولټ 100 kV وټاکل شي ، نودالکترون سرعت چې په انودالکترودباندې لګیږي دالکترون هغه سرعت سره توپیرلري چې دکلاسیک تیوري پر اساس محاسبه شوی دی .

دنسبي کتلي $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\left(\frac{v_e}{c}\right)^2}}$ په پام کې نیولوسره دکتود الکترونو سرعت v_e دنورسرعت c په پرتله $\left(\frac{v_e}{c} = 0.54\right)$ لږځه څلورپنځوس سلنه 54% برخه قیمت لري . دالکترون سکون کتله په m_0 ښوول شوې ده. دنسبي کتلي m په پام کې نیولوسره دکتودالکترون حرکي انرژیي K.E. په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$K, E, = mc^2 - m_0c^2 \qquad (9,5)$$

په (9,5) معادله کې m_0c^2 دکتودالکترون دسکون انرژي ده.

د اکس وړانګوتوليد اوشدت په دې پورې اړه لري چې د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode (-) ترمنځ دتعجيل کوونکی ولټيج U_a اندازه څومره ده،بلخوا په سرکټ کې دتيو ب برېښنايز جريان I مقدارڅومره دی اوهمدارنګه داچې د انودالکترود(+) anode دکوم ډول عنصرڅخه جوړه ده.

د ښلګې په توګه هرڅومره چې دتعجيل کوونکي ولټيج قيمت لوړوي په همغه اندازه لوړانرژي اکس وړانګې توليدکيږي. هرڅومره چې دکتود Cathode حرارت زيات وي په همغه اندازه زيات الکترونونه د انود anode الکترود(+) خواته بهيږي اوپه پايله کې دتوليدشوو اکس وړانګوشدت هم زيات وي.

دانودالکترود حرارتي ظرفيت : Anode heat capacity

هغه مقدارحرارتي انرژي په واحد دژول J چې د انودالکترود(+) anode په فوکس برخه کې focal point توليدکيږي اودبرېښنايزانرژي سره مساوي ده ،په لاندې ډول ترلاسه کيږي .

دانودحرارتي ظرفيت Q مساوي دی له :

$$Q = w.U_a.I_a.t \qquad (9.6)$$

په (9.6) معادله کې فزيکي کميتونه په لاندې ډول دي :

U_a : د اکس وړانګوتيوب دانوداوکتودتر منځ تعجيل کوونکی ولټيج

I_a : په انودالکترودباندې دکتودالکترونو بهېدونکی برېښنايز جريان

t : دنوموړې دستګاه دکارکولووخت exposure time يعنې تشعشع وخت

که چېرته دانود Anode الکترودواو دکتودcathod الکترود تر منځ دتعجيل کوونکي ولټيج څپه دري فاز phase بڼه ولري نو w = 1,35 قيمت لري خوداسانتيالپاره يې موږدلته ديوه سره w = 1 مساوي فرض کوو. د واحداتونړيوال سيستم په کارولوسره په انودبرخه کې توليدشوې برېښنايز انرژي مساوي ده له :

Heat (J) = Voltage (V) x Current (A) x time (s) (9.6)

دپورتنی (9.6) معادلې څخه مالوميږي چې د انودالکترود(+) حرارتي انرژي په واحدژول J دلاندوفزيکي کميتونوپه کارولوسره محاسبه کولای شو : د ښلګې په توګه که ومنوچې :

- ✓ د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode تر منځ دڅوکې ولټيج V_p قيمت سل کيلوولټ 100 KV وټاکو
- ✓ درونتګن دستګاه دچلان کولووخت t يعنې exposure time دوه ثانيه 2.Second وټاکل شي چې د همدې دوو ثانيوپه ترڅ کې درونتګن يوعکس واخيستل شي
- ✓ دکتودلوړانرژي الکترونو برېښنايز جريان په واحد د امپير A چې په انودالکترود(+) anode باندې لګيږي يوسل ملي امپير 100 mA قيمت ولري.

✓ دانودکتله پنځه سوه ګرام 500 g وزن ولري .

کله چې نوموړي قیمتونه په پورتنۍ معادله کې واچوو نو درونتګن په دیګیتل راډیوګرافي دستګاه کې په انودبرخه کې تولیدشوې برېښنایز انرژي مساوي ده له :

$$Energy\ input = 100 \times 10^3\ V \times 0{,}1A \times 2\ s = 2 \times 10^4\ J$$

په دې معنی چې د اکس وړانګوتیوب دانودالکترودپه برخه کې شل کیلوژول برېښنایز انرژي دبهر څخه ورننوځي .

که په یادولروچې لږځه څلورژول انرژي دیوې کالوري سره مساوي ده یعنې .4.18 J = 1 Calorie = 1 Cal نوهغه مقدارحرارتي انرژي چې په انودالکترودکې منځ ته راځي دهغه مقدار برېښنایز انرژي سره مساوي ده چې دبهرخواڅخه ورننوځي :

$$Heat\ in\ Anode = 2 \times 10^4\ J = \frac{2\times10^4}{4.18}\ Cal \cong 5 \times 10^3\ Cal$$

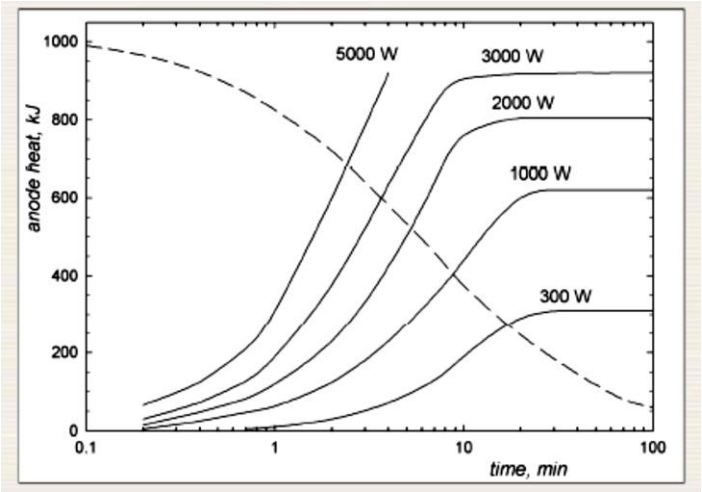
که ومنوچې دانودهغه برخه چې دکتودلوړانرژي الکترونونه وربانديې لګيږي پنځه سوه ګرامه کتله ولري 500 g اودتنګستن فلز مخصوصه حرارت 0,03 cal/g c° قیمت لري ، نودانودحرارتي ضرفیت $Thermal\ Capacity$ په لاندې ډول محاسبه کولای شو:

$$Q = 500\ g \times 0.03\ cal\ g^{-1}\ °c^{-1} = 15\ cal\ °c^{-1} \quad (9{,}7\ )$$

په پایله کې د اکس وړانګوتیوب په انودبرخه کې دحرارت T اندازه په لاندې ډول ترلاسه کیږي:

$$T = \frac{5 \times 10^3\ Cal}{15\ cal\ °c^{-1}} = 330\ °c$$

په ۹-۱۳ شکل کې د اکس وړانګوتیوب دانودپه برخه کې دحرارت تولیدپه واحدکیلوژول دوخت په تابع او په واحددقیقه کښل شوی دی. همدارنګه د اکس وړانګوتیوب دقدرت توپیرلرونکي منحني ګان په واحد واټ w کښل شوي دي.



۹-۱۳ شکل : په عمودي محورکې دانودحرارت په واحدکیلوژول kJ اوپه افقي محورکې د اکس وړانګوتیوب دچلان کولووخت په واحددقیقه min کښل شوی دی. پرې شوی منحني دانوالکترود دسړولو cooling مقدارپه ډاګه کوي. هرڅومره چې د اکس وړانګوتیوب برېښنایز قدرت زیاتیږي په همغه اندازه په انودبرخه کې زیات حرارت تولیدکیږي اوپه همغه اندازه بایددانودڅخه حرارت بهرخواته وه ایستل شي یعنې انودسړه وساتل شي. همدارنګه دلږوخت لپاره کولا ی شوچې داکس وړانګوتیوب په لوړمقدارقدرت سره استعمال کړو لکه 500 w خودرې سوه واټ 300 w داوږدې مودې لپاره لکه ان ترلس دقیقې پورې کارولا ی شوپرته له دې چې اکس وړانګوتیوب تخریب شي .

دبورا تومي موډل : Bohr atomic Model

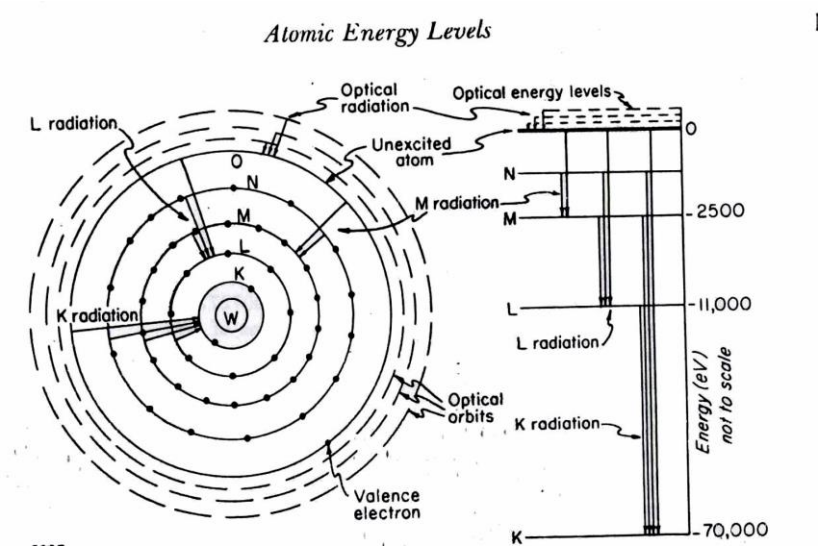
دعامې پوهاوی په موخه اړين ده چې دکتاب په دې ځای کې دبوراټومي موډل په ټراو لنډمعلومات وړاندې شي ترڅودانودپه الکترودکې دحرارت توليد فزيکي کړنلاره په اسانی سره تشريح شي .

په 1913 زکال کې داتوم جوړښت په هکله يوموډل دډنمارک فزيک پوه نيلزبور **Bohr** له خواوړاندې شو. نوموړی موډل په ډاګه کوي چې اټوم ديوې مثبت چارج شوې درندې هستې اوپه شاوخواکې دمنفي چارج شووسپکوالکترونوڅخه جوړدی . دهستې په شاوخواکې الکترونونه په ټاکلودايروي شکله مدارونوکې راڅرخيږي کټ مټ داسې لکه چې دلمرپه شاوخواکې سيارې په ټاکلومدارونوکې راڅرخيږي. دهغوی تر منځ توپيردادی چې په اټوم موډل کې دکولومب coulomb برېښنايز قوه عمل کوي اودلمرپه سيستم کې دجاذبې gravitation قوه عمل کوي.

په دوديزه توګه داتوم هرمدار د داخل څخه داتوم بهرخواته پرلپسې په حروفو لکه K,L,M,N,O,P,..... اوصحيح عد دونولکه n = 1,2,3,4,5,..... باندې نومول شوي دي . داټوم په هرمدارکې دالکترونو شمېر يوټاکلی اعظمي قيمت اخيستلای شي. د بېلګې په توګه دتنګستن فلزپه لومړې مدارکې (k,n=1) دوه الکترونه 2 ، په دويم مدار کې (L,n=2) اته الکترونه 8 په دريم مدارکې (M,n=3) اتلس 18 الکترونه په څلورم (N,n=4) مدارکې دوه ديرش 32 الکترونه اوهمداسې نوردرواخله . داټوم په يوه مدارکې دالکترونو اعظمي جايزشمېرلپاره لاندې فرمول کارول کيږي : $2\,n^2$

په پورتني فرمول کې د n صحيح عدد ته عمده کوانت عدد *principal quantum number* ويل کيږی .

- هرڅومره چې يوالکترون هستې ته په يوه نږدي مدارکې شتون ولري په همغه کچه الکترون داټوم په هسته باندې کلک ټرلی وي. داځکه چې دمثبت هستې کولومب برېښنايز قوه په نږدې واټن کې ډيره زوروره ده اومنفي چارج شوي الکترونونه په لوړقوت اوحکمت سره ځانته راکش کولای شي.



۹- ۱۴ شکل : کينې خواته دتنګستن W اټوم د مدارونو جوړښت اوښی خواته د K,L,M,N,O مدارونودټرون انرژي لېولونه (atomic Energy Level) کښل شوی دی. ماخذ :(66 Cunn)

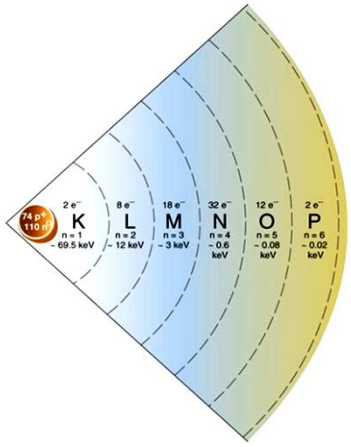
هغه الکترونونه چې ترټولوداټوم په بهرني مدارکې موقعيت لري دوالېسن الکترونو *valence electrons* په نوم يادېږي اودټرون انرژي يې ډيره کوچنی ده . لکه (1-20 eV) . همدالامل دی چې د والا نس الکترونونه په اتوم باندې ډيرسست loosely ټرلي دي اويوخوا

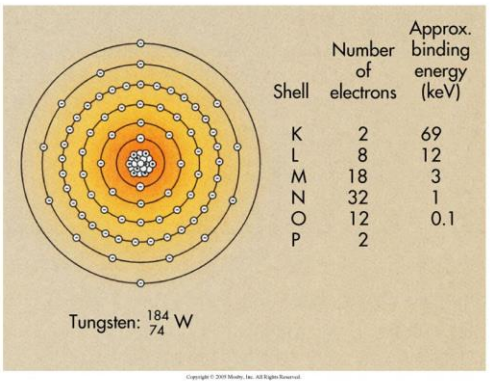
داټوم کيمياوي خواص ټاکي اوبلخوا لکه په فلزاتوکې هرې خواته ازادحرکت کولای شي. په بله معنی دالکترونوراکړې ورکړې عمليه په همدې مدارکې ترسره کيږي .

بلخوا دهرعنصراټوم اوهرمدار ځانګړی توپيرلرونکی انرژي لېول energy level تشکيلوي چې دټرون انرژي *binding energy* په نوم يادېږي. دالکترون ټرون انرژي هغه مقدارانرژي ته ويل کيږي چې ورته ضرورت شته دی ترڅوداتوم يوه مدارڅخه يوالکترون بيخي بهرخواته راوه ايستل شي. د بېلګې په توګه په ۹- ۱۴ شکل کې دتنګستن فلز *K, L,* and *M* مدارونولپاره په خپل وارسره دالکترونوټرون انرژي مساوي ده له :

–70 keV ; –11 keV, ; –2,5 keV eV,

دپام وړده چې دالکترون ټرون انرژي *binding energy* منفي حساب کيږي داڅکه چې بايد دبهرنه انرژي وکارول شي ترڅويوالکترون دخپل مدراڅخه بهرخواته راوه ايستلای شو.





۹- ۱۵شکل : دتنګستن عنصرلپاره دبوراتومي موډل Bohr له مخې دنوموړي اټوم جوړښت ښوول شوی دی چې په هرمدارکې دالکترونو شمېر اوټرون انرژي راښيي.

په انودالکترود(+) کې دکتود الکترونوبرېښنايزغبرګون :

(Interaction of cathode electrons with anode)

کله چې د اکس وړانګوپه تيوب کې دمنفي (-) کتود cathode الکترو د ځخه الکترونونه ازادشي اودلوړولټيج لکه 100 kV په مټ تعجيل ومومي ، نو په لوړه کچه حرکي انرژي ترلاسه کوي. په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلز مثبت انود anode الکترود(+) په سطحه باندې دنورسرعت په لړڅه نيمايي سلنه برخه % 54 لګيږي .

داکس وړانګوتيوب دکتودالکترودڅخه ازادشوي لوړانرژي الکترونونه ، دتنګستن انود anode الکترود(+) اټومونوسره هرارخيزالاستيکي اوغيرالاستيکي برېښنايز غبرګونونه کوي اوپه پايله کې دخپلې حرکي انرژي يوه سلنه برخه 1% د اکس وړانګې x - rays توليدکوي او دحرکي انرژي نهه نوي سلنه 99% برخه په حرارتي انرژي اوړي .

داکس وړانګوتيوب دکتودالکترودڅخه ازادشوي لوړانرژي الکترونونه اويا کله چې چارج شوي لوړانرژي بڅرکي په يوه ماده باندې ولګيږي اويا په انودالکترودباندې ولګيږي نوپه انودالکترودکې اويامادە کې دحرکي انرژي ضايع کيدل په لاندې پارامترونوباندې اړه لري :

- د برېښنايز چارج شووبځرکوپه ابتدايي سرعت ، د برېښنايز چارج شووبځرکوپه کتله m ،د برېښنايز چارج شووبځرکوپه انرژي اود برېښنايز چارج په مقدار پورې اړه لري .
- برسېره پردې دانرژي ضياع دانودالکترونواويايوې مادې په اتومي شمېره z ، اودمادې په کثافت لکه دانودالکترودپه کثافت پورې اړه لري

▌ دپام وړخوداده چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن انودپه يوملي مترژوره سطحه کې دزرګونوغيرالاستيکي ټکرونوځخه وروسته خپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوپه اخر کې په ټپه دريږي .

دکتودلوړانرژي الکترونواودتنګستن فلز انود اټومونو تر منځ دکولومب coloumb قوې پر اساس هراړخيز برېښنايز غبرګونونه په لاندې ځلورډولونوباندې ويشل کيږي.

دکتودلوړانرژي الکترونونه ،

(۱) دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټوم الکترونوسره الاستيکي برېښنايز غبرګون کوي

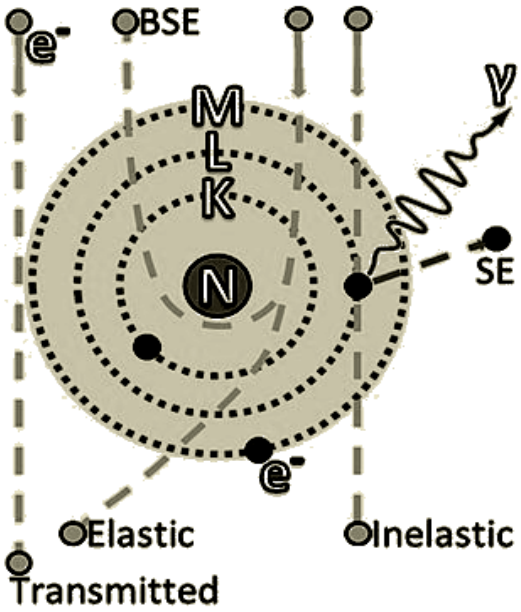
(۲) دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټوم الکترونوسره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي

(۳) دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټوم هستې سره الاستيکي برېښنايز غبرګون کوي

(۴) دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټوم هستې سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي

په ۹-۱٦ شکل کې دکتودلوړانرژي الکترون e^- اودانوديوه اټوم تر منځ برېښنايز الاستيکي اوغيرالاستيکې غبرګونونه کښل شوي دي.

دنوموړوځلورو برېښنايز غبرګونونوپه پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه په هرغبرګون کې خپله يوه برخه حرکي انرژي دلاسه ورکوي ، دخپل ابتدايي حرکت سمت ځخه کاړه کيږي، سرعت يې کمښت مومي،بريک brake کيږي اوپه اخر کې دانودالکترودداټومونو ځخه جذب کيږي.



۹-۱٦ شکل : دکتودلوړانرژي الکترون e^- اودانوديوه اټوم تر منځ ځلورډوله برېښنايز الاستيکي اوغيرالا ستيکې غبرګونونه کښل شوي دي. په نوموړي شکل کې په اتوم باندې لويدونکي ياټکرکوونکي الکترونونه e^- ديوې کوچنۍ تورې دايرې ● په بڼه کښل شوی دی. نوموړي غبرګونونه عبارت دي له : مأخذ: (wiki 75)

Transmitted ; Elastic ; inelastic ; BSE(Back scatter electrons)

Transmitted electron

دکتودلوړانرژي الکترون e^- دتنګستن انوداتوم سره هيڅ اويابه ډيره لږه کچه برېښنايز غبرګون کوي اودخپل اصلي مسيرپه اوږدوکې مخ په وړاندې حرکت کوي .

بېرته شاخواته شړل شوی الکترون : BSE

دکتودلوړانرژي الکترون e^- دانوداټوم هستې ته ورنږدې واټن کې تيريږي پرته له دې چې دهستې سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون وکړي اود يوسلواتيادرجې زاويې انحراف څخه وروسته بېرته شاخواته راګرځي اوپه پايله کې دتنګستن انودسطحې څخه بهرخواته شيندل کيږي. يوازې دالکترون مسيرتغيرکوي

ثانوي الکترون : Second Electron

په ۹- ۱٦ شکل کې ښوول شوې ده چې دکتودلوړانرژي الکترون e^- دتنګستن انوداټوم L مداريوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اوپه پايله کې يوثانوي الکترون SE داټوم څخه بهرخواته شړل کيږي . کله چې دشړل شوي الکترون تش ځای د لوړپوړي مدار M يوه الکترون په مټ ډک کيږي نوپه دې ترڅ کې د اکس مشخصه وړانګې داټوم څخه بهرخواته خپريږي. په يوه غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کې دبڅرکوحرکي انرژي مجموعه د برېښنايز غبرګون څخه دمخه اود برېښنايز غبرګون څخه وروسته ثابت نه پاتې کيږي

الا ستيکي برېښنايز غبرګون : Elastic interaction

دکتودلوړانرژي الکترون e^- دانوداټوم هستې N ته ورنږدې تيريږي اويوازې خپل مسيرته تغيرورکوي خوخپله حرکي انرژي دلاسه نه ورکوي . په يوه الاستيکي برېښنايز غبرګون کې دبڅرکوحرکي انرژي مجموعه د برېښنايز غبرګون څخه دمخه اود برېښنايز غبرګون څخه وروسته ثابت پاتې کيږي دکتودلوړانرژي الکترونواودانوداټوم دمدارالکترونو اوهستې تر منځ الاستيکي برېښنايز غبرګون په ټولیزه توګه ډيرلږ پېښيږي اويوازې هغه مهال منځ ته راځي کله چې دکتودالکترونوحرکي انرژي E_{kin} دلس الکترون ولټ څخه کوچنی $E_{kin} < 10$ eV قيمت ولري . څرنګه چې په نوموړي حالت کې دکتودالکترونوحرکي انرژي ډيره لږوي نوله دې کبله دانوداټومونه تحريک کولای اويا آيونايز کولای هم نه شي .بلخواپه نوموړی برېښنايز غبرګون کې دکتودالکترونوټوله حرکي انرژي دانود اټومونوسره دټکر collision څخه دمخه اودټکرڅخه وروسته دانرژي د بقاء قانون پر اساس خوندي ساتل کيږي، خويوازې دحرکت سمت يې تغيرکوي.

غيرالا ستيکي برېښنايز غبرګون : Ineleastic interaction

دکتودلوړانرژي الکترونواودانوداټوم دمدارالکترونوتر منځ غير الاستيکي برېښنايز غبرګون خورا ډيراوپه لوړه کچه پېښيږي . دغيرالاستيکي برېښنايز غبرګون په ترڅ کې دانوداټومونه آيونايز کيږي ionization اويادتحريک excitation په حالت کې راځي. په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه خپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي . دتنګستن په فلزي انودکې دکتودلوړانرژي الکترونوضايع شوې حرکي انرژي په دريوبرخوويشل کيږي

- د اکس بريمز فوتون وړانګوانرژي x- Bremsstrahlung photon
- مشخصه اکس وړانګوانرژي

- اوپاتې برخه يې په حرارتي انرژي thermal energy باندې اوړي اودتنګستن انودپه منځ کې هرې خواته خپريږي.
- دکتودلوړانرژي الکترونونه کېدای شي چې دانوداټوم دبهرني مدارالکترونو، دداخلي مدارالکترونواو داټوم هستې سره برېښنايز غيرالاستيکي غبرګون وکړي . نوموړې درې ډوله غبرګونونه په لاندې ډول تر څېړنې لاندې نيسو:

۱. Outer shell interaction :

دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن انوداټوم بهرني مدار لکه p مداريوالکترون سره غيرالاستيکي غبرګون کوي اويوه برخه حرکي انرژي دلاسه ورکوي . دتنګستن اټوم ته انتقال شوې حرکي انرژي دبهرني مدارالکترون تحريک کوي اويايې دبهرني مدارځخه بهرخواته شړي. کله چې دتنګستن اټوم خپل پخوانی بنسټيز حالت ground state ته بېرته راوګرځي نوداټوم څخه ټيټ انرژي الکترو مقناطيسي وړانګې خپريږي . نوموړې وړانګې سمدلاسه په حرارتي انرژي باندې اوړي اودانودالکترونددتودوخي لامل ګرځي. دياډلووړده چې دتودوخي وړانګې هم الکترومقناطيسي وړانګې دي .

۲. Inner shell interaction

دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن انوداټوم داخلي مدار لکه k مداريوالکترون سره غيرالاستيکي غبرګون کوي اوانتقال شوې حرکي انرژي يې په لوړ انرژي الکترو مقناطيسي وړانګو باندې اوړي چې دمشخصه اکس وړانګوcharacteristic radiation په نوم يادېږي .

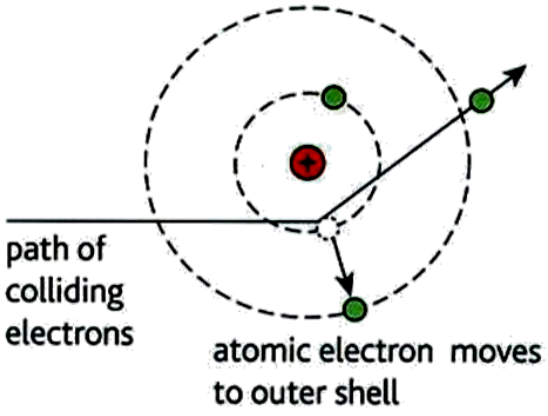
۳. Nucleus field interaction

دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن انوداټوم هستې برېښنايز ساحې سره غيرالاستيکي غبرګون کوي اوانتقال شوې حرکې انرژي يې په لوړ انرژي الکترو مقناطيسي وړانګې باندې اوړي چې دبريمزوړانګوBremsstahlung په نوم يادېږي.

تحريک : Excitation :

دکتوديولوړانرژي الکترون د دتنګستن انوداټوم يومدارلکه د k مدار يوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اودومره انرژي ورته انتقال کوي چې يوازې يوه لوړپوړي انرژي مدارته لکه L مدارته پورته شي. نوموړی اټوم دتحريک په حالت قرارلري .

هغه مقدارانرژي چې ورته اړتياشته ده ترڅويوالکترون داټوم داخلي مدارځخه يوه بهرني لوړپوړي مدارته وخيږوي ياعبورورکړي دتحريک انرژي په نوم يادېږي . نوموړې فزيکي کړنلارې ته داټوم تحريک ويل کيږي

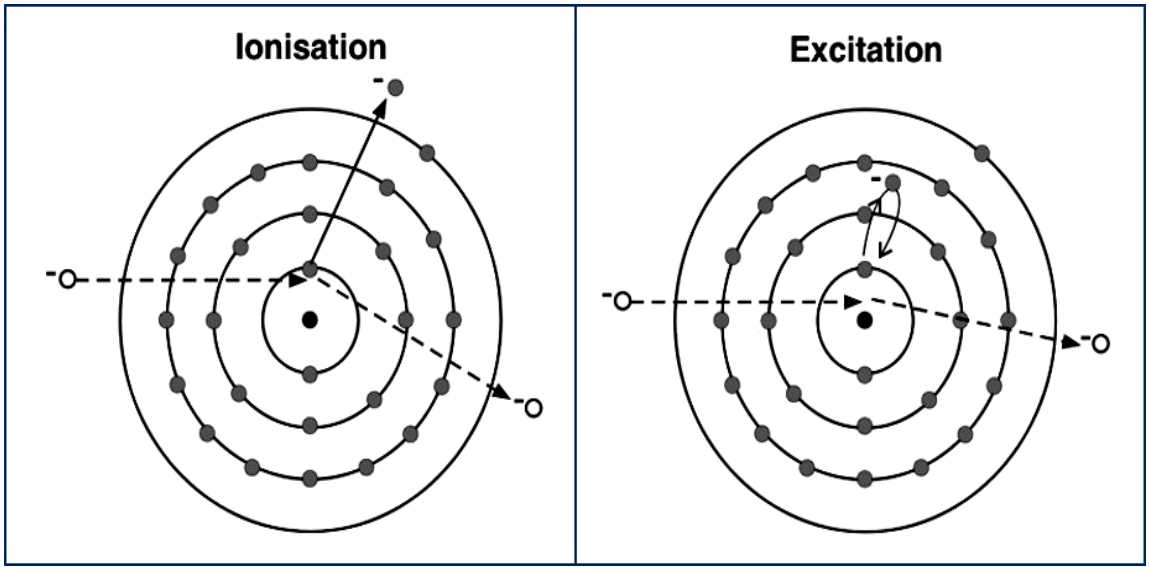


۹- ۱۷ شکل : ديوه اټوم دتحريک Excitation فزيکي کړنلاره ښوول شوې ده. داتوم يوالکترون بهرخواته يعنې پورتني مدارته عبورکوي . ماخذ : (74 Pod)

آيونايز يشن : Ionization

دکتوديولوړانرژي الکترون دتنګستن انودالکترونداټوم ديوه مدار الکترون لکه k مداريوالکترون سره برېښنايز غيرالاستيکي غبرګون کوي اودخپل مدارڅخه يې بهرخواته شړي . په نوموړي غبرګون کې دکتودلوړانرژي الکترون د k مداريوالکترون ته دومره حرکي انرژ ي انتقال کوي چې دنوموړي مدارد ټرون انرژي Binding Energy څخه لوړقيمت لري. په پايله کې دتنګستن انودالکترودپخوانی خنثی اټوم په مثبت برېښنايز چارج شوي ايون ion باندې اوړي. څرنګه چې دکتودلوړانرژي الکترون يوه برخه حرکي انرژي دلاسه ورکوي نويوبل خواته مخ په وړاندې حرکت کوي.

هغه مقدارانرژي چې ورته اړتياشته ده ترڅو داټوم څخه يوالکترون بيخي بهرخواته راوباسي دټرون انرژي Binding Energy په نوم يادېږي

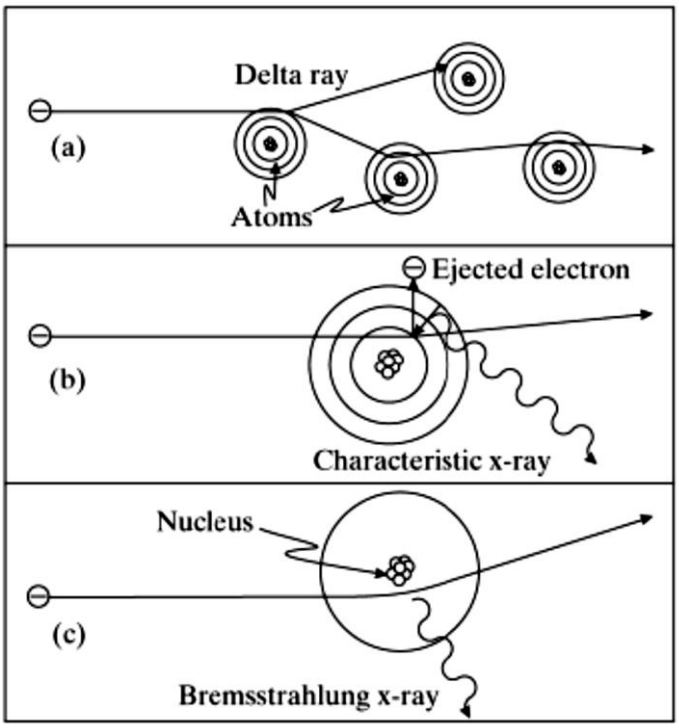


۹- ۱۸ شکل: کين خوته د انوداټوم آيونايز يشن ionisation او بېي خواته دنوموړي اټوم تحريک excitation فزيکي کړنلاره کښل شوې ده .

دکتودلوړانرژي الکترونواودتنګستن انودالکترود اټومونو تر منځ هراړخيز برېښنايز غبرګونونه په لاندې ډول ويشلای شو:

- د انودالکترود(+) anode اټوم آيونايز يشن : Ionization
- د انودالکترود(+) anode اټوم تحريک : Exitation
- دمشخصه اکس وړانګوتوليد: Characteristic X- Ray
- د اکس بريمز فوتون وړانګوتوليد: x-Bremsstrahlung photon
- په انودالکترود(+) anode کې دحرارت توليد: Heat production

په ۹- ۱۹ شکل کې دکتوديولوړانرژي الکترون اودتنګستن فلزي انود اټومونو تر منځ د برېښنايز غبرګون درې ډولونه کښل شوي دي.



۹- ۱۹ شکل : درونتګن تيوب په تنګستن فلزي انودالکترود(+) anode کې درې عمده برېښنايز غبرګونونه کښل شوي دي. ماخذ (76)

a) دکتود cathod يولوړانرژي الکترون دتنګستن فلزي انودanode اټوم ترټولوبهرني مدار (والا نس مدار) يوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اواټوم آيونايز کيږي . په پايله کې دانوداټوم څخه يوالکترون بهرخواته شړل کيږي چې دثانوي الکترون اويادلتا وړانګو Delta ray په نوم يادیږي. ورپسې دکتودنوموړی الکترون دلومړې برېښنايز غبرګون څخه وروسته د تنګستن فلز دوه نورواټومونودتنې atomic core سره بريښناغيرالاستيکي ټکر کوي اودتحريک په پايله کې حرارت توليدکيږي .

b) دکتود cathod يولوړانرژي الکترون دتنګستن فلزي انودanode اټوم داخلي مدارلکه k مداريوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اواټوم آيونايز کيږي . په پايله کې دنوموړې مدارتحريک شوی الکترون بهرخواته شړل کيږي . څرنګه چې په k مدارکې دشړل شوي الکترون Ejected electron ځای تش vacancy پاتې دی ،نوديوه لوړپوړي انرژي مدارڅخه يوالکترون ښکته خواته راټوپ کوي اودشړل شوي الکترون تش ځای ښرته ډک کوي. . داړونده مدارونودټرون انرژي تفاوت دمشخصه اکس وړانګو characteristic x- ray په ډول بهرخواته خپريږي.

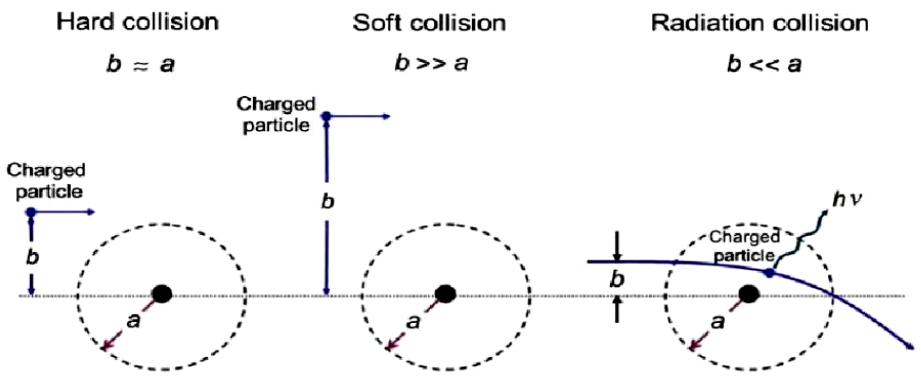
c) دکتود cathod يولوړانرژي الکترون دتنګستن فلزي انودanode اټوم مثبت هستې په برېښنايز ساحه کې تيريږي اودکولومب برېښنايز قوي پر اساس هستې خواته راکش کيږي . په پايله کې د اکس بريمزفوتون وړانګې Bremsstrahlung x-ray توليدکيږي

دکتودالکترونوکولومب Coulomb قوې برېښنایز ټکرډولونه :

کله چې د اکس وړانګوپه دستګاه کې دکتودلوړانرژي الکترونونه په انودالکترود(+) باندې ولګيږي نو دانوداتومونوسره توپيرلرونکې برېښنایز ټکرونه collisions ترسره کوي، چې دنرم برېښنایز ټکر soft collision، سخت برېښنایز ټکر hard collision اود وړانګيز برېښنایز ټکر radiation collision په نوم يادیږي.

په ۹- ۲۰ شکل کې دکتودالکترونو اودانوداتوم تر منځ د برېښنایز ټکردې عمده ډولونه کښل شوي دي . دنوموړو برېښنایز ټکرونواغيزې په دې پورې اړه لري چې دانوداتوم هستي اودکتودالکترون تر منځ د برېښنایز ټکرواټن Impact parameter = b ځومره دی. په ۹- ۲۰ شکل کې داټوم شعاع a اود برېښنایز ټکرواټن b سره په تړاوکې توپيرلرونکي برېښنایز غبرګونونه کښل شوي دي .

Energy Loss Mechanisms



۹- ۲۰ شکل : کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن انودالکترودپه سطحه باندې ولګيږي، نود انوداټومونوپه شاوخوانړدې اويا ليرې واټن b کې تيريږي .دتنګستن انوداتوم شعاع a اودکتودالکترون مسير تر منځ د برېښنایز ټکرواټن Impact parameter = b سره په تړاوکې دکولومب Coulomb قوې درې ډوله برېښنایز ټکرونه منځ ته راځي. ماخذ : (Pod 74)

b = a : سخت برېښنایز ټکر ، Hard collision

b >>a :، نرم برېښنایز ټکر، Soft collision

b<<a : وړانګيز برېښنایز ټکر Radiation collision

په نوموړودرې ډوله برېښنایز ټکرونوکې دکتودلوړانرژي الکترونونه خپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي اودتنګستن انودالکترواټومونوته انتقال کيږي .

نرم برېښنایز ټکر : Soft collisions (b>>a)

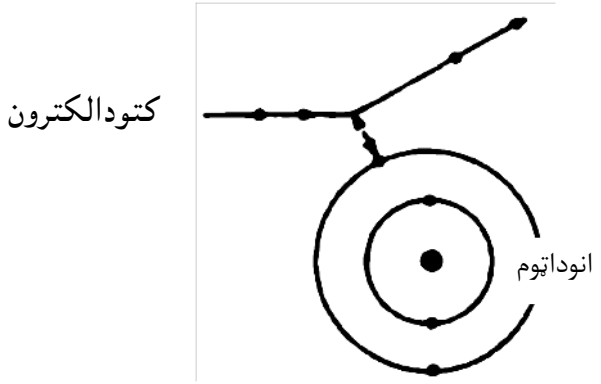
نرم برېښنایز ټکرهغه مهال منځ ته راځي کله چې د برېښنایز ټکرواټن b داټوم شعاع a په پرتله خوراډيروي . ځرنګه چې دکتودالکترون دتنګستن انوداټوم هستي څخه په ليرې برېښنایز ټکرواټن b کې تيريږي ،نوله دې کبله دهستي دکولومب coulomb برېښنایز قوه دتنګستن انوداټوم بهرني مداراويا په بله معنی د والا نس مدار valence orbit په الکترونوباندې ډيره لږاغيره لري . داځکه چې دهستي مثبت کولومب coulomb برېښنایز قوه په دومره ليرې واټن کې کمښت مومي اوبلخوا دشاوخوا

مدارالکترونو برېښنایز ساحې په مټ کمزورې کیږي. له دې کبله داټوم مثبت هسته دنومورې مدارالکترونونه ځانته هیڅ اویاخوپه ډیره لږه کچه راکش کولای شي. دنرم برېښنایز ټکرځانګړتیاوې په لاندې ډول دي.

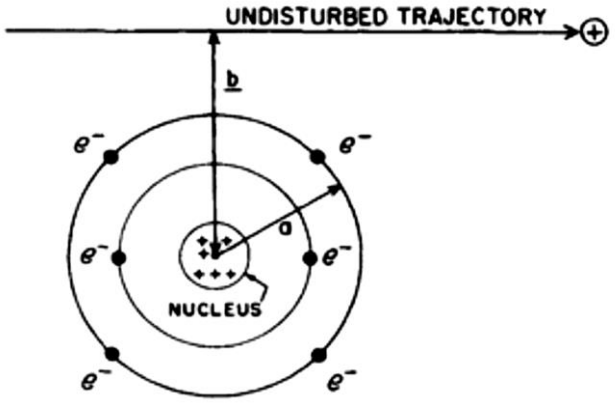
- **نرم الا ستیکي غبرګون**:

دکتودلورانرژي الکترونونه په ټولیزه توګه دتنګستن فلز انودالکترونداټوم بهرني مدار برخې سره دکولومب Coulomb الاستیکي برېښنایز غبرګون کوي . په پایله کې دکتودالکترون حرکي انرژي نه ضایع کیږي بلکې یوازې دخپل سمت څخه بلخواته انحراف کوي.

- هغه الکترونونه چې داټوم ترټولوبهرني مدارکې شتون لري د والا نس الکترونو*valence electrons* اونومورې مدارد والا نس مدار *valence shell* په نوم یادیږي . د والا نس الکترونودټرون انرژي خوراکوچنی وي اویوازي څوالکترون ولټ قیمت لري. همدالامل دی چې د والا نس الکترونونه په اټوم باندې دومره کلک نه وي ټرلي اوتقریباً ازادحرکت کولای شي . بلخوا د والا نس الکترونوله مخې داټوم کیمیاوي خواص ټاکل کیږي



۹- ۲۰ شکل: دنرم الاستیکي غبرګون کړنلاره کښل شوې ده .دکتودلورانرژي الکترون دانوداټوم بهرني مدارالکترون سره برېښنایز الاستیکي غبرګون کوي اویوازې خپل سمت ته تغیرکورکوي.



۹- ۲۱ شکل : دنرم الاستیکي غبرګون یوه بله کړنلاره کښل شوې ده دکتودلورانرژي الکترون اویایوبل مثبت چارج شوی بڅرکی پرته له برېښنایز غبرګون ،دانوداټوم څخه په خورالیږې واټن b کې تیریږي اودحرکت سمت یې تغیرنه کوي.
ماخذ: (73 Att)

- **نرم غيرالا ستيکي برېښنايز غبرګون:**

دتنګستن فلزانودالکترونداټوم په تام يابشپړ ډول as a whole سره تحريک exciting کيږي اود والا نس مداريوالکترون لوړپوړي انرژي مدارته خيږي اويا کله کله داسې هم پېښيږي چې دانوداتوم آيونايز ionizing کيږي اود والا نس مداريوالکترون بهرخواته شړل کيږي. خونوموړی الکترون په نړدې شاوخواکې پاتې کيږي.

- په نرم غيرالاستيکي برېښنايز ټکرکي دکتودلوړانرژي الکترون دتنګستن فلز انودالکترونداټوم بهرني مدارالکترون ته خوراډيره لږانرژي انتقال کوي چې يوازي څوالکترون ولټ (~eV) قيمت لري. همدالامل دی چې دکتودالکترون په متمادي توګه په هرټکرکې خپله کوچنۍ برخه حرکي انرژي پرلپسې په اوږدواټن کې دلاسه ورکوي ترڅوچې نوموړی الکترون په ځنډ اوخنډسره په ټپه ودريږي .

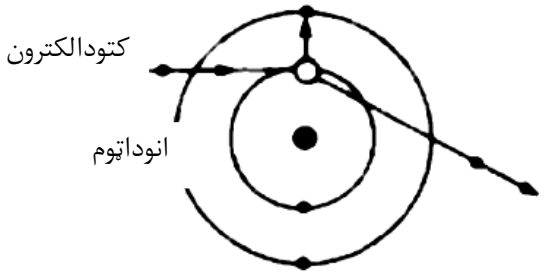
- دنرم غيرالاستيکي برېښنايز ټکردپېښيدلو احتمال کچه ترټولو دومره لوړه ده ، چې په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه خپله لږخه نيمايي حرکي انرژي دتنګستن فلزي انودالکترود اټوم ته انتقال کوي

- د بېلګې په توګه که چېرته دکتودلوړانرژي الکترون يوميګاالکترون 1 MeV حرکي انرژي ولري اودانوداټومونو anode atoms سره پرلپسې دکولومب برېښنايز ټکرونه وکړي ، نوپه پايله کې لږخه سل زره ټکرونه پېښيږي 100 000 collisions ترڅوچې دکتودلوړانرژي الکترون خپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکړي اوپه ټپه ودريږي . د اکس وړانګوتيوب انودبرخه کې دنرم غيرالاستيکي برېښنايز ټکر دپېښيدلو له کبله حرارت منځ ته راځي اودانودالکترونددتخريب لامل ګرځي.

➢ سخت برېښنايز ټکر: hard collision b = a

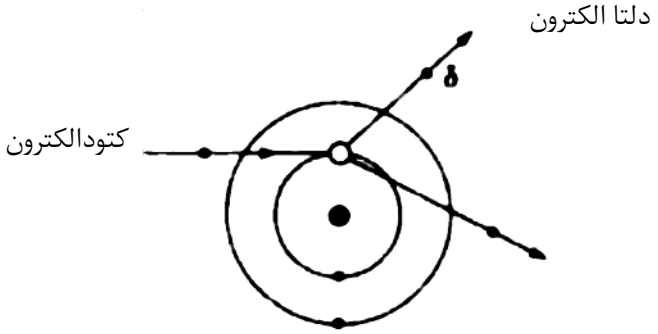
سخت برېښنايز ټکريوغيرالاستيکي برېښنايز غبرګون دی اوهغه مهال منځ ته راځي کله چې د برېښنايز ټکرواټن b داټوم شعاع a سره لږخه برابروي . دنوموړي ټکرځانګړتياوې په لاندې ډول دي :

- دکتودلوړانرژي الکترون دتنګستن انودالکترونداټوم بهرني مدار،منځني مداراويا داخلي مدار يوه الکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اوپه پايله کې نوموړی اټوم ياداچې په تحريک راځي اويا آيونايز کيږي. که چېرته دتنګستن انودالکترود اټوم آيونايز شي نوداړونده مدارڅخه شړل شوی الکترون ددلتاالکترون Delta electron په نوم يادېږي .



۹- ۲۲ شکل : دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم يوه بهرني مدار، يامنځني مداراويا داخلي مداريوالکترون سره دکولومب غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اودومره حرکي انرژي ورته انتقال کوي چې يوه لوړپوړې انرژي مدار Energy Level ته پورته وخيږي . په پايله کې دانود اټوم په تحريک Excitation راځي.

دکتودلوړانرژي الکترون خپل سمت ته تغيرورکوي اودپخواپه پرتله په لږانرژي سره بل خواته حرکت کوي



۹- ۲۳ شکل : دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم يوه بهرني مدار منځني مداراويا داخلي مداريوالکترون سره دکولومب غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اودومره حرکي انرژي ورته انتقال کوي چې دنوموړې الکترون دټرون انرژي Bindings Energy څخه لوړقيمت ولري. په پايله کې تحريک شوی الکترون داټوم څخه بهرخواته شړل کيږي اودثانوي الکترون اويا ددلتا الکترون Delta electron په نوم يادېږي . دلتاالکترون هغه ثانوي الکترون ته ويل کيږي چې پوره حرکي انرژي ولري ترڅو په خپل مسيرکې دانودالکترودیوبل اټوم آيونايز کړي.

په نوموړي غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کې دانود اټوم دکتودلوړانرژي الکترون په مټ آيونايز يشن ionization کيږی . بلخوادکتودلوړانرژي الکترون خپل سمت ته تغيرورکوي اودپخواپه پرتله په لړانرژي سره بل خواته حرکت کوي.

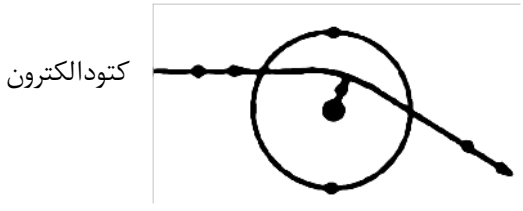
په پايله کې دانودالکترودپخوانی خنثی اټوم د آيونايز يشن څخه وروسته په مثبت برېښنايز چارج شوي ايون ion اويوازاددلتا الکترون باندې اوړي.

➢ b<<a : وړانګيز برېښنايز ټکر Radiation collision

وړانګيز برېښنايز ټکرهغه مهال منځ ته راځي کله چې د برېښنايز ټکرواټن b داټوم شعاع a څخه ډېرکوچنی وي دنوموړې ټکرځانګړتياوې په لاندې ډول دي :

- **نرم الاستيکي برېښنايز غبرګون :**

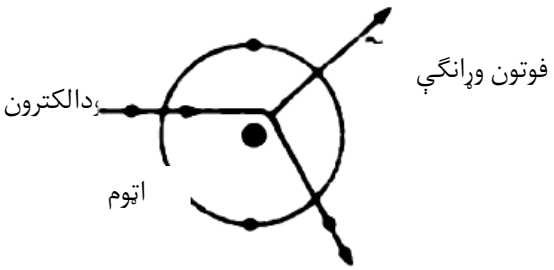
- دکتودلوړانرژي الکترون دتنګستن فلزي انودالکترونداټوم هستې ته په نږدې واټن کې تيريږي اوپه همدې ترڅ کې دمثبت چارج شوې هستې دکولومب coulomb برېښنايز قوې له خواځانته راکش کيږي . په پايله کې دکتودالکترون خپله حرکي انرژي دلاسه نه ورکوي بلکې يوازي سمت يې تغيرکوي.



۹- ۲۴ شکل : دکتوديوالکترون دانوداټوم هستې په برېښنايز ساحه کې تيريږي اوالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي. په پايله کې يوازې خپل سمت ته تغيرورکوي اوحرکي انرژي دلاسه نه ورکوي.

- **غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون :**

دکتودلوړانرژي الکترون دتنګستن فلزي انودالکترونداټوم هستې ته په نږدې واټن کې تيريږي اوپه همدې ترڅ کې دمثبت چارج شوې هستې دکولومب coulomb برېښنايز قوې له خواځانته راکش کيږي . په پايله کې دکتودالکترون خپله يوه برخه حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوپه اکس بريمز فوتون x-Bremsstrahlung وړاانګوبانديږي .



۹- ۲۵ شکل : دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم هستې سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اوخپله ضايع شوې حرکي انرژي يې په اکس بريمزفوتون وړانګوبانديږي .

دعامې پوهاوی په موخه په ۹- ۲۶ شکل کې دکتود لوړانرژي الکترونواودانوداټومونو anode atoms تر منځ پورته يادښوي برېښنايز ټکرونه electrical collision يوځل بيا په لنډډول کښل شوي اوتنظيم شوي دي.

a) دکتوديولوړانرژي E الکترون د تنګستن فلزي مثبت انودanode الکترودبهرني مداريوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اوپه پايله کې دانوداټوم anode atom آيونايز کيږي اويا‌په تحريک راځي اوله دې کبله دکتودالکترون سمت هم دپخواپه پرتله تغيرکوي . داډول برېښنايز ټکرونه خورادېرپېښيږي اوپه هر برېښنايز ټکرکي دکتودلوړانرژي الکترون يوازې څوالکترون ولټ (10-100 eV) حرکي انرژي دانوداټوم بهرني مدارالکترون ته انتقال کوي . د بېلګې په توګه که چېرته دکتودلوړانرژي الکترون حرکي انرژي سل کيلوالکترون 100 keV قيمت ولري نودکتودلوړانرژي الکترون لږڅه يوزرټکرونه 1000 Collisions ترسره کوي مخکې له دې چې په ټپه ودريږي. دکتودلوړانرژي الکترونوپرلپسې برېښنايز ټکرونوپه پايله کې حرارت توليدکيږي چې دانودالکترود دتودوخې لامل ګرځي. د آيونايز يشن په ځينونوټکرونوکې کېدای شي چې دانوداټوم anode atom څخه شړل شوی الکترون پوره انرژي ولري اوځانګړی مسير طی کړي . نوموړی الکترن ددلتاالکترون يا delta ray په نوم يادېږي. دهريوه برېښنايز ټکرڅخه وروسته دکتودالکترون انرژي پرلپسې کمښت مومي اوله دې کبله دهغوی دحرکت سمت يې په وکټورونوکښل شوی دی.

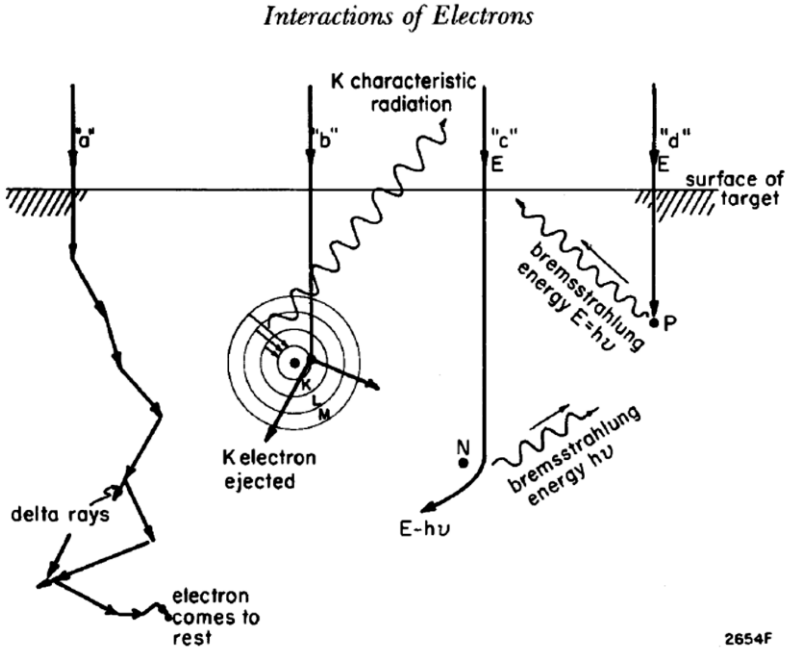
زموږلپارترټولوپه زړه پورې هغه برېښنايز ټکرونه دي چې په b;c;d کښل شوي دي خوله بده مرغه نوموړي برېښنايزټکرونه د a ټکرپه پرتله ډيرلږپېښيږي.

b) په برېښنايز ټکرکې وينوچې دکتودلوړانرژي الکترون دتنګستن اټوم k مداريوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اودنوموړي مدارڅخه نوموړی الکترون بهرخواته شړي. کله چې د k مدارتش ځای ديوه لوړپوړي مدارالکترون په مټ بېرته ډک کيږی نودکتودلوړانرژي الکترون ضايع شوې انرژي په مشخصه اکس وړانګوبانديږي چې د k-radiation په نوم يادېږي. خوکه چېرته دکتودلوړانرژي الکترون حرکي انرژي دومره لوړه نه وي چې دانوداټوم k مدارڅخه يوالکترون راوباسي ،نوپه نوموړي حالت کې مشخصه اکس وړانګې هم نه توليدکيږي .

c) کله کله داسې هم پېښيږي چې دکتودلوړانرژي E منفي چارج شوی الکترون e^- دانوداټوم هستې N ته په نږدې واټن کې تيريږي اودمثبت هستې پياوړې کولومب برېښنايز قوې په مټ ځانته راکش شي. په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترون مسيرلږڅه داتوم هستې خواته تغيرکوي اود حرکي انرژي ضايع شوې برخه په اکس بريمزفوتون وړانګوبانديږي چې انرژي يې په hv

باندې ښوول شوې ده. دهستې سره دغيرالاستيکي بربښنايز ټکرپه پايله کې دکتودالکترون حرکي انرژي E کمښت مومي او نوموړی الکترون دپخواپه پرتله په لږانرژي E-hv سره مخ په وړاندې حرکت کوي .

d) په ډيرندرت سره داسې هم پېښيږي چې کله کله دکتودلوړانرژي E الکترون دانوداتوم هستې سره بشپړ غيرالاستيکي بربښنايز غبرگون کوي اوحتی په يوه وارسره اوپه يوه مرکزي ټکرکي خپله ټوله حرکي انرژي E دلاسه ورکوي اوسمدلاسه په ټپه دريږي . په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترون ټوله حرکي انري E ضايع کيږي اود اکس بريمزفوتون وړانگو په اعظمي انرژی Bremsstrahlung maximum energy باندې اوړي . دتوليدشوو اکس بريمزفوتون وړانگواعظمي انرژي مساوي ده له : $E_{max} = hv_{max}$



۹- ۲٦ شکل : کله چې د اکس وړانوگوپه تيوب x-Ray Tube کې دکتود cathode لوړانرژي الکترونونه د تنگستن فلزي مثبت انودanode الکترودپه سطحه باندې ولگيږي، نودانوداټومونو anode atoms سره توپيرلرونکې بربښنايز غبرگونونه کوي چې په a,b,c,d. حروفوباندې کښل شوي دي. دکتودالکترونوابتدايي انرژي په E ښوول شوې ده. ماخذ :(66 Cunn)

دالکترونوټکريزتوقف قدرت Collision stopping power (S_{col})

دالکترونوټکريزتوقف قدرت يوفزيکي کميت تعريف کوي چې په يوه ماده کې دتبريدلوپه ترڅ کې دچارج شووبڅرکوتدريجي انرژي ضياع محاسبه کوي .

کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دانودالکترودخواته تعجيل ومومي اودانود الکترود اټومونو دمدار الکترونو اوهستې سره دکولومب coulomb غيرالاستيکي بربښنايز غبرگون وکړي نودکتودالکترونونه په هرغبرگون کې دحرکي انرژي E يوه برخه دپرلپسې ټکرونو Collision له کبله دلاسه ورکوي اوپه پايله کې ضايع شوې حرکي انرژي په حرارتي انرژي او په اکس وړانگوباندې اوړي.. دکتودلوړانرژي الکترونونه په يوه بربښنايز ټکرکې خپله ټوله حرکي انرژي په يوه وارباندې دلاسه نه ورکوي بلکې ډيرځله ټکرکوي اوپه هروارباندې يوازې څوالکترون ولټ $eV \approx$ حرکي انرژي دلاسه ورکوي او دانوداتومونوته يې انتقال کوي . دپرلپسې غيرالاستيکي بربښنايز غبرگونونوپه پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونو ټوله حرکي انرژي ضايع کيږي او په ټپه دريږي.

په 1930 زکال کې هانس بيتې Hans Bethe او Bloch فزيک پوهانو وکولای شوه چې ديوه رياضي فرمول پر اساس په يوه ماده کې دالکترونوهراړخيز بربښنايز غيرالاستيکي غبرگونونه محاسبه کړي . د بېلگې په توگه که چېرته دکتودلوړانرژي الکترون حرکي

انرژي يوميګاالکترون ولټ 1 MeV قيمت ولري ،نومحاسبې ښيي چې لږځه لس زره 10 000 ټکرونه ترسره کيږي ترڅوچې دکتودالکترون په ټيپه ودريږي. په همدې ټراودوه فزيکي کميتونه هم تعريف شول چې دالکترونوټکريزتوقف قدرت (S_{col}) اودالکترونو وړانګيزتوقف قدرت (S_{rad}) په نوم يادېږي .

دالکترونوټکريزتوقف قدرت (S_{col}) هغه مقدارتفاضلي حرکي انرژي dE ده چې دکتوديوالکترون يې دتنګستن فلزي انوداټومونوسره دکولومب غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون پر اساس دمسير په اوږدواو په واحدسانتي متر dx کې دلاسه ورکوي ، اوپه پايله کې دانوداټومونودتحريک او آيونايز يشن لامل ګرځي، دکتودالکترونوټکريزتوقف قدرت لنډيز په (S_{col}) حروفو سره ښوول کيږي .

دنوموړي فزيکي کميت واحد ميګاالکترون ولټ په واحدسانتي متر MeV/cm دی .

په يوه جسم کې دالکترونوټکريزتوقف قدرت محاسبه دهانس بيتې Hans Bethe formula اوبلوخ فرمول پر اساس په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$S_{\text{col}} = \left(\frac{dE}{dx}\right) \approx \rho.\frac{Z}{M}\frac{1}{V^2} \qquad (9{,}8)$$

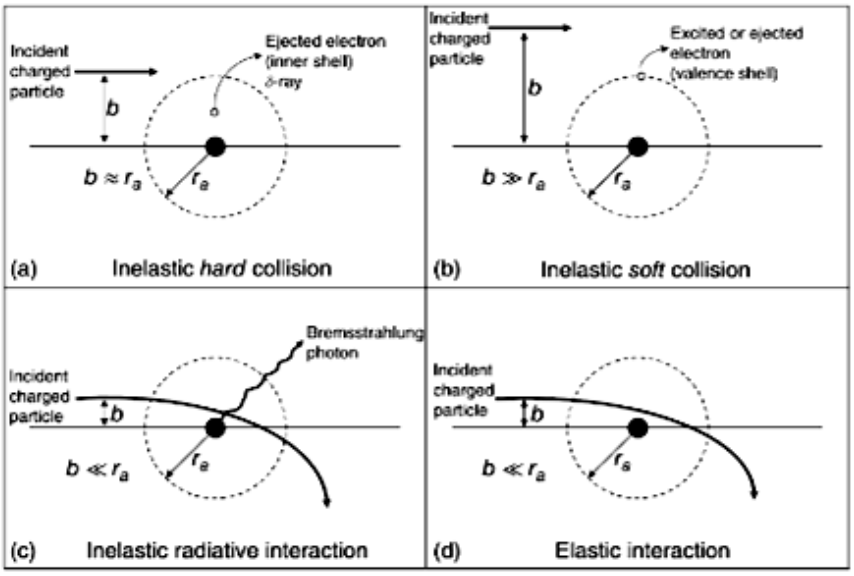
د (9,8) معادلې څخه مالوميږي چې دکتودالکترونو ټکريزتوقف قدرت S_{col} دانودفلزي مادې اټومي شمېر Z او دانودفلزي مادې کثافت ρ سره سم سيخ متناسب دی.

په داسې حال کې چې دکتودالکترونوټکريزتوقف قدرت S_{col} دکتودالکترونوسرعت مربع V^2 اوالکترون کتلې M سره برعکس متناسب دی .

په دې معنی چې په غيرنسبي سرعت کې لکه v << c هرڅومره چې دکتودالکترونوحرکي انرژي زياتيږي په همغه اندازه دکتودالکترونو ټکريزتوقف قدرت S_{col} ديوې مربع تابع برعکس په توګه کمښت مومي .

داځکه چې هرڅومره دکتودالکترونوحرکي انرژي کوچنی وي لکه سل کيلوالکترون ولټ < 100 keV نودکتودالکترونونه کافي وخت لري چې دانوداټوم الکترونوسره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون وکړي . په نوموړي غبرګون کې په لوړه کچه غيرالاستيکې ټکرونه منځ ته راځي اوپه هرغيرالاستيکي ټکرکې دکتودالکترونو يوازي څوالکترون ولټ $\approx eV$ حرکي انرژي دانوداټومونوته انتقال کيږي.

2.2 Types of Charged-Particle Inte



۹- ۲۷ شکل : کله چې دکتوديوالکترون دانوداټوم هستې شعاع r_a سره په ټراوکې په يوه ټاکلي واټن b کې تيريږي ،نودکتودلوړانرژي الکترونو او دانود اټومونو تر منځ هراړخيز برېښنايز ټکرونه Collisions منځ ته راځي. ماخذ : (85 Pod)

خوکله چې دکتودالکترونوحرکي انرژي دسل کيلوالکترون ولټ څخه پورته شي > 100 keV ، نويوخوا دالکترونوسرعت دنسبي تيوري پر اساس ډيرښت مومي اوورسره سم په (9,8) معادله کې يوبل لوګاريتمي ضرب کوونکی تابع منځ ته راځي چې په پايله کې دالکترونوټکريزتوقف قدرت S_{col} دډېرښت لامل ګرځي .

دالکترونووړانګیزتوقف قدرت (S_{rad}) Radiative stopping power

هغه مقدار حرکي انرژي چې دکتوديوالکترون يې دتنګستن فلزي انوداټوم هستې اويادمدارالکترونوسره دکولومب غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون په پايله کې دمسيرپه اوږدواو په واحدسانتي مترکې دلاسه ورکوي اوضايع شوې حرکي انرژي په اکس فوتون وړانګوباندې اوړي ، دالکترونووړانګیزتوقف قدرت (S_{rad}) = (dE/dx) په نوم يادېږي.

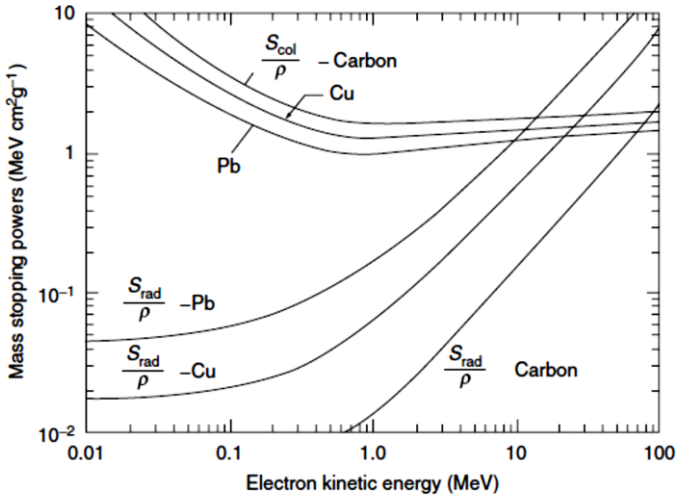
دنوموړي فزيکي کميت واحد ميګاالکترون ولټ په واحدسانتي متر MeV/cm دی .

په يوه جسم کې دالکترونووړانګیزتوقف قدرت (S_{rad}) محاسبه دهانس بيتې فرمول Hans Bethe formula پر اساس په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$S_{\text{rad}} = \left(\frac{dE}{dx}\right) \approx \rho.\frac{Z^2}{M^2}, E \qquad (9,9)$$

د(9,9) معادلې څخه معلوميږي چې ديوالکترون وړانګیزتوقف قدرت (S_{rad}) دانودفلزي مادې لکه تنګستن اټومي شمېر مربع Z^2 ، دانودفلزي مادې کثافت ρ اودکتودالکترونوحرکي انرژي E سره سم سيخ ،خود کتودالکترونو دکتلې مربع M^2 سره برعکس متناسب دی . دپورتنۍ معادلې پر اساس دکتودلوړانرژي الکترونونه په هغه ماده کې ډيره حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوضايع شوې انرژي په اکس بريمزفوتون وړانګوباندې اوړي چې داتومي شمېر ه Z يې لوړقيمت ولري . داځکه چې د اکس وړانګوتوليد داتومي شمېر ې مربع Z^2 سره سم سيخ متناسب دی. همدالامل دی چې اکس وړانګوپه دستګاه کې دانودماده دتنګستن فلزڅخه جوړه ده چې اټومي شمېر ه يې (Z=74) قيمت لري.

بلخواڅرنګه چې دکتودالکترون وړانګیزتوقف قدرت (S_{rad}) دکتلي مربع M^2 سره برعکس متناسب دی ، نوکله چې دکتوديوالکترون په يوه ماده باندې ولګيږي ، ديوبل بڅرکي لکه پروتون proton په پرتله په لوړه کچه اکس بريمزفوتون وړانګې توليدکوي .



۲۸-۹ شکل : په عمودي محورکې ددريوعنصرونولکه کاربون carbon ، سرپ pb اودمسو Cu لپاره دکتودالکترونوټکريزتوقف قدرت S_{col} او وړانګیزتوقف قدرت S_{rad} په واحد ميګاالکترون ولټ سانتي مترمربع پرګرام (MeV.cm ^{2}/g^1) اوپه افقي محورکې دکتودالکترونوحرکي انرژي په واحدميګاالکترون ولټ (MeV) کښل شوی ده. دپام وړده چې ددريو واړوعنصرونواوهمدارنګه دکتودالکترونوپه غيرنسبي ساحه اوټيټ حرکي انرژي برخه کې لکه سل کيلوالکترون ولټ دکتودالکترونوټکريزتوقف قدرت S_{col} دکتودالکترونو وړانګیزتوقف قدرت S_{rad} په پرتله ان سل چنده لوړقيمت لري .

په انودالکترود(+) کې دحرارت تولید :Heat production in anode

کله چې د اکس وړانګوتیوب په دستګاه کې دمنفي کتود cathod الکترود (-) څخه الکترونونه ازادشي اودلوړولټیج په مټ دتنګستن فلزي مثبت انود anode الکترود (+) خواته تعجیل ومومي اودانودفوکس په سطحه باندې ولګیږي، نوپه پایله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه دانودanod اټومونو دمدارالکترونواوهستې سره برېښنایز الاستیکي اوغیرالاستیکي غبرګونونه ترسره کوي.

ورپسې دکتودلوړانرژي الکترونونه دانودالکترودپه منځ کې تیریږي اودخپل مسیرپه اوږدوکې خپله ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي . دکتودالکترونودانرژي ضیاع کچه دکتودالکترونوپه حرکي انرژي ،دالکترونوپه کتله ،دالکترونوپه چارج دالکترونوپه سرعت اوهمدارنګه دانودالکترودپه اټومي شمېر ه اوکثافت پورې اړه لري.

په انودالکترودکې دحرارت تولیدکړنلاره دکتودلوړانرژي الکترونو او دانود الکترواټومونو برېښنایز غبرګونونو پر اساس منځ ته راځي.

- دانوداټومونودبهرني مدارالکترونوتحریک اوپه پایله کې دحرارت تولید
- دانوداټومونودبهرني مدارالکترونو آیونایز یشن اوپه پایله کې دحرارت تولید
- دانوداټومونو دننه مدارالکترونو آیونایز یشن اوپه پایله کې د اکس مشخصه وړانګوتولید
- دانوداټومونودمثبت چارج شوې هستې برېښنایزساحې سره غبرګون اوپه پایله کې دبریمزفوتون وړانګوتولید

دنوموړوبرېښنایز غبرګونونو په پایله کې دکتودلوړانرژي الکترونو، نهه نوي سلنه 99% برخه حرکي انرژي په حرارتي انرژي اویوسلنه 1% برخه حرکي انرژي د اکس وړانګوپه انرژي باندې اوړي.

د اکس وړانګوپه دستګاه کې اود انودپه فلزي الکترودکې ددومره لوړحرارت تولیدفزیکي کړنلاره په کتابونو کې نیمګړې تشریح شوي ده اوګونګه پاتې ده. همدالامل دی چې دعامې پوهاوی په موخه دکتاب په دې برخه کې نوموړې موضوع په اوږدوسره څېړل کیږي.

په فزیکي تړاودتنګستن په فلزي انودالکترودکې دحرارت تولید کړنلاره ددوه ډوله پېژندل شوونامتومودلونوپه مټ تشریح کیدلای شي.

لومړی : دبوراتومي مودل Bohr's atomic model

دویم : په فلزاتوکې دباندېتیوري مودل : Band theoryof Solids

دبوراتومي مودل :

په 1913 ز کال کې یودنمارکي فزیک پوه نیلزبورNiels Bohr داټوم جوړښت په هکله یومودل Model وړاندې کړچې دهغه په ویاړاوس هم یادیږي.

دبوراټومي مودل Bor atomic Model له مخې دهرې مادي اټوم دیوې مثبت چارج شوې کوچنۍ اوخوراډېرې درندې هستې څخه جوړدی چې پرشاوخوایې منفي چارج شوي ډېرسپک الکترونونه په ټرلومدارونوکې راڅرخیږي. داټوم جوړښت کټ مټ لکه دلمریزسیستم solar system جوړښت سره ورته دی . دائکه چې دلمرپرشاوخواهم په ټاکلومدارونوکې سیارې راڅرخیږي . ددواړومودلونوتر منځ توپیر دادی چې دبورپه اټومي مودل کې داتو م مثبت چارج شوې هستې کولمب بریښنایزقوي Coulomb په مټ دهستې په شاوخواټرلومدارونوکې څرخیدونکي الکترونونه خپل ځانته راکش کوي . په داسې حال کې چې په لمریز سیستم کې دجاذبې قوې په مټ لمرخپل مرکزته څرخېد ونکې سیارې planets راکش کوي.

دبوراټومي موډل Bor Model له مخې په انودالکترودکې دحرارت توليدلامل داټوم بهرني مدارالکترون (Valence Orbit electron) تحريک کول Excitation او آيونايز يشن کول Ionization دي چې په لاندې ډول بيان کيږي.

- **د انود anode الکترود(+) اټومونو تحريک :Exitation**

- کله چې دکتود Cathode لوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزي انود anode الکترود(+) په سطحه باندې ولګيږي ،نو دتنګستن فلزي انودالکترونداټوم والا نس مدارValence Orbit الکترونوسره دکولومب برېښنايز غيرالاستيکي غبرګون کوي . نوموړي مدارونه داپتيکل انرژي ليول Optical Energy Levels مدارونوپه نوم سره يادېږي چې په ۹- ۱۴ شکل کې ښوول شوي دي.

- خوپه نوموړي غبرګون کې دکتودلوړانري الکترون دتنګستن فلزي انوداټوم والا نس مدارالکترون ته دومره لږحرکي انرژي انتقال کوي چې داړونده مداردالکترون تړون انرژي Bindings Energy څخه لږقيمت لري . په پايله کې دانود اټوم په تحريک Excitation راځي اوتحريک شوی الکترون دخپل ټيټ انرژي مدارڅخه يوه لوړپوړي انرژي مدارته پورته کيږي اوځای يې تش پاتې vacancy کيږي

- ځرنګه چې په همدې ترڅ کې داټوم مدار دانرژي په تړاوپه يوه ډيرغيرمساعد اوتحريک شوي حالت کې قرارلري Exited state نوله دي کبله دلږڅه لس په طاقت منفي اته ثانيي څخه وروسته ډيورته بهرخواپتيکي مدارونوڅخه يوالکترون ښکته خواته را ټوپ کوي ترڅودبې ځايه شوي الکترون تش ځای ښرته ډک کړي ..

- کله چې تحريک شوی الکترون دلوړپوړي انرژي مدارڅخه ښرته خپل ابتدايي ټيټ انرژي بنسټيز مدار Ground state ته راګرځي ، نو داړونده اپتيکي لوړانرژي اوټيټ انرژي مدارونودټرون انرژي تفاوت دحرارتي وړانګو thermal radiation په ډول اويا په بله معنی اپتيکي وړانګو Optical Radiation په ډول بهرخواته خپريږي او د تنګستن فلزي انودالکترونددتودوخي لامل ګرځي. نوموړې کړنلارې ته De-exitation ويل کيږي . بلخوا اپتيکې وړانګې الکترومقناطيسي وړانګې دي چې دماتحت سورځ (*infrared*) ، درېنا وړانګې light radiation، او ماورای بنفش ultraviolet وړانګو طيف تشکيلوي.

- په نوموړې برېښنايز غبرګون کې توليد شوې حرارتي انرژي دتنګستن انودالکترود جامدجسم ته انتقال کيږي چې په پايله کې دانودالکترود دحرارت درجه آن ددوه زره سانتي ګريد $2000\ C^{\circ}$ څخه پورته کيږي . همدالامل دی چې بايد د اکس وړانګوتيوب انودالکترودبرخه داوبو،هوا اوياتيلوپه کارولوسره سړه وساتل شي ،ترڅو دانود الکترود دتخريب مخنيوی شوی وي.

- **د انود anode الکترود(+) اټومونو آيونايز يشن : Ionization**

- دکتودلوړانرژي E_0 الکترون دتنګستن فلزي انودالکترونداټوم والا نس مدار يعنې بهرني مدار يوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اويوه برخه انرژي ΔE ورته انتقال کوي . په پايله کې د والا نس مدارالکترون دخپل مدارڅخه راوځي اودبهرخواته شړل کيږي. په نوموړي غبرګون کې دانودخنثی اټوم آيونايز کيږي په دې معنی چې په مثبت ايون ion اويوازادالکترون باندې اوړي.

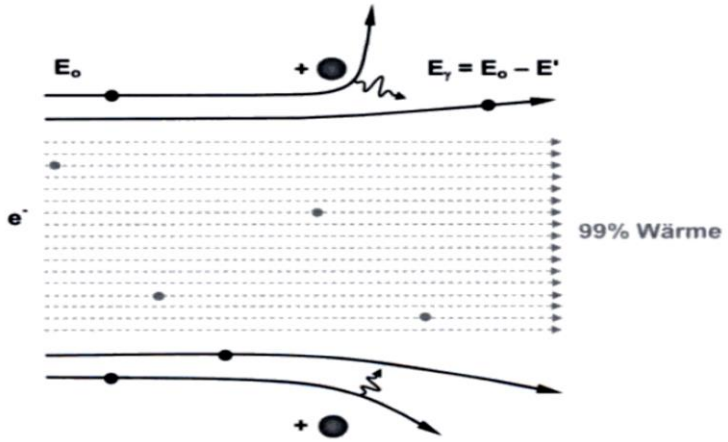
- د بېلګې په توګه که چېرته دتنګستن انوداټوم N مدارڅخه يوالکترون راوه ايستل شي اودنوموړي مداردټرون انرژي په E_N وښيو، نودشړل شوي الکترون حرکي انرژي مساوي ده له : $E = \Delta E - E_N$

- دانوداټوم بهرني مدارڅخه بيل شوی اوشړل شوي الکترون ته ثانوي الکترون هم ويل کيږي او کېدای شي چې حرکي انرژي يې دومره ډيره وي چې په خپل وارسره دانود پاتې اټومونه يادا چې آيونايز کړي اويايې په تحريک راولي . دتحريک او آيونايز يشن کړنلارې پر اساس په انودکې حرارت توليدکړي.

- په نوموړي برېښنايز غبرگون کې دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم بهرني مدارشړل شوي الکترون ته دومره حرکي انرژ ي انتقال کوي چې دنوموړي مداردترون انرژي Bindings Energy څخه لوړقيمت لري . په پايله کې دکتودالکترون حرکي انرژي دابتدايي انرژي E_0 په پرتله کمښت مومي $E = E_0 - \Delta E$ اوپه تغيرشوي سمت سره مخ پر وړاندې حرکت کوي .

- څرنگه چې د والا نس په مدارکې دشړل شوي الکترون ځای تش پاتې دی، ،نوسمدلاسه يوالکترون دلوړپوړي اپتيکي مدارڅخه ښکته خواته د والا نس مدارته راټوپ کوي اودتحريک شوي الکترون تش ځای ښرته ډکوي. په همدې ترڅ کې داړونده دووماروندترون انرژي Bindings Energy تفاوت دحرارتي وړانگوپه ډول خپريږي اودتنگستن فلزي انوددتودوخي لامل گرځي.

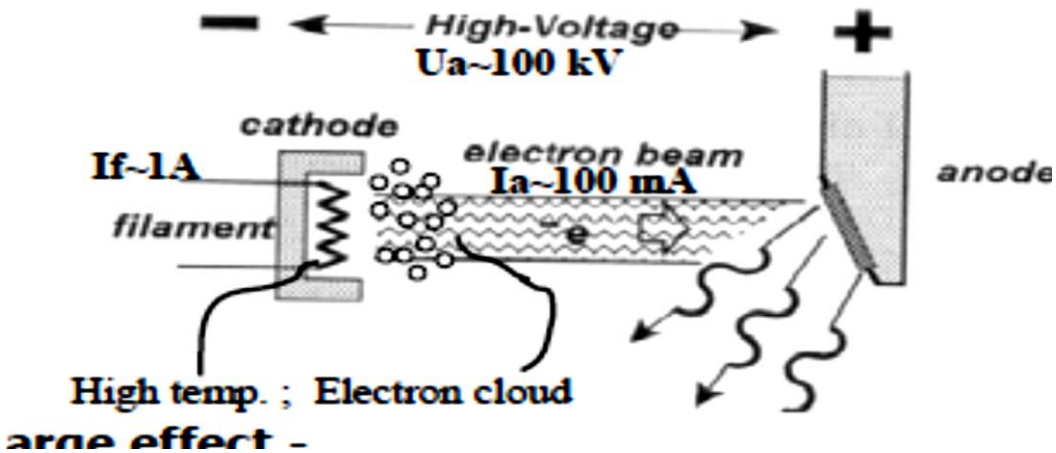
- د برېښنايز غيرالاستيکي غبرگون په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونودحرکي انرژي لږڅه نهه نوي سلنه برخ 99% دانوداټومونود والا نس مدار Valence orbit الکترونو ته انتقال کيږي اودهغوی دتحريک او آيونايز يشن لامل گرځي . همدالامل دی چې دکتودالکترونو نوي سلنه برخه 99% ضايع شوې حرکي انرژي په حرارتي انرژي باندې اوړي اويوازې يوسلنه 1% برخه حرکي انرژي په اکس وړانگوباندې اوړي .



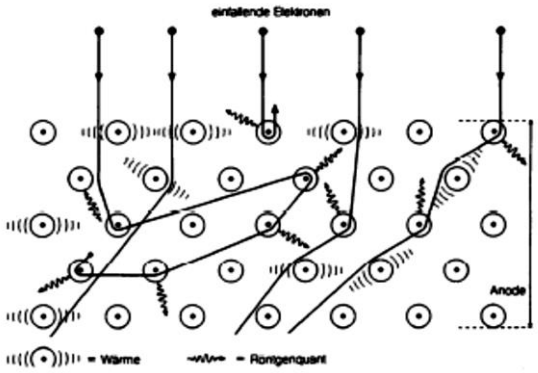
۹- ۲۹ شکل :د اکس وړانگوپه دستگاه کې دحرارت توليدکړنلاره کښل شوې ده. دکتودلوړانرژي E_0 الکترونو e^- دحرکي انرژي نهه نوي سلنه برخه 99% په حرارتي انرژي اويوسلنه 1% برخه په اکس وړانگوباندې اوړي مأخذ : .(68 Rin) .

په ۹- ۳۰ شکل کې دکتودفيلامينت څخه يوامپير برېښنايز جريان تيريږي اوازادشوي الکترونونه دسل کيلووولټيج په مټ دانودخواته تعجيل ورکوي .

دکتودلوړانرژي الکترونونه دتگستن فلزي انودته ورننوځی اودانوداټومونوسره هراړخيزبز برېښنايز غبرگونونه ترسره کوي. په نوموړې غبرگون کې دانوداټومونه آيونايز يشن اوتحريک کيږي .په پايله کې حرارت ،د اکس مشخصه وړانگې اود اکس بريمزفوتون وړانگې توليدکيږي. مأخذ : (72 Lau)



۹- ۳۰ شکل : د اکس وړانګوپه تيوب کې د اکس وړانګوتوليد تخنيکي کړنلاره کښل شوې ده.



اکس وړانګې حرارت



۹- ۳۱ شکل : دکتودلوړانرژي الکترونونه دتګستن فلزي انودته ورننوځی اودانوداټومونوسره هراړخيزبز برېښنايز غبرګونونه ترسره کوي. په پايله کې حرارت او اکس وړانګې توليدکيږي.

دويم : په فلزاتوکې دباندتيوري :

Band theory of Metalls

په فلزاتوکې دباندتيوري موډل اودبوراټوم موډل Bor atom model يودبل سره بيخي توپيرلري. همدالامل دی چې په فزيکي تړاو د اکس وړانګوتيوب Tube انودالکترودبرخه کې دحرارت توليدفزيکي کړنلاره هم په توپيرسره تشريح کيږي. په فلزاتوکې دباندنظر Band theory يه په ډاګه کوي چې په فلزاتوکې د برېښنايز جريان هدايت داتومونودوالا نس الکترونو valence electrons په مټ ترسره کيږي .

د بېلګې په توګه دبندتيوري موډل په ډاګه کوي چې که چېرته دفلزاټوم بهرني مداريوالکترون ته دبهرخوانه انرژي ورسيږي ، نودغه الکترون په تحريک راځي اولوړپوړي انرژي مدارته پورته کيږي چې دمالیکولي مدار molecular orbital په نوم يادیږي. .

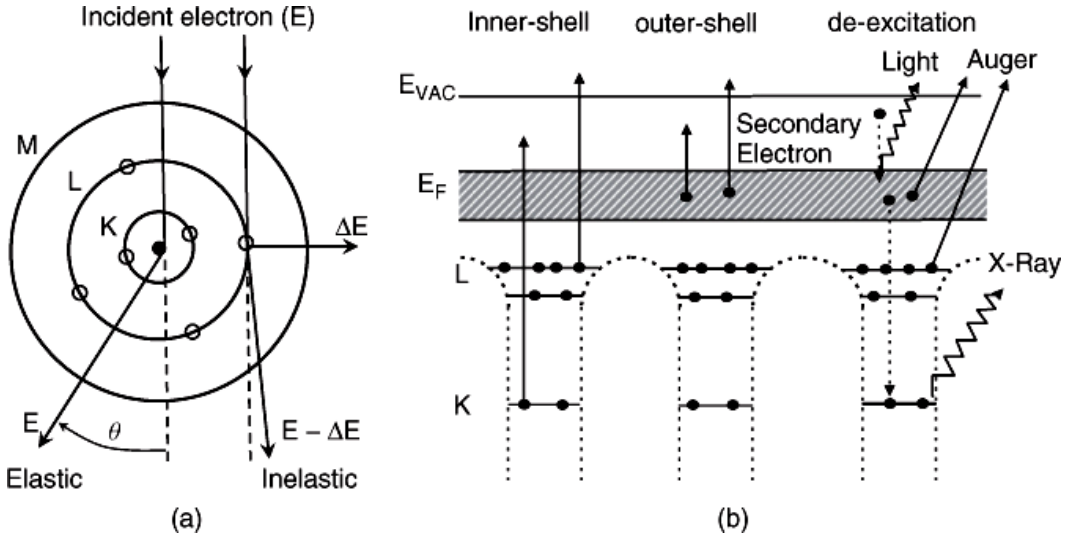
- مالیکولي مداريو داسې مداردی چې دفلز ټولو اټومونو دګاونډيو مدارونوديوځای کيدلو،رانغړل کيدلو اونغښتل کيدلوپه پايله کې منځ ته راځي. په بله معنی مالیکولي مداريوداسې مداردی چې دګاونډيو ډيرو کوچنيو مدارونوorbitals دانرژي ليولونودتداخل څخه جوړشوی دی. نوموړی مدارپه يوه اټوم پورې اړه نه لري بلکې دټولواټومونوپه اوږدوکې مشترک مسيرلري.

بلخوا څرنګه چې د اکس وړانګوپه دستګاه کې د انودالکترود برخه دتنګستن فلزڅخه جوړه ده ، نوپه يوه فلزي جسم کې اټومونه برخلاف دګازجسم په ازادشکل سره نه شي خوځيدلای .

داځکه چې په فلزاتوکي اټومونه يوخواپه ډيرلنډواټن کې موقعيت لري اوبلخوادځانګړوقواو پر اساس يودبل سره کلک تړلي دي . همدارنګه په فلزاتوکې لکه دتنګستن فلز اټومونه يومنظم اومتناظرجوړښت لري چې دکريستل شبکې crystal grid په نوم يادیږي.

په دې معنی چې په جامدجسم کې اټومونه يودبل سره په داسې توګه کلک تړلي دي کټ مټ لکه دځو رقاصي pendulum په شان چې يودبل سره ديوه فنرپه واسطه کلک تړلي وي اود Coupled pendulum په نوم سره يادېږي .

په ۹- ۳۲ شکل کې دفلزاتولپاره دباندتيوري Band theory موډل اوبوراټوم موډل يودبل سره مقايسه شوي دي.



۹- ۳۲ شکل : ښي خواته په فلزاتوکې دبندتيوري موډل Band theory model اوکيڼ خواته دبوراټوم موډل Bor atomic modell کښل شوی دی. ماخذ : (86 Dav)

کله چې يوې رقاصي ته ضربه Impulse ورکړو،نودفنرپه مټ داضربه په خپل وارسره دويمې رقاصي ، درېيمې رقاصې ، اوداسې نورورقاصوته انتقال کيږي. په پايله کې ټولې رقاصي په ځانګړي خويوه فريکونسي سره په اهتزازپيل کوي . په ورته ډول د تنګستن فلزي بلوري شبکه داسې جوړښت لري چې يودبل سره په ډيرنږدي واټن کې موقعيت لري اوله دې کبله دګاونډيواټومونو د والانس مدار لکه S, مدار اوP مدار انرژي ليولونه Energy Levels يودبل سره تداخل کوي . په پايله کې دانرژي يوپلن رانغړل شوی overlap پټ layer منځ ته راځي چې دهدابت کوونکي باند conducting Band په نوم سره يادېږي . نوموړی باند Band دډيروکوچنيومدارونوorbitals دانرژي ليولونوڅخه جوړشوی دی چې دهريوه مدارانرژي لړڅه لس په طاقت منفي دوه ويشت الکترون ولټ 10^{-22} قيمت لري. په بله معنی دتنګستن فلز والا نس باند valence Band اوبرښنايزهدايت کوونکی باند conducting Band يوپر بل کې سره ننوتلي اورانغړل شوي دي .

فلزي جامدجسم لکه دتنګستن فلز کريستل tungsten crystal کې دباندتيوري Band theory يوموډل کارول کيږي چې په لاندې فرضيه باندې تکيه کوي :

- ديوه فلزپه يوه مول 1 mol توکي کې کيدلای شي چې لس په طاقت څلرويشت 10^{24} مدارونوتر منځ مقابل برښنايز غبرګونونه منځ ته راشي اويوپربل باندې برښنايزاغيزه وکړي . که چېرته په يوبعده توګه ديوه فلز... n=1,2,3,4 شمېر اټومونه په پام کې ونيسوچې په يوه مسقيم خط کې تنظيم شوي وي اودفلزهريواټوم په s مدارکې يوازادالکترون ولري، نو دفلزپه ټوله شبکه کې ds مدارالکترونوتر منځ په لوړه کچه مقابل الکترومقناطيسي اغيزې منځ ته راځي . د s مداردانرژي ليولونو energy levels شمېر ه دومره زياتيږي چې قيمت يې د ns سره مساوي کيږی . په پايله کې دتنګستن شبکې اټومونو د والا نس مدار valence orbitals انرژي ليولونه Energy Levels يوپربل باندې داسې رانغاړل کيږي چې دهغوی څخه يوواحد پلن متمادي باند a single continuous band منځ ته راځي .

- دتنگستن فلزهريواټوم په بهرني مدار يعني والا نس مدارکې يوازادالکترون لري چې دخپل والدين parents اتوم څخه ځان خلاص کوي اودشبکې lattice په منځ کې هرې خواته ازادخوځيږي . همدالامل دی چې دبهرنې مدارالکترونونه دبرېښنا په هدايتې بند conducting band کې هرې خواته ازادګرځي. ځرنګه چې په نوموړې کړنلاره کې دبلوري شبکې خنثی هريواټوم يوازادالکترون دلاسه ورکوي نوپه پايله کې دبلوري شبکې هريوخنثی اتوم په مثبت ايون باندې اوړي اودشبکې مثبت ايون positive ionic lattice په نوم يادېږي.

ديادولووړده چې په فلزاتوکې داټومونو بهرني مدارڅخه ازادشوي الکترونونه د برېښنايز جريان Electrical current لامل ګرځي.

بلخوا هرفلزيو برېښنايز مقاومت لري . داځکه چې هرالکترون دوه ډوله خواص لري. لومړی داچې په ځينوتجربوکې ديوه بڅرکي paticle په ډول اوپه ځينوتجربوکې دځپې wave په ډول غبرګون کوي.

که ومنوچې دکريستل شبکې دهراټوم ازادالکترون ديوې څپې بڼه لري نوکله چې داځپه دشبکې په منځ کې تيريږي نودشبکې پاتې اټومونودازادو الکترونودځپوسره تداخل interfere کوي . په پايله کې دفلز برېښنايز مقاومت *electrical resistance* منځ ته راځي.

په فلزاتوکې دبرېښناهدايت کړنلاره دبوراټوميک موډل The Bohr atomic model په اساس نه شي تشريح کېدلای . همدالامل ووچې دنوموړي موډل پرځای داټوم يوبل ډول موډل کارول کيږي چې دباندتيوري موډل Band theory په نوم يادېږی .

په 1928 زکا ل کې دفلزاتولپاره دباندتيوري موډل دفېلیکس بلوخ Felix Bloch , له خوا وړاندې شو. دنوموړي موډل ساده لنډيزپه لاندې ډول دی.

- کله چې اټومونه يودبل سره نږدي واټن کې قرارولري ،لکه په فلزاتوکې چې بلوري شبکه جوړوي ، نوداټومونوبهرني مدارالکترونونه دکولومب برېښنايز قوي پر اساس يوپربل باندې اغيزه کوي. دفلزاتواټومونو هغه مدارونه Orbits چې دانرژي ليولونه يې سره يوشان وي ، يودبل سره مالیکولي مدارونه molecular orbitals جوړوي اوپه پايله کې يوپلن انرژی باند energy band منځ ته راځي چې د والا نس باند valence band په نوم يادېږي . په يوه مالیکولي مدارکي الکترونونه د يوې څپې ورته ډول خواص لري. په بله معنی داټوم مدارلکه ديوې الکترومقناطيسي څپې په شان بڼه لري اودځپې تابع wave function په مرسته کولای شوچې ديوه الکترون دموقعيت احتمال په ټاکلي ځای کې وړاندوينه وکړو.

- په فلزاتوکې د والا نس باند اودبرېښناهدايت کوونکي باند تر منځ دانرژي ساحه کې دانرژي چاک energy gap شتون نه لري . همدالامل دی چې په فلزاتوکې دبرېښناهدايت electrical conductivity دهراټوم والا نس الکترونو Valence electrons په مټ ترسره کيږي. داځکه چې د والا نس باندپټ Layer دهدايت کوونکي باند پټ Layer سره اوښتی او رانغاړل overlap شوی دی.

- که چېرته اوس دفلزاټوم والا نس باندیوالکترون ته دبهرخواڅخه انرژي ورکړل شي ، نودفلز اټوم په تحريک راځي اود والا نس مدارڅخه يو الکترون لوړپوړې انرژي مدارته ټوپ وهي، چې دهدايت کوونکي باند conduction band په نوم يادېږي. لکه چې مخکې وويل شول ،هدايت کوونکی باند دانرژي په ټراودالکترونودګڼ شمېر مدارونو څخه جوړشوی پلن پټ دی، چې هلته الکترونونه په ازادډول دفلزبلوري شبکې په منځ کې هرې خواته خوځيدلای شي

  - دباندتيوري Band theory له مخې داکس وړانګوتيوب په فلزي انودالکترودکې دحرارت توليد کړنلاره په لاندې ډول ترسره کيږي.

- ځرنګه چې ديوه فلزپه هادي مدار conduction band کې الکترونونه ازادحرکت کولای شي اوپه اټوم باندې ټرلي نه دي نودفلزي انوداټومونه هم دايونوپه بڼه تصورکولای شو، چې دايون کريستل ionic crystal په نوم

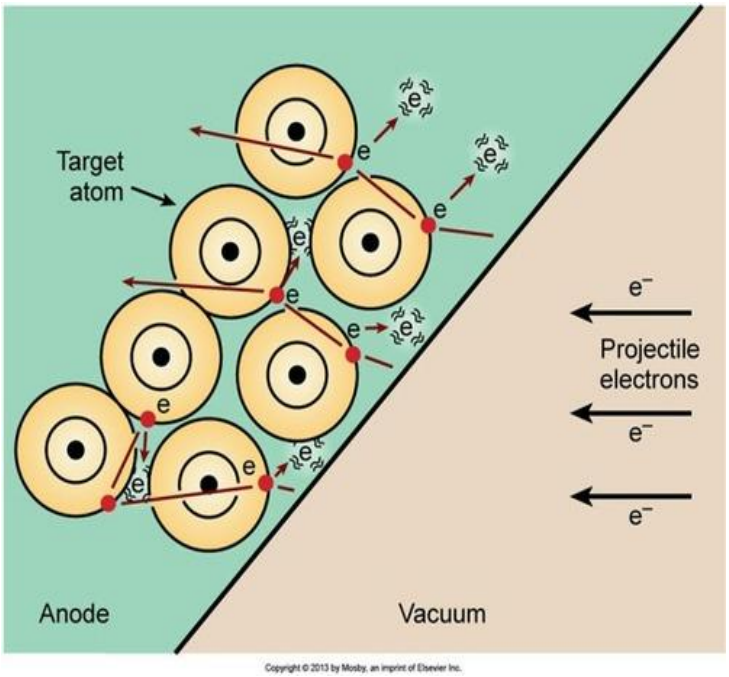
يادېږي. داځکه چې داټوم څخه دبهرني مدارالکترونونه بيل شوي دي اوپه خپله خنثی اټوم په يوه مثبت ايون بدل شوی دی.

- کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه په فلزي انودالکترود(+) باندې ولګيږي، نود ايونوکريستل ionic crystal سره برېښنايز ټکرکوي اودکتودالکترونونه هري خواته شيندل scattering کيږي. په هرغيرالاستيکي برېښنايز ټکرکې دکتودلوړانرژي الکترون دحرکی انرژي يوه برخه د انود anode الکترود(+)کريستل ايونو ionic crystal ته پرلپسې انتقال کوي اودمثبت ايونو د اهتزازپه انرژي vibrational energy باندې اوړي .

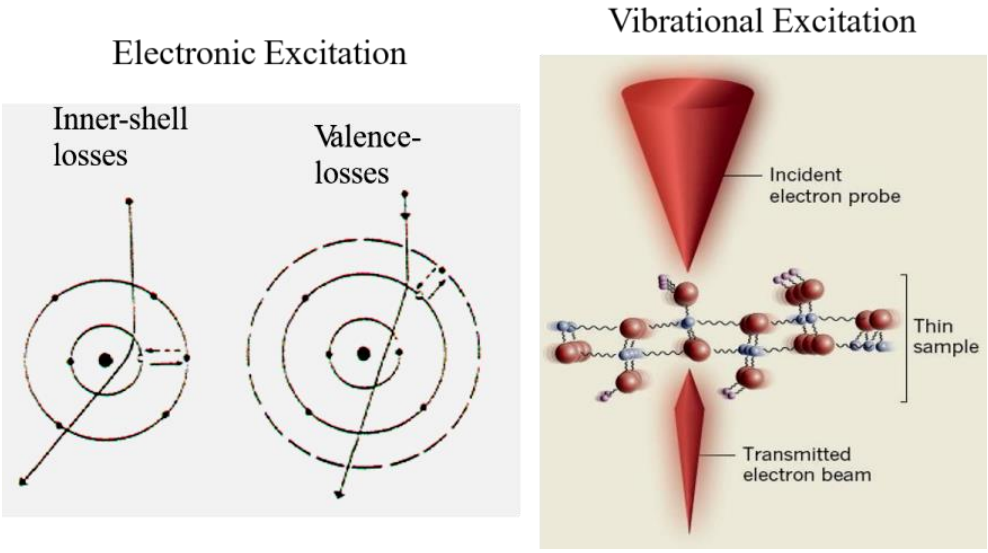
- مالیکولي اهتزاز *molecular vibration* هغه مهال منځ ته راځي کله چې دمالیکول يواټوم پريوديک حرکت کوي په داسې حال کې چې په خپله مالیکول په عين وخت کې يوثابت څرخېد ونکی rotational اوديوې نقطې څخه بلې نقطې ته د مستقيم خط په اوږدوکې مخ په وړاندې حرکت translational کوي. د بېلګې په توګه لکه يوتوپ چې دځمکې پرمخ يوخوارغړي اوبلخوامخ په وړاندې حرکت کوي.

- په پايله کې دانود ايونوکريستل ionic crystal (+) مالیکولونه په ټولیزه توګه په ټاکلي فريکونسي سره اهترازکوي چې په انودالکترودکې دحرارت توليدلامل ګرځي. که مبالغه وه نه شي نوويلای شوچې دانودټول جسم اهتزازکوي.

- دانود ايونوکريستل ionic crystal (+) دمالیکولونو اهتزازفريکونسي دلس په طاقت څوارلس هرځ 10^{14} Hz, په شاوخواکې دی چې دځپې $3000\ cm^{-1}$ ځايز فريکونسي سره سمون لري.



۹- ۳۳ شکل : کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه projectile electrons داکس وړانګوتيوب په انودالکترودباندې ولګيږي ،نودانوداټومونو Anode atoms بهرني مدار(والا نس مدارvalence) الکترونوسره پرلپسې برېښنايز غيرالاستيکي غبرګونونه ترسره کوي . په پايله کې دانوداټومونه تحريک کيږي اويا آيونايز کيږي اود کتودالکترونو ضايع شوې حرکې انرژي په حرارتي انرژي باندې اوړي. په نوموړي شکل کې دکتودالکترونودحرکت سمت په وکټورونوکښل شوی دی اودحرارت توليد په ځلورخواوکړوکرښو ≈ کښل شوی دی . ماخذ: (71)



۹- ۳۴ شکل : کيڼ خواته دبوراتومي موډل پراساس ديوه اټوم داخلي مدارالکترون اوهمدارنګله د والا نس مداريوالکترون تحريک شوول شوی دی . دتحريک څخه وروسته کله چې تحريک شوی الکترون دلوړانرژي مدارڅخه ټيټ انرژي مدارته راولويږي De-exitation نوپه دې ترڅ کې حرارتي وړانګې داټوم څخه بهرخواته خپريږي.

ښي خواته دباندتيوري پراساس په يوه جامدفلزي جسم کې اټومونه ديوبل سره کټ مټ داسې کلک تړلي دي لکه چې فرض کړوچې ګڼ شمېر رقاصي Pendelum ديوبل سره دفنرپه مټ کلکې تړلې وي . کله چې دفلزيواټوم په تحريک راشي اووړپسې کله چې ښېرته خپل بنسټيرحالت Ground state ته راګرځي ،نوپه دې ترڅ کې دتحريک انرژي دفنرونوپه مټ بلوري شبکې ته انتقال کيږي. دفلزبلوري شبکه اوپه مجموع کې دبلوړي شبکې ټول مالیکولونه يوخواثابت څرخېد ونکی rotational حرکت اوبلخواانتقالي حرکت translational ترسره کوي. په پايله کې دفلزبلوري شبکه په يوه واحدفريکونسي سره په اهتزازراځي اودحرارتي انرژي لامل ګرځي .

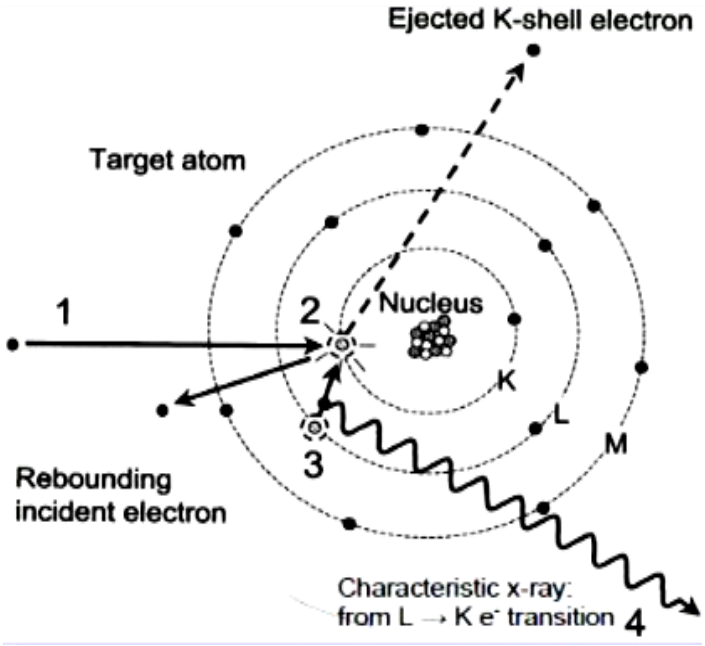
■ مشخصه اکس وړانګې : (Characteristic X rays)

په ۹- ۳۵ شکل کې دمشخصه اکس فوتون وړانګو دتوليدفزيکي کړنلاره ښوول شوې ده چې دانرژي طيف يې خطي بڼه لري .

نوموړې وړانګې داټوم په داخلي مدارونوکې منځ ته راځي اودهر عنصر لپاره دانرژي مشخص طيف لري. دنوموړې وړانګې دتوليدکړنلاره په لاندې ډول ترسره کيږي.

- **لومړی ګام:** دکتود Cathode يولوړانرژي الکترون (1) په انود anode الکترود(+) باندې لګيږي اوکه چېرته دنوموړې الکترون حرکي انرژي داټوم په مدارکې دالکترون تړون انرژي Binding energy څخه لوړقيمت ولري ،نوپه ډيراحتمال سره داټوم داخلي مدار لکه k مدار يوالکترون سره دکولومب غيرالاستيکي Coulomb interactions غبرګون کوي . په پايله کې د k مدار يوالکترون (2) دخپل ځای څخه راوباسي اوداټوم بهرخواته شړل کيږي.
- **دويم ګام :** په همدې شېبه کې ديوه لوړپوړي مدارڅخه (3) لکه L,M,N،خوپه ډيراحتمال سره د L مدارڅخه يوالکترون د k مدارته ټوپ وهي اودشړل شوي الکترون Ejected k- Electron دانرژي تش ځای ښېرته ډک کوي .

- **درېيم ګام :** دk او L مداردانرژي ليول توپير $\Delta E_{k\to L}$ دمشخصه اکس فوتون وړانګوپه ډول خپريږي چې دهرعنصرلپاره دانرژي ځانګړی قيمت لري. نوموړې وړانګې دK-alpha اکس وړانګې اويا په بله معنی اکس فوتون وړانګې په نوم يادېږي.
- **څلورم ګام :** دکتودلوړانرژي الکترون چې دانوداټوم بمباردکوي bombarding electron ضايع شوې حرکي انرژي په مشخصه اکس وړانګوباندې اوړي، خو هغه مقدارحرکي انرژي چې ورته پاتې کيږي دپاتې حرکي انرژي په مټ په تغيرشوي مسيرسره خپل حرکت ته دوام ورکوي.
- په ۹- ۳۵ شکل کې دکتودلويدونکی الکترون دغيرالاستيکې بريښينايزغبرګون څخه وروسته په rebounding incident electron نومول شوی دی.



۹- ۳۵ شکل: دمشخصه اکس وړانګو (Characteristic X rays) دتوليدفزيکي کړنلاره ښوول شوې ده چې په څلوروپرلپسې ګامونوکې ترسره کيږي .

ديادولووړه چې لوړانرژي اکس فوتون وړانګې يوازې په درندوفلزاتو کې منځ ته راځي چې اټومې شمېر ه يې ددېرشو څخه Z= 30 لوړقيمت ولري . خوترټولو مناسب فلزد تنګستن فلز Tungsten دی چې اټومې شمېر ه يې څلوراويادە Z= 74
د ببلګې په توګه يولوړانرژي الکترون دتنګستن فلزپه اتوم باندې لګيږي اود k انرژي مدارڅخه يوالکترون راوباسي . دلوړانرژي الکترون اويا په بله معنی دابتدايي الکترون حرکي انرژي بايدداويا کيلوالکترون ولټ (70 keV) څخه لوړقيمت ولري ترڅووکولای شي چې تنګستن اټوم هستې ته ورڅرمه مدار k څخه يوالکترون ازادکړي.

په ډيرلنډوخت کې يوبل الکترون د تنګستن اټوم د L مدارڅخه د k مدارته ورټوپ کوي ترڅودشړل شوي الکترون خالي ځای ډک کړي . کله چې نوموړې پېښه ترسره شي نو هم مهال دنوموړومدارونودټرون انرژي تفاوت د اکس وړانګوفوتون $h\nu$ په بڼه خپريږي . دنوموړي فوتون انرژي مساوي ده له :

که ومنوچې د اکس وړانګو په یوه تیوب کې دانود الکترود(+) برخه دتنګستن فلزځخه جوړه وي،نودتنګستن فلز K-alpha مشخصه اکس فوتون وړانګوانرژي مساوي ده له :

$$E(k_\alpha) = E_{binding\,K} - E_{binding\,L} \quad (9{,}10)$$

$$\Delta E_{L\to K} = h\nu = E_k - E_L = 69{,}5\ \text{keV} - 10{,}2\ \text{keV}$$
$$= 59{,}3\ \text{keV}$$

دیادولووړده چې دتنګستن اټوم k مدارټرون انرBinding energy لړځه نهه شپیته کیلوالکترون ولټ 69 keV اود L مدارټرون انرژي لړځه لس کیلوالکترون ولټ 10 keV قیمت لري. دنوموړولیولونودانرژي تفاوت 59,3 keV دمشخصه K-alpha اکس وړانګوپه بڼه داتوم څخه بهرخواته خپریږي .

که چېرته د L مدارپرځای د M مدارځخه یوالکترون د k مدراته راټوپ کړي اودانرژي تش ځای ډک کړي نودالکترون دا ډول عبورته transition ته د , k_β اکس فوتون وړانګې ویل کیږي.

که دتنګستن انوداټوم د M مدارځخه یوالکترون د k مدارته راولویږي ترڅو د آیونایز یشن په پایله کې دشړل شوي الکترون تش ځای vacancy ډک کړي، نوپه پایله کې د k مدار او د M مدراردټرون انرژي تفاوت دمشخصه اکس فوتون وړانګوپه ډول $M \to k\ transition = K_\beta$ داټوم څخه بهرخواته خپریږي اوانرژي یې مساوي ده له :

$$E(k_\beta) = E_{binding\,K} - E_{binding\ M} \qquad (9{,}11)$$

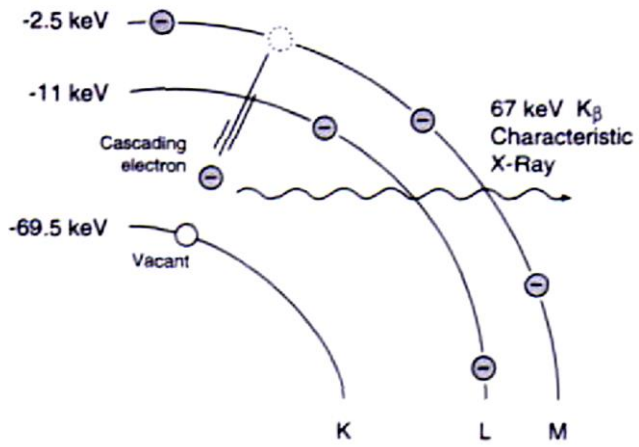
$$E(k_\beta) = 69{,}5\ keV - 2{,}5\ keV = 67\ keV$$

دخپورشوي مشخصه اکس فوتون وړانګوK_β انرژي اوه شپیته کیلوالکترون ولټ $h\nu = 67\ keV$ قیمت لري .

د آیونایز یشن څخه وروسته دK_α اوK_β فوتون وړانګې داټوم څخه بهرخواته خپریږي

- $L \to K\ transtion = K_\alpha = 59\ keV$
- $M \to k\ transition = K_\beta = 67\ keV$

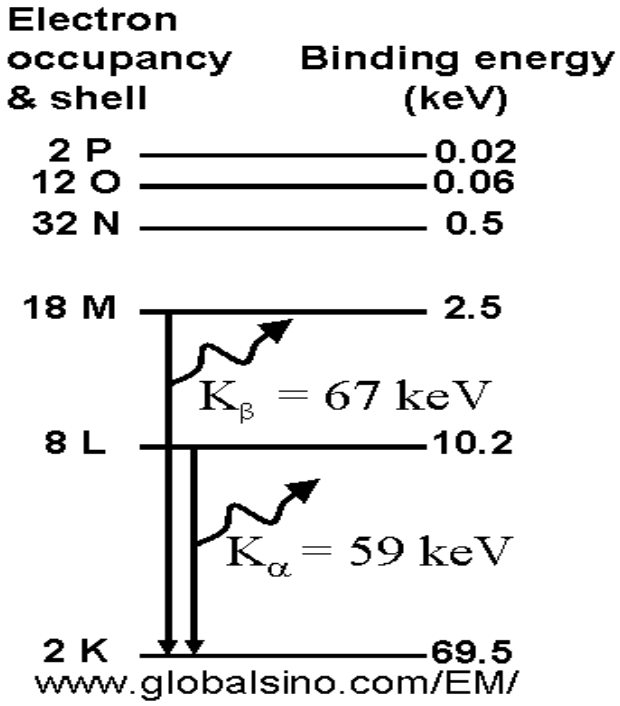
دیادولووړده چې که چېرته دکتود Cathode الکترونوحرکې انرژي دتنګستن اټوم k مدارټرون انرژي یعنې اویاکیلوالکترون ولټ 70 keV څخه کوچنی وي اوپه انودالکترود(+) anode باندې ولګیږي نوپه پایله کې مشخصه اکس وړانګې نه تولیدکیږي .



۹- ۳٦ شکل: دتنګستن فلزاټوم دتحریک څخه وروسته De-Exitation هغه کړنلاره ښوول شوې ده چې اټوم ېېرته خپل بنسټیزحالت ground state ته راګرځي . د M مدار څخه تحریک شوی الکترون د K مدار تش ځای vacant ته رالویږي اودټرون انرژي تفاوت $67\ keV$ دمشخصه اکس فوتون وړانګوپه ډول $M \rightarrow k\ transition = K_\beta$ داټوم څخه بهرخواته خپرېږي . ماخذ : (83)

څرنګه چې داټوم دتوپیرلرونکومدارونوتر منځ دالکترونوعبور Transition ترسره کېږی اوپه پایله کې دمشخصه اکس وړانګې فوتونونه تولیدکېږي ،نودنوموړووړانګونومونه دهمغه مدارپه نوم یادېږي چې هلته داټوم مدارڅخه الکترون بیل شوی وي اوځای یې تش پاتې وي.

د ببلګې په توګه کله چې د k مدارڅخه یوالکترون لیرې شي اوځای یې خالي پاتې شي نوهغه وړانګې چې د k مداراودا ړونده مدارونولکه L,M,N تر منځ دالکترونودعبورTransition پر اساس تولیدکېږي د K مدارمشخصه اکس وړانګې characteristix x-rays په نوم یادېږي اولنډیزیې په $K_\alpha\ series$ حرف باندې کېږي.



۹- ۳۷ شکل : دتنګستن فلز tungsten یو اټوم د آیونایز یشن څخه وروسته دK_α اوK_β فوتون وړانګو انرژي ښوول شوې ده چې داټوم څخه بهرخواته دمشحصه اکس فوتون وړانګوپه ډول خپرېږي

په نوموړي شکل کې دتنګستن فلزټرون انرژي لیول د K,L,M,N,O,P مدارونولپاره کښل شوي دي چې په خپل وارسره لړځه

K=69,5 keV;L= 10,2 keV ; M= 2,5 keV;N= 0,5 keV;

O = 0,06 keV; P= 0,02 keV قیمت لري. .

په ۹ - ۳۷ شکل کې ښي خواته دټرون انرژي قیمتونه اوکیږ خواته داټوم مدارنوم اودالکترونوشمېرځنګ پرځنګ لیکل شوی دی. که چېرته په یوه مدارکې دالکترون تش ځای دګاونډی adjacent مداریوالکترون په مټ دالکترون په عبورسره ېېرته ډک شي،نوتولیدشوې مشخصه اکس وړانګې دالفا alpha وړانګوپه نوم یادېږي . د ببلګې په توګه که چېرته د k مدارڅخه یوالکترون د L مدارته پورته ولاړشي اوځای یې تش پاتې شي نو د k مداراو L مدارتر منځ دالکترونوعبورترسره کېږي . هغه وړانګې چې په نوموړي عبورکې منځ ته راځي دمشخصه اکس الفا وړانګې k-alpha په نوم یادېږي.

$$L \rightarrow K \ \ transtion = K_{\alpha}$$

- همدارنګه که چېرته د L په مدارکې دالکترون يوتش ځای منځ ته راشي اود L مداراو M مدارتر منځ دالکترونودعبور پر اساس ېبرته ډک شي نوداډول مشخصه اکس وړانګې د L مدار الفا وړانګې L-alpha په نوم يادېږي.

$$M \rightarrow L \ \ transtion = L_{\alpha}$$

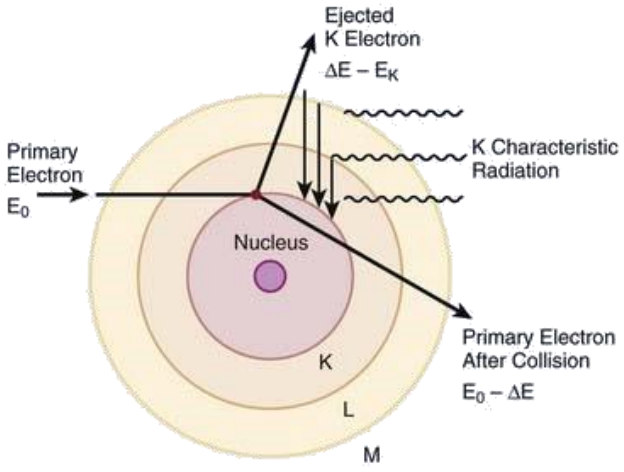
- همدارنګه که چېرته د k په مدارکې دالکترون يوتش ځای منځ ته راشي اودغيرګاونډي لوړپوړي مدارپه مټ دالکترون دعبور پر اساس ېبرته ډک شي ،نوتوليدشوې مشخصه اکس وړانګې د K مداربيتاوړانګې K-beta په نوم يادېږی

$$M \rightarrow k \ \ transition = K_{\beta}$$

د ېبلګې په توګه يولوړانرژي الکترون دتنګستن فلزپه اتوم باندې لګېږي اود k انرژي مدارڅخه يوالکترون راوباسي . دلوړانرژي الکترون اويا په بله معنی دابتدايي الکترون حرکي انرژي بايدداوياکيلوالکترون ولټ (70 keV) څخه لوړقيمت ولري ترڅووکولای شي چې تنګستن اټوم هستې ته ورځيرمه مدار k څخه يوالکترون ازادکړي اواټوم آيونايز شي. په پايله کې يومثبت ايون اويوازادالکترون منځ ته راځي.

: K radiation

کله چې دکتود Cathode لوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزپه مثبت (+) انودالکترود(+) باندې ولګېږي اودومره انرژي ورته انتقال کړي چې داټوم K مدارڅخه يوالکترون بيخي بهرخواته وشړل شي اويااټوم په تحريک راشي ، نود آيونايز يشن کړنلارې څخه وروسته دتنګستن اټوم په K مدارکې دالکترون يو تش ځای vacancy پاتې کېږي . په پايله کې دلوړپوړوبهرنيو کوم يوه مدار لکه L,M,N,O څخه سمدلاسه داخلي K مدارته يو الکترون رالويږي . دالکترون په عبورکي Transition داړونده مدارونودټرون انرژي ليول تفاوت د K مدارمشخصه اکس وړانګې په ډول داټوم څخه بهرخواته خپرېږي .



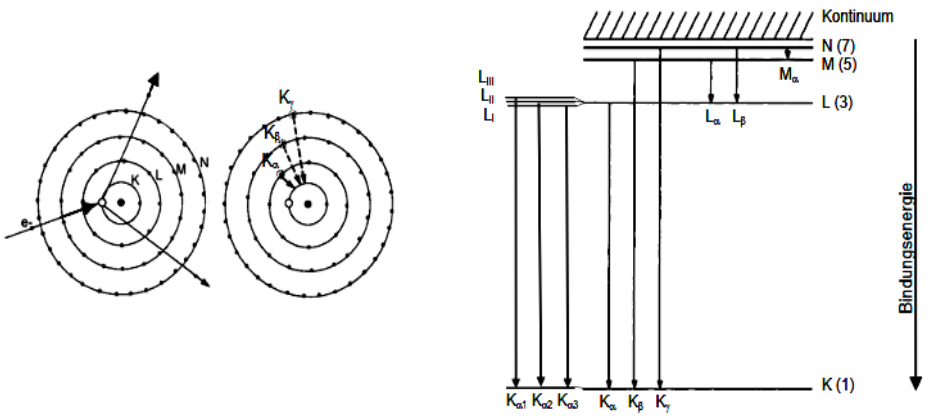
۹- ۳۸ شکل : (k Characteristic X- Ray) د k مدار مشخصه (تاکلي) اکس وړانګو د منځ ته راتللو کړنلاره ښوول شو ېده . دکتودلوړانرژي E_0 الکترون د انوداتوم k مدارالکترون باندې لګېږي اودغبرګون څخه وروسته نوموړي الکترون دحرکي انرژي يوه برخه ΔE دلاسه ورکوي او په پاتې انرژي $E = E_0 - \Delta E$ سره مخ پروړاندې حرکت کوی. ماخذ : (70 Khan)

هغه الکترون چې د k مدار څخه اېستل شوی اوبهرخواته شړل شوی دی ، د Ejected k Electron په نامه سره يادېږ ي اوحرکي انرژي E يې مساوي ده له : $(E = \Delta E\text{-}E_k)$

په نوموړي شکل کې د k مدارمشخصه اکس وړانګې دځپې په شان ښوول شوې دي او (k Characteristic Radiation) په نوم يادېږي.

: L radiation

په ۹- ۳۸ شکل کې د L مدار مشخصه اکس وړانګې (L- Characteristic X- Ray) دالکترونوعبورکړنلاره کښل شوې ده.



۹- ۳۸ شکل : دیوه اټوم دانرژي شیما کښل شوې ده چې دمشخصه اکس وړانګو د k مدار k series ، L مدار L series او M مدار M series په انرژي لیولونو کې دالکترونوعبورسلسلې ښوول شوې دي .

کله چې دکتود لوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزپه مثبت (+) انودالکترود(+) باندې ولګیږي اودومره انرژي ورته انتقال کړي چې داټوم L مدارڅخه یوالکترون بیخي بهرخواته وشړل شي اویاداټوم په تحریک راشي نود آیونایز یشن کړنلاري څخه وروسته دتنګستن اټوم په L مدارکې دالکترون یو تش ځای vacancy پاتې کیږي . په پایله کې دلوړپوړو بهرنیوکوم یوه مدارلکه M,N,O, څخه سمدلاسه داخلي L مدارته یو الکترون راټوپ کوي . دالکترون په عبورکي Transition داړونده مدارونو دټرون انرژي لیول تفاوت د L مدارمشخصه اکس وړانګې په ډول داټوم څخه بهرخواته خپریږي .

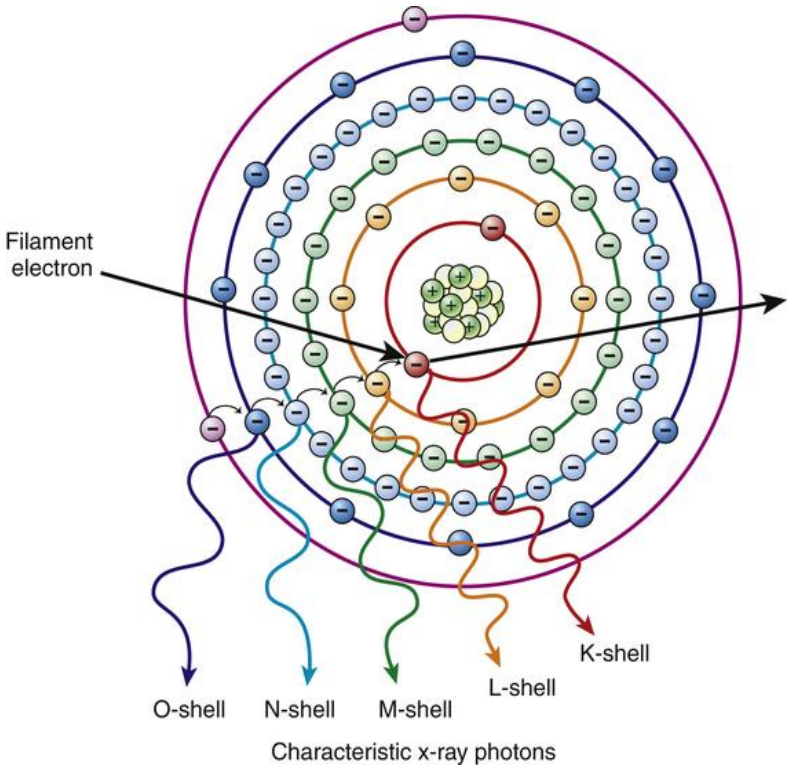
: Optical radiation

که چېرته دتنګستن اټوم ترټولو بهرنیومدراونوکې دالکترونوعبور Transition ترسره شي نوداپتیکي مدارونودټرون انرژي لیول تفاوت Optical energy levels داپتیکي وړانګوپه ډول خپریږي .

اپتیکي وړانګې هغه مهال منځ ته راځي کله چې د والا نس الکترونونه valence electrons په تحریک راشي اویا آیونایز شي او ورپسې داپتیکي مدارونو optical orbits څخه داټوم O -shell مدارته عبور transitions وکړي.

کله داسې هم پېښیږي چې دکتودیولوړانرژي الکترون Filament electron دتنګستن فلز اټوم د k مداریوالکترون سره غیرالاستیکي برېښنایز غبرګون وکړي اودنوموړي مداریوالکترون داټوم څخه بهرخواته وشړي ، ورپسې د k مدارتحریک شوي الکترون تش ځای vacancy په خپل وارسره د L مداریوالکترون په مټ ډک کیږي ، اودL مدارالکترون تش ځای د M مداریوالکترون په مټ ډک کیږي اود M مدارالکترون تش ځای دN مداریوالکترون په مټ ډک کیږي اوهمداسې نوردرواخله ...

نوموړي کړنلاره چې دبهرني مدارالکترونونه دداخلي مدارالکترونوتش ځایونه یوپر بل پسې ډک کوي دمشخصه ابشار characteristic cascade په نوم یادیږي. په هرځل چې یوالکترون دبهرني مدارڅخه داخلي مدارته راټوپ کوي، پوتنشل انرژي یې کمښت مومي اوداړوندمدارمشخصه اکس وړانګوپه نوم باندې یادیږي.



۹- ۳۹ شکل: دتنګستن فلزاټوم د K;L;M;N;O مدارونومشخصه اکس فوتون وړانګې Characteristic x-ray photons ښودل شوي دي چې دمشخصه ابشار اکس فوتون وړانګو characteristic cascade په نوم يادېږي. دکتودلوړانرژي يوالکترون Filament electron دتنګستن فلزاټوم د k مدرايوالکترون سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اوداټوم څخه يې بهرخواته شړي. په پايله کې دبهرني مدارالکترونونه دداخلي مدارالکترونوتش ځايونه يوپر بل پسې ډک کوي اود اکس وړانګوخطي طيف منځ ته راځي . ماخذ : (87 key)

اکس بريمزفوتون وړانګي (X-Bremsstrahlung)

اکس بريمزفوتون وړانګي لوړانرژي الکترومقناطيسي وړانګې دي، چې د اکس وړانګوتيوب د انود Anode په برخه کې توليدکيږي .

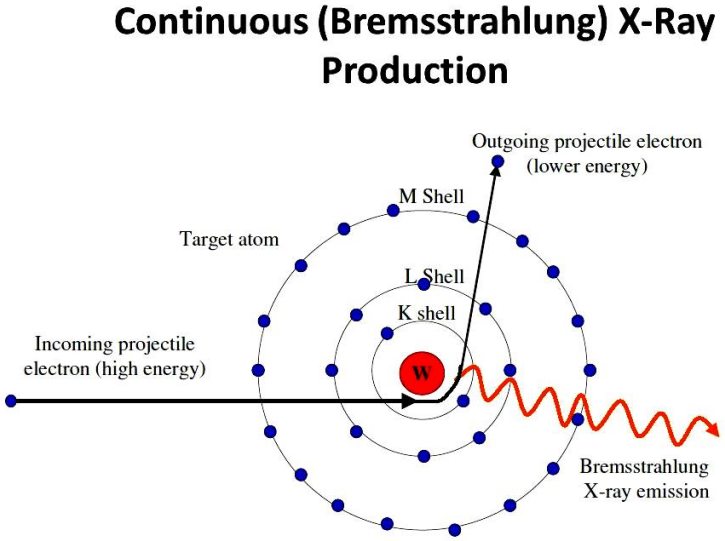
په ۹- ۴۰ شکل کې د اکس بريمزفوتون وړانګودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده. د اکس وړانګوپه تيوب کې دکتودcathode څخه الکترو نونه آزادکيږي او دکيلوولټيج (30-200 keV) په مټ دمثبت چارج شوې انود الکترود(+) خواته تعجيل مومي. په پايله کې دکتودالکترون incoming projectile electron په لوړسرعت سره چې اند دنورسرعت c لرځه شپيته سلنه برخه تشکيلوي، دانود anode په الکترود(+) باندې لګيږي .

کله چې دکتود لوړانرژي منفي چارج شوی الکترون دانود anode اټوم مثبت چارج شوې هستي atomic nucleus په برېښنايز ساحه کې تيريږي ، نود برېښنايز کولومب قوي coulomb force په مټ يوه ناڅاپه دهستي خواته را څکول کيږي اومنفي تعجيل مومي . په پايله کې دکتودالکترون ضايع شوې حرکي انرژي په الکترومقناطيسي وړانګوباندې اوړي چې د اکس بريمزفوتون وړانګوپه نوم يادېږي.

دکتودلوړانرژي الکترون داټوم هستې سره دغيرالاستيکي برېښنايز ټکرڅخه وروسته خپل سمت ته تغيرورکوي او دپخواپه پرتله په لږانرژي سره outgoing projectile electron مخ په وړاندې حرکت کوي.

څرنګه چې دکتودلوړانرژي الکترون دهستي کولومب برېښنايز قوې تراغيزې لاندې راځي او خپل ټول لوړسرعت په لنډواټن کې يوه ناڅاپه بايلي، کټ مټ لکه يوموټرچې يوه ناڅاپه سخت بريک "Brake" ووهي اوپه اخر کې په ټپه ودريږي، نوله دې کبله ورته منفي تعجيل ويل کيږي.

ددې برخلاف مثبت تعجيل هغه تعجيل ته ويل کيږي چې دالکترون سرعت په يوه برېښنايز ساحه کې ډيرښت مومي اوګړندی کيږي.



۹- ۴۰ شکل : دمتمادي اکس بريمزوړانګو Continuous Bremsstrahlung دتوليدکړنلاره کښل شوې ده .دکتوديولوړانرژي الکترون دتنګستن W فلزي انوداټوم هستې سره غيرالاستيکي برېښنايز غبرګون کوي اودکولومب برېښنايز قوې په مټ داټوم دمثب چارج شوې هستې خواته راکش کيږي. په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترون منفي تعجيل مومي اودحرکي انرژي يوه برخه دلاسه ورکوي . دکتودالکترون ضايع شوې حرکي انرژي په الکترومقناطيسي وړانګوباندې اوړي چې د اکس بريمزفوتون وړانګوپه نوم يادېږي.

په نوموړي غيرالاستيکي غبرګون کې دکتودلوړانرژي الکترونونه د برېښنايز ټکرواټن b سره په تړاوکې خپله يوه برخه اويا ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي. دکتودلوړانرژي الکترونوضايع شوې حرکې انرژي په الکترومقناطيسي وړانګوباندې اوړي اوداټوم څخه بهرخواته خپريږي .

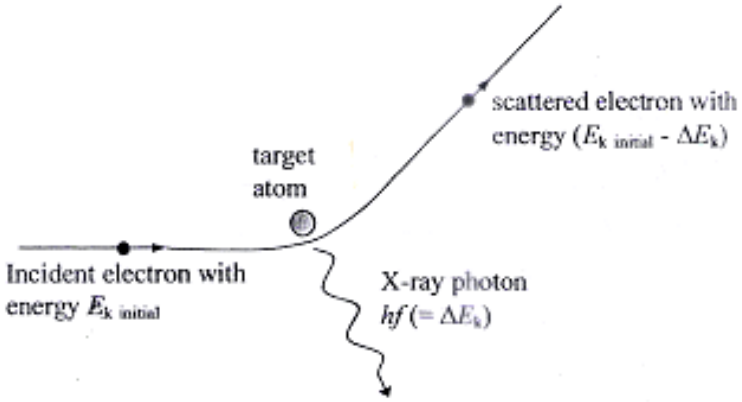
دغه ډول الکترومقناطيسي وړانګو ته د اکس بريمزفوتون وړانګې (Bremsstrahlung) اويا په بله معنی د بريک وړانګې (Break rays) ويل کيږي. داځکه چې دکتودالکترونونه دانوداټوم هستې په برېښنايز ساحه کې په ټپه دريږي اوبريک کيږي کټ مټ داسې لکه چې يوموټردسرعت دکمښت په موخه بريک ووهي . که چېرته دکتود الکترونو ضايع شوې حرکي انرژي په ΔE_k وښيو اودکتودالکترونوابتدايي حرکي انرژي $K_{initial}$ په E_{before} وښيو او داټوم هستې سره د برېښنايز ټکرڅخه وروسته په E_{after} وښيو، نودبريمز فوتون وړانګوانرژي مساوي ده له :

$$h\nu = E_{before} - E_{after} = \Delta E_k \qquad (9,10)$$

په (9,10) معادله کې $h\nu$ دکتودلوړانرژي الکترونوضايع شوې حرکي انرژي ده چې د اکس بريمزفوتون وړانګو په ډول بهرخواته خپريږي . د اکس بريمزفوتون وړانګو انرژي مقدارپه دې پورې اړه لري چې دکتودلوړانرژي الکترونونه په څومره اندازه واټن b کې

هستې ته ورنږدي تيريږي چې د برېښنايز ټکرواټن b په نوم يادېږي. په دې معنی چې د د برېښنايز ټکرواټن b دبريمزفوتون وړانګوانرژي ټاکونکی پارامتردی.

د ببلګې په توګه که چېرته داټوم شعاع د Atomic radius = R په حرف باندې وښيو، نودکتودلوړانرژي هغه شمېرالکترونونه e چې دانودanode اټوم څخه په ليرې برېښنايز ټکرواټن $b \gg R$ کې تيريږي، دانودanode اټوم هستې څخه په لږه کچه راڅکول کيږي . داڅکه چې په ليرې واټن کې دهستې کولومب برېښنايز قوه coulomb electric force دومره زورووه نه ده چې ځان ته يې ډيرراوڅکوي. له همدې کبله دکتودلوړانرژي الکترونونه e په لږه اندازه حرکې انرژي دلاسه ورکوي او له دې کبله دالکترونهe مسيردهستې خواته لږکوږوالی مومي . په وروستي برېښنايز ټکرکې کله چې دکتود لوړانرژي الکترون e ضايع شوې حرکې انرژي ΔE_k په الکترومقناطيسي وړانګوباندې واوړي، نوپه همغه اندازه ټيټ انرژي اکس بريمزفوتون وړانګې توليدکيږي. داڅکه چې دکتودالکترون داټوم هستې څخه په ليرې واټن $b \gg R$ کې تيريږي.



۹- ۴۱ شکل: د اکس بريمزفوتون وړانګودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده. دکتوديولوړانرژي الکترون چې حرکي ابتدايي انرژي يې $E_{k.initial}$ قيمت لري،دانوداټوم مثبت هستې کولومب برېښنايز قوې له خواراکش کيږي اومنفي تعجيل مومي . په پايله کې دکتودابتدايي الکترون حرکي انرژي کمښت مومي او په اندازه د $(E_{k.initial} - \Delta E_k)$ حرکي انرژي سره بلخواته شيندل کيږي. دابتدايي الکترون ضايع شوې حرکي انرژي ΔE_k په اکس بريمزفوتون انرژي $\Delta E_k = hf$ باندې اوړي اوداټوم څخه بهرخواته خپريږي. مأخذ : (84)

بلخوادکتودلوړانرژي هغه شمېر الکترونونه چې دانودAnode اټوم ته په ورنږدي برېښنايز ټکرواټن $b \gg R$ کې تيريږي دانود Anode اټوم هستې څخه په لوړه کچه راڅکول کيږي. داڅکه چې په دومره نږدې واټن کې داټوم هستې کولومب برېښنايز قوه خوراډيره زورووه ده او په ډيرلوړقوت سره دکتودلوړانرژي الکترونونه دځان خواته راڅکوي.

په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترونونه په همغه اندازه ډيره حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوهمداضايع شوې حرکي انرژي $\Delta E_k = hf$ په اکس بريمزفوتون وړانګوباندې اوړي.

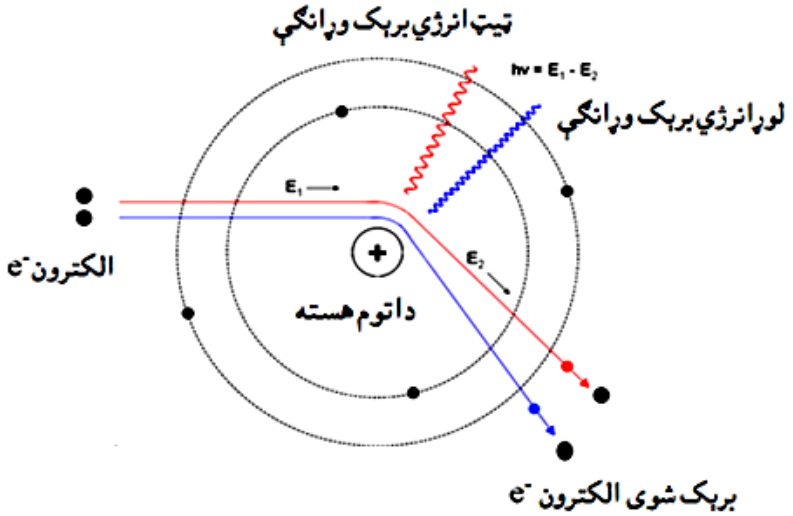
په بله معنی د برېښنايز ټکرواټن b سره په تړاوکې دکتودالکترونوحرکي انرژي په توپيرسره ضايع کيږي اوله دې کبله د اکس بريمزوړانګوګڼ شمېر فوتونونه توليدکيږي چې توپيرلرونکې انرژي لري. همدالامل دی چې دتوليدشوو اکس بريمز فوتون وړانګو انرژي طيف يومتمادی طيف continuous spectrum دی. په دې معنی چې دبريمزوړانګوانرژي طيف دتوپيرلرونکو څپو طول څخه جوړشوی دی چې دصفرڅخه پيل کيږي اوان دځپې ترټولواصغري λ_{min} قيمت پورې رسيږي.

ديادولووړه چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دخپل مستقيم مسيرڅخه کاږه کيږي اودانوداټوم هستي خواته په داسې ډول ځکول کيږي چې دهغوی مسير ديوه هايپربل منحني Hyperbel curve سره ورته بڼه لري.نوموړې کړنلاره کټ مټ داسې ښکاري لکه چې يوه سياره دلمرجاذبې قوې پر اساس دلمرخواته ځکول کيږي اومسير يې دهايپربل منحني شکل لري.

په ۹- ۴۲ شکل کې دکتوددوه لوړانرژي الکترونونه کنبل شوي دي چې يودبل سره دهستې په تړاوتوپيرلرونکی برېښنايز ټکرواټن b لري .

د ساري په توګه دکتودcathod دوه لوړانرژي ابتدايي الکترونونه e^- په پام کې نيسوچې په يوشان ابتدايي حرکې انرژي E_1 لري اوپه يوشان سرعت V_1 سره د اکس وړانګوتيوب په مثبت انود anode الکترود(+) باندې لګيږي .کله چې دواړه الکترونونه دانود anode الکترود(+) داټوم مثبت هستې سره په نږدي واټن کې تيريږي ، نود هستې له خوا دکولومب برېښنايزقوې په مټ په توپيرسره ځانته راڅکول کيږي .

دهغوی څخه لومړی الکترون e^- دانوداټوم دشعاع R په د د دننه ساحه کې خودهستې څخه په نسبتاً لږې واټن $b < R$ کې تيريږي. دويم الکترون هستې ته په نږدې واټن $b \ll R$ کې تيريږي . پايله يې داده چې دکتودلومړي الکترون ضايع شوې حرکې انرژي دکتود دويم الکترون ضايع شوې حرکي انرژي په پرتله لږقيمت لري . همدالامل دی چې دلومړي الکترون ضايع شوې حرکي انرژي په ټيټ انرژي اکس بريمزفوتون وړانګې اوددويم الکترون ضايع شوې حرکي انرژي په لوړانرژي اکس بريمز فوتون وړانګو باندې اوړي .بلخوادلومړي الکترون هايپربل ډوله مسيرددويم الکترون مسير په پرتله دومره ډيرکوږوالي نه ښيي.



۹- ۴۲ شکل: داتوم هستې په برېښنايز کولومب coulomb ساحه کې دکتودلوړانرژي دوه الکترونونه e^- په توپيرسره منفي تعجيل مومي Braking (بريک کيږي) اوپه پايله کې اکس بريمزفوتون وړانګې Bremsstrahlung توليدکيږي. ماخذ : (79 wiki)

په پايله کې ويلای شوچې څرنګه چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دانوداټوم هستې څخه په توپيرلرونکې واټن کې تيريږي اوورسره سم دهغوی حرکي انرژي هم په توپيرسره ضايع کيږي ،نودتوليدشوو اکس بريمزفوتون وړانګو طيف يومتمادي طيف تشکيلوي.

همدالامل دی چې د اکس بريمزفوتون وړانګې دانرژي متمادي طيف دصفرڅخه پيل کيږي او ان دکتودالکترونواعظمي حرکي انرژي پورې رسيږي $E_{\max}$.

که چېرته دکتودلوړانرژي ابتدايي لومړي الکترون انرژي مخکې له دې څخه چې دانوداټوم هستې سره غيرالاستيکي غبرګون وکړي ، په E_1 وښيو، اوورسته له دې چې دانوداټوم هستې سره غيرالاستيکي غبرګون وکړي په E2 وښيو،نودتوليدشوي اکس بريمز فوتون وړانګوانرژي E_{photon} مساوي ده له :

$$E_{photon} = \Delta E = E_1 - E_2 = h\nu \qquad (9,11)$$

په (9,11) معادله کې ΔE دکتودلوړانرژي الکترون ضايع شوي حرکي انرژي ده چې د اکس بريک وړانګواويا په بله معنی د اکس بريمز فوتون وړانګوانرژي $h\,\nu$ په ډول دانوداتوم څخه بهرخواته خپريږي.

دکتودلوړانرژي الکترون اودانوداټوم هستې تر منځ دبرېښنايزغبرګون يوځانګړی حالت هغه مهال منځ ته راځي کله چې دکتوديولوړانرژي الکترون په مستقيم مرکزي مسيرسره اومخامخ دانوداټوم په هسته باندې ولګيږي اوپه يوه ټس *impact* سره خپله ټوله حرکي انرژي دلا سه ورکړي . په نوموړي برېښنايز غبرګون کې د برېښنايز ټکرواټن صفر قيمت $b = 0$ ځانته غوره کوي . په پايله کې دکتودلوړانرژي الکترون ټوله حرکي انرژي $E_{\max}$ په اکس بريمز فوتون وړانګوانرژي $h, \nu_{\max}$ باندې اوړي او دانوداټوم څخه بهرخواته خپريږي.

که دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم دمدارالکترون سره ټکروکړي اوخپله ټوله حرکي انرژي ورته انتقال کړي نو د اکس برېمزفوتون وړانګې اعظمي انرژي $E_{\max}$ دکتود الکترون اعظمي حرکي انرژي E_e سره يوشان ده اوپه لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$E_{\max} = e, U = h, \nu_{\max} = \frac{h, c}{\lambda_{\min}} \qquad (9,12)$$

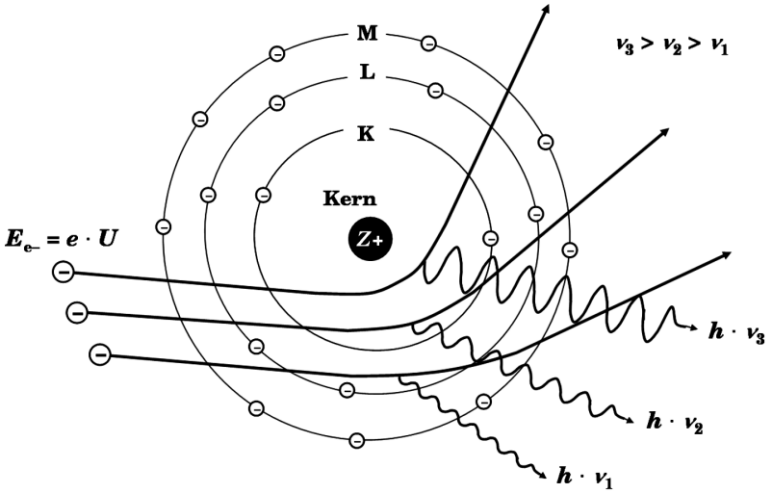
په (9,12) معادله کې λ_{min} د اکس برېمزفوتون وړانګې اصغري طول اوU تعجيل کوونکی ولټيج ، c دنورسرعت ، e دالکترون چارج $e = 1.602, 10^{-19} C$، $\nu_{\max}$ دفوتون وړانګواعظمي فريکونس او h دپلانک ثابت دی.

کله چې دنوموړي ثابت قيمتونه په (9,12) معادله کې واچوونود اکس برېمزفوتون وړانګې اصغري طول اويا په بله معنی سرحدي طول λ_{min} لپاره ليکلای شوچې :

$$\lambda_{\min} = h, \nu_{\max} = \frac{h, c}{E_{\max}} = \frac{12.34 \times 10^{-10}}{Voltage[keV]}\ [m] \qquad (9,13)$$

د (9,13) معادلې څخه په ډاګه کيږي چې که چېرته درونتګن وړانګوپه دستګاه کې دکتوداودانودتر منځ تعجيل کوونکی ولټيج U معلوم وي، نوکولای شوچې دتوليدشوو اکس برېمزفوتون وړانګو اصغري طول موج اويااعظمي فريکونس ν_{max} محاسبه کړو.

دپام وړخوداهم ده چې دانودپه برخه کې دتوليدشوو اکس برېمزفوتون وړانګودځپې اصغري طول $\lambda_{\min}$ اويا اعظمي انرژي $h, \nu_{\max}$ په دې پورې اړه نه لري چې دانودماده دکوم عنصرڅخه جوړه ده بلکي يوازي دکتودالکترونوتعجيل کوونکي لوړولټيج U په قيمت پورې اړه لري.

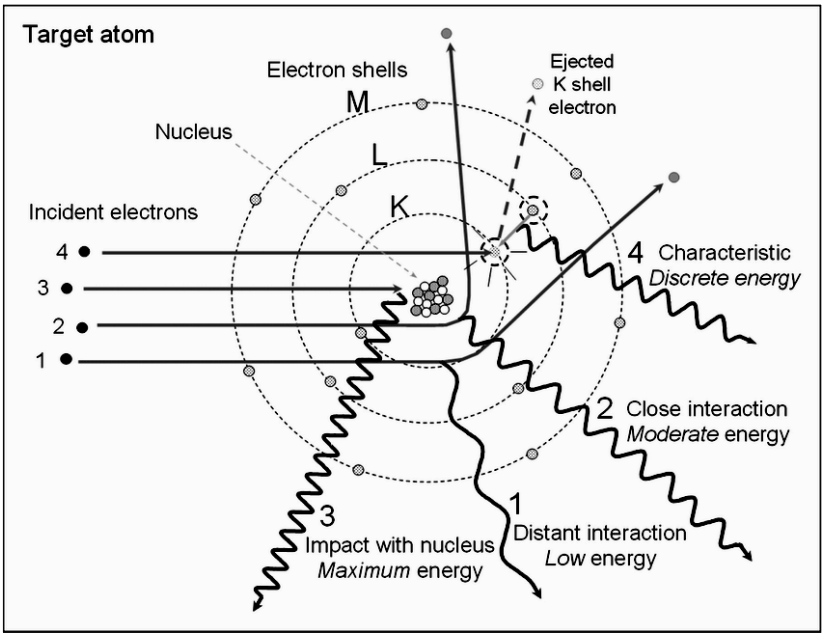


۹-۴۳ شکل: د اکس بریمزفوتون وړانګومتمادي طیف کړنلاره ښوول شوې ده.

په لومړي ګام کې دکتوددرې الکترونونه θ په پام کې نیسوچې دهغوی ابتدایي حرکې انرژي $E_{max} = e, U$ یودبل سره مساوي ده اودانوداټوم مثبت هستې +Z په شاوخواکې سم سیخ خو په توپیرلرونکي برېښنایز ټکرواټن $b_1 . b_2 . b_3$ کې تیریږي. هرځومره چې دکتود الکترونونه دهستې څخه په لیرې واټن b کې تیریږي په همغه اندازه د برېښنایز ټکرواټن b قیمت هم ستریږي اوپه همغه کچه دکتودپه الکترونوباندې دهستې کولومب قوې اغیزه کمښت مومي . په پایله کې هرځومره چې د برېښنایز ټکرواټن b ستریږي په همغه کچه دتولیدشوو اکس فوتون وړانګوانرژي هم کمښت مومي. دکتود الکترونودحرکت مسیردهغوی د برېښنایز ټکرواټن b په سترواليي اودهغوی ابتدایي حرکي انرژي $E_{max} = e, U$ په مقدارپورې اړه لري.

خوکله چې نومړي درې الکترونونه θ دهستې سره دکولومب برېښنایز غبرګون coulom interaction وکړي نود برېښنایز ټکرواټن $b_1 . b_2 . b_3$ سره په تړاوکې د اکس بریمزفوتون وړانګې منځ ته راځي چې توپیرلرونکې انرژي $hv_3 > hv_2 >$ hv_1 لري. همدالامل دی چې نومړي اکس وړانګې متمادي انرژي طیف لري.

په ۹- ۴۴ شکل کې دعامې پوهاوی په موخه یوځل بیا د اکس وړانګوتیوب په انودالکترودبرخه کې دکتود الکترونو هراړخیز برېښنایز غبرګونونه کښل شوي دي.



۹- ۴۴ شکل: د اکس وړانګوتیوب x-ray tube انودالکترودبرخه کې دکتودلوړانرژي الکترونو اودانوداټومونوترمینځ هراړخیز غیرالاستیکي برېښنایز غبرګونونه کښل شوي دي. ماخذ : (81)

۱) دکتودلوړانرژي الکترون دانوداټوم هستې سره په لیرې برېښنایز ټکرواټن b کې غبرګون کوي اوله دې کبله په ټیټه کچه اکس بریمزفوتون وړانګې انرژي hv_1 تولیدکیږي.

۲) دکتودالکترون دانوداټوم هستې سره په نسبتاً نږدې برېښنایز ټکرواټن کې غبرګون کوي اوله دې کبله په منځنی کچه اکس بریمزفوتون وړانګې انرژي hv_2 تولیدکیږي.

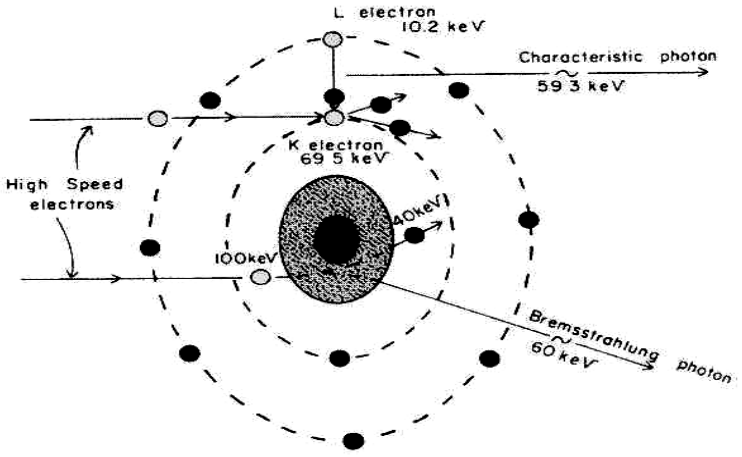
۳) دکتودالکترون دانوداټوم هستې سره مخامخ په مرکزي برېښنایز ټکرواټن کې غبرګون کوي impact with nucleus اوخپله ټوله حرکي انرژی بایلي اود اکس بریمزفوتون وړانګواعظمي انرژي $\mathrm{h}, \nu_{\max}$ تولیدکیږي.

۴) دکتودالکترون دانوداټوم k مداریوالکترون سره برېښنایز غبرګون کوي اوداټوم څخه یې بهرخواته شړي . نوموړی الکترون دشړل شوي الکترون یا Ejected k shell electron په نوم یادیږي . په پایله کې دانودخنثي اټوم آیونایز کیږي اومثبت چارج شوی ایون ion اویوالکترون منځ ته راځي . دلوړپوړي L مدارڅخه یوالکترون د k مدارته رالویږي ترڅودشړل شوي اټوم تش ځای ډک کړي.

۵) دنوموړومدارونودټرون انرژي تفاوت دمشخصه اکس وړانګوپه ډول بهرخواته خپریږي.

په ۹- ۴۵ شکل کې دکتوددوه الکترونه په پام کې نیسو چې دهریو الکترون ابتدایي حرکي انرژي سل کیلوالکترون ولټ $\mathrm{E_0 = 100\ keV}$ قیمت لري. دکتودیوالکترون دتنګستن فلزانوداټوم هستې په لاندې برخه کې تیریږي اودهستې سره غیرالاستیکي برېښنایز غبرګون کوي . په پایله کې دکتودالکترون دسل کیلوالکترون ولټ حرکي انرژي څخه یوه برخه په اکس بریمز فوتون وړانګوباندې اوړي چې انرژي یې شپیته کیلوالکترون ولټ 60 keV قیمت لري اوپاتې څلویښت کیلوالکترون ولټ 40 keV دکتودالکترون حرکي انرژي ده چې په تغیرشوي سمت سره مخ په وړاندې حرکت کوي.

دکتوددویم الکترون چې داټوم هستې پورته خواته سم سیخ تیریږي دانوداټوم k مداریوالکترون سره غیرالاستیکي برېښنایز غبرګون کوي . په پایله کې دانوداټوم k مدار او L مداردټرون انرژي تفاوت په مشخصه اکس فوتون وړانګوباندې اوړي.د اکس فوتون وړانګوانرژي نهه پنځوس کیلوالکترون ولټ 59 keV قیمت لري اوداټوم څخه بهرخواته خپریږي.



۹- ۴۵ شکل: د اکس وړانګوتيوب دتنګستن فلزانودبرخې يواټوم ښوول شوی دی چې دکتودلوړانرژي دوه الکترونوپه مټ ويشتل کيږي اوپه پايله کې مشخصه اکس وړانګې اود اکس بريمزفوتون وړانګي منځ ته راځي . ماخذ : (78)

که چېرته دشړل شوي الکترون حرکي انرژي په E_{kin} اودتوليدشوو اکس بريمزفوتون وړانګوانرژي په $h\nu$ وښيو،نودکتودالکترون ابتدايي حرکي انرژي E_0 په لاندې ډول ويشل کيږي.

$$E_0 = h\nu + E_{kin}$$

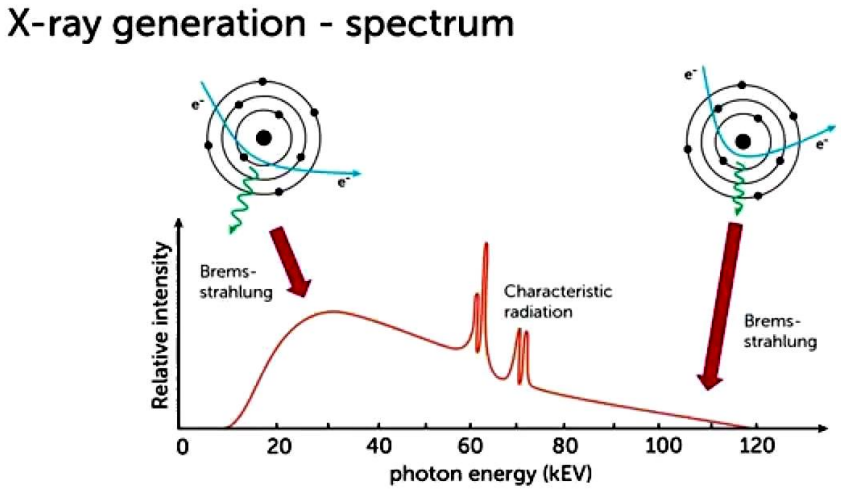
$$h\nu = 100\ keV - 40\ keV = 60\ keV$$

دتوليدشوواکس بريمزفوتون وړانګوانرژي شپيته کيلوالکترون ولټ قيمت لري .

د اکس وړانګوانرژي طيف : X-ray Energy Spectra

د اکس وړانګو تيوب په انودبرخه کې دانرژي ويش په تړاو دوه ډوله اکس وړانګې توليد کيږي چې د اکس وړانګومتمادي انرژي طيف continuos x rays spectrum اود اکس وړانګومشخصه انرژي طيف Characteristic x-ray spectrum په نوم سره يادېږي

په ۹- ۴۷ شکل کې دواړه انرژي طيفونه کښل شوي دي.

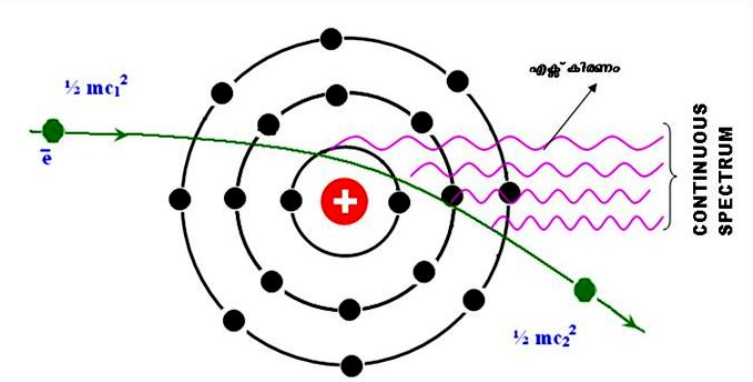


۹- ۴۷ شکل: د اکس فوتون وړانګومشخصه انرژي طيف اود اکس بريمزفوتون وړانګومتمادي انرژي طيف کښل شوی دی.

په افقي محورکې د اکس فوتون وړانګوانرژي په واحدکيلوالکترون ولټ اوپه عمودي محورکې دتوليدشوو اکس فوتون وړانګونسبي شدت کښل شوی دی. دمتمادي طيف په ټيټ انرژي برخه کې 30 keV د اکس بريمزفوتون وړانګوشدت اعظمي قيمت لري داځکه چې په ټيټ انرژي برخه کې ددې احتمال خورا زيات دی چې دکتود ډير شمېر الکترونونه دانوداټوم هستې څخه په ليږې برېښنايز ټکر واټن $b \gg R$ کې تيريږي اوله دې کبله دانود اټوم هستې څخه په لږه کچه راڅکول کيږي . خودمتمادي طيف په لوړانرژي برخه کې لکه سل کيلوالکترون ولټ 100 keV ساحه کې دتوليدشوواکس بريمزوړانګوشدت کمښت مومي خوانرژي يې ډيرښت مومي داځکه چې دکتودخوراړ شمېر الکترونونه داتوم هستې ته ورنږدې ساحه کې تيريږي خوپرځای يې دانرژي قيمت لوړدی . په نوموړې ساحه کې دکتودالکترون مسير دهايپربل منحني بڼې ته ورته دی . ماخذ : (80)

دمتمادي اکس وړانګو انرژي طيف : (continuos x rays spectrum)

د متمادي اکس وړانګوانرژي طيف دتوپيرلرونکو اکس وړانګوانرژي څخه جوړشوی دی چې دځپې طول يې دټاکلي اصغري قيمت څخه ان تريوه اعظمي قيمت پورې رسيږي، کټ مټ په ورته ډول لکه چې دنوروړانګوطيف دتوپيرلرونکورنګونوځخه جوړدی.
د اکس وړانګومتمادي انرژي طيف هغه مهال منځ ته راځی کله چې دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزی انوداټوم هستې کولومب بريښنايز ساحې سره غيرالاستيکي غبرګون وکړي اوپه پايله کې خپله حرکي انرژي دلاسه ورکړي اوپه اکس بريمزفوتون وړانګوباندې واوړي.



۹- ۴۸ شکل: د اکس بريمزفوتون وړانګودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده چې متمادي انرژي طيف تشکيلوي. دانودالکترونداتوم الکترونونه په تورودايرواوداتوم هسته په مثب نښه کښل شوې ده . دکتودالکترون مسيرکوړشکل لري داځکه چې دانوداتوم هستې څخه ځانته راکش کيږي. ماخذ : (82)

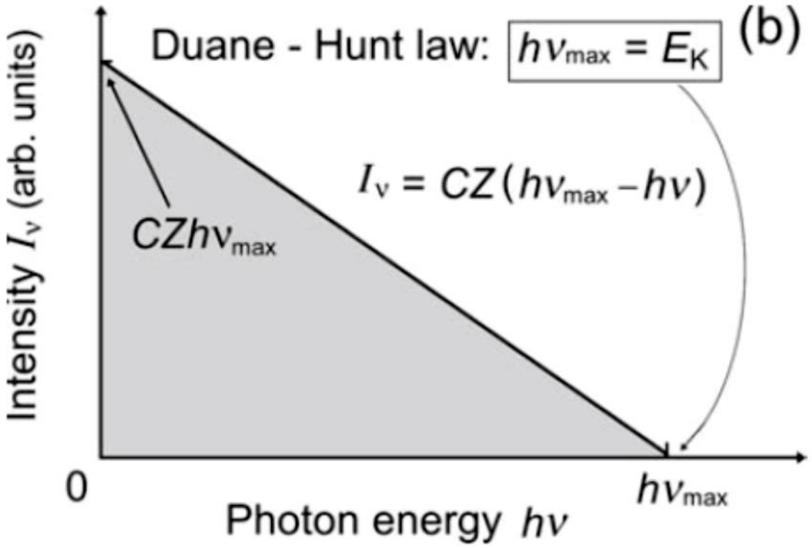
په نوموړي شکل کې دکتودالکترون حرکي انرژي مخکې له دې چې دانوداټوم سره بريښنايز غبرګون وکړي په $1/2\ mc_1^{\ 2}$ اودغبرګون څخه وروسته په $1/2\ mc_2^{\ 2}$ ښوول شوې ده .که ومنوچې د اکس فوتون وړانګې دتوليدځخه وروسته دتنګستن فلزپه انودبرخه کې د دننه نه جذب کيږي anode selbst absorption no اوهمدارنګه به ومنوچې نوموړې وړانګې کله چې دانودځخه بهرخواته راوځي په لاره کې ديوه اضافه فلزپه مټ فيلتر Filter نه شې ،نود اکس بريمزفوتون وړانګودانرژي متمادي طيف دلاندې رياضي معادلې په مټ محاسبه کولای شو چې دتابع ګراف يې تقريبادیومثلث بڼه لري. ماخذ : (66 Cunn)

$$I(h\upsilon) \cong CZ(h\upsilon_{\max} - h\upsilon) \qquad (9,14)$$

په (9,14) معادله کې $I(h\upsilon)$ د اکس وړانګوتيوب انودبرخه کې دکتودالکترونوپه مټ دتوليدشوو اکس بريمزفوتون وړانګو د متمادي انرژي طيف ويش spectral distribution اويا په بله معنی شدت Intensity ته ويل کيږي چې دانرژي مقداريې $h\upsilon$ قيمت لري ، C يو ثابت فکټور دی چې د اکس وړانګوتيوب برښنايز جريان سره متناسب دی، دتنګستن انودلپاره اټومي شمېر ه $Z = 74$ ده ، او $h\upsilon_{\max}$ دتوليدشوو اکس بريمز فوتون وړانګواعظمي انرژی ده چې دکتود الکترونو اعظمي حرکي انرژي سره سمون لري کوم چې په انودباندې لګيږي. دیادولووړده چې دکتودالکترونواعظمي حرکي انرژي E_k په خپل وارسره دتعجيل کوونکي ولټيج U اودالکترون برښنايز چارج e حاصل ضرب سره مساوي ده له:

$$(h\upsilon_{\max} = eU = E_k = \frac{1}{2}mv^2) \qquad (9,15)$$

د (9,14) معادلې محاسبه په ډاګه کوي چې د اکس بريمزفوتون وړانګوشدت يوخطي تابع تشکيلوي چې منفي ميل slope لري اوپه همغه اندازه کمښت مومي ځومره چې دبريمزفوتون وړانګو انرژي $h\upsilon$ زياتيږي. نوموړې کرښلاره په ۹- ۴۸ شکل کې کښل شوې ده اوداسې مالوميږي چې د اکس وړانګودانرژي متمادي طيف ديومثلث شکل لري په دې شرط چې فيلترنه شي .



۹- ۴۹ شکل: د اکس بريمزفوتون وړانګومتمادي انرژي طيف پرته له فيلترځخه ښوول شوی دی او دوړانګوپه مسيرکې فلزي فيلتر شتون نه لري. دمستقيم خط لاندې سطحه په انودبرخه کې دتوليدشوو اکس بريمزفوتون وړانګوټوله خپره شوې انرژي ده چې پرته له يوه فلزي فيلترمحاسبه شوې ده.

ماخذ : (74)

(9,14) معادله داهم رابنيي چې کله چې د اکس بريمزفوتون وړانګو انرژي $h\upsilon$ د اکس بريمزفوتون وړانګواعظمي انرژي $h\upsilon_{\max}$ سريوشان شي ، نو د اکس بريمزفوتون وړانګوشدت صفرکيږي.

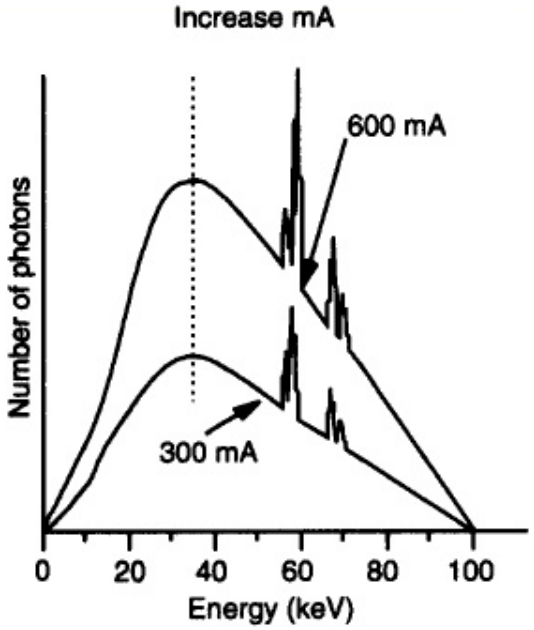
$$I(h\upsilon = h\upsilon_{\max}) = 0$$

بلخوا کله چې $h\upsilon = 0$ شي نود اکس بريمزفوتون وړانګوشدت اعظمي قيمت ځانته غوره کوي او.$I(h\upsilon) = CZh\upsilon_{\max}$ کيږي.

ديادولووړده چې دتعريف سره سم د اکس بريمزفوتون وړانګوشدت د اکس بريمزفوتونو هغه مقدارانرژي E ته ويل کيږي چې په واحدوخت اوواحدسطحه دانودځحه بهرخواته انتقال کيږی .د اکس بريمزفوتون وړانګودانرژي متمادي طيف منحني لاندې سطحه دنوموړووړانګوټوله خپره شوې انرژي شدت I_{total} رابنيي چې دانودځخه بهرخواته په واحدوخت اوواحدسطحه خارج کيږي اودتعجيل کوونکي ولټيج مربع (kV^2) سره متناسب ده .

$$I_{total} = A, i, Z, \ (kV^2) \qquad (9,16)$$

په (9,16) معادله کې i د اکس تيوب کتودبرخې ځخه ازادشوو الکترونو برښنايز جريان شدت دی چې په يوه ثانيه کې دهغو الکترونو شمېر رابنيي کوم چې په انودباندې لګيږي ، Z دتنګستن انوداټومي شمېره ده ، U د اکس وړانګوپه تيوب کې تعجيل کوونکی ولټيج دی په واحد دکيلوولټ kV ، او A يوثابت فکټوردی.



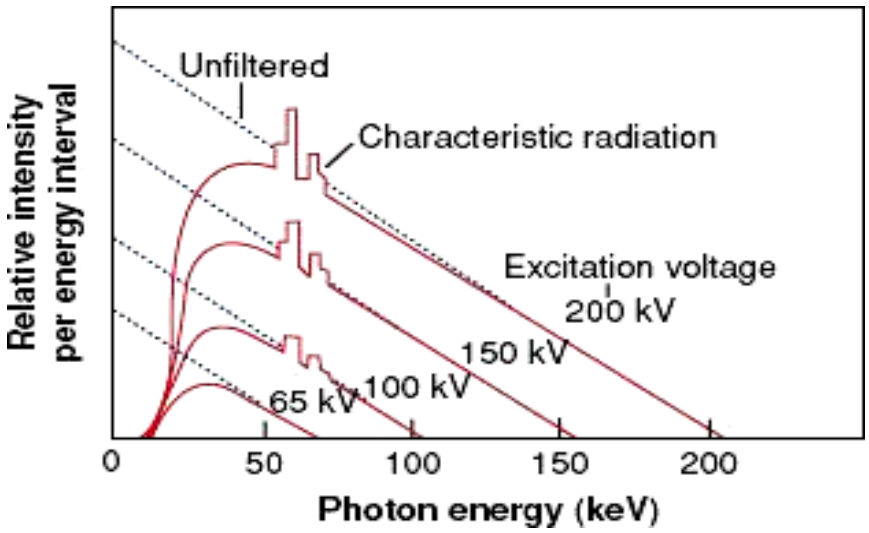
۹- ۵۰ شکل: د اکس وړانګوتیوب په انودبرخه کې دتولیدشوو متمادي اومشخصه اکس وړانګو شدت زیاتیږي اوورسره سم د انرژي طیف تغیرکوي کله چې د اکس تیوب په سرکټ کې برېښنایز جریان i مقدار د 300 mA څخه 600 mA ته پورته شي .دمشحصه اکس وړانګوطیف لوړې نرې څوکې لري خودمتمادي اکس وړانګوطیف پلن منحنٍي تشکیلوي.

که چېرته دکتود Cathode څخه زیات الکرنونه ازادشي نوورسره سم د اکس فوتون وړانګوپه تیوب کې برېښنایز جریان په واحدملي امپیر mA هم زیات کیږي خوپه کیفیت کې بدلون نه راځي. همدارنګه ورسره سم په انودالکترود(+) anode کې د اکس وړانګو x-rays تولید او شمېر زیات کیږي. بلخواپه انودکې دتولیدشوو اکس فوتون وړانګو شدت دوخت t اودتیوب برېښنایزجریان i سره سم سیخ متناسب دی . که چېرته د اکس فوتون وړانګوشدت په Intensity وښیو،نولروچې :

$$Intensity \cong mA\,,second$$

د(9,16) معادلې څخه په ډاګه کیږي چې د اکس وړانګومتمادي انرژي طیف بڼه دتعجیل کوونکي ولټیج U ،د اکس تیوب شدت I ،اودانودعنصرتابع دی اوکه چېرته نوموړوفریکي کمیتونوته تغیرورکړو ،نود اکس بریمزوړانګوانرژي طیف بڼه هم تغیرکوي.

د بېلګې په توګه د اکس بریمزفوتون وړانګومتمادي انرژي طیف اومشخه انرژي طیف تغیرکوي کله چې د اکس وړانګوتیوب تعجیل کوونکی ولټیج قیمت د 65 kV څخه ان تردوه سوه کیلوولټ 200 kV پورې لوړشي. دپام وړده چې دمشخصه اکس وړانګوطیف دمتمادي انرژي طیف دپاسه پروت دی. دانرژي طیف هغه منحني ګان چې فیلتر filter ورته نه دی کارول شوی اویوازې دتیوري محاسبې له لازي منځ ته راځي Unfitered په ټکي ټکي کرښو dotted lines اودانرژي طیف هغه منحني ګان چې دیوملي مترالمونیم 1-mm aluminum فیلتر په کارولوسره ترلاسه کیږي په جامدوکرښو solid curves ښوول شوي دي.



۹- ۵۱ شکل: د اکس وړانګوتیوب په انودبرخه کې دتولیدشوومتمادي اومشخصه اکس وړانګوانرژي طیف تغیرکوي کله چې دتعجیل کوونکي ولټیج Excitation voltage مقدارزیات شي. هرځومره چې دتعجیل کونکی ولټیج مقدارزیات کیږي په همغه اندازه دتولیدشوو اکس وړانګوشدت زیاتیږي اوطیف تغیرکوي.

ماخذ : (70 Khan)

د اکس وړانګومشخصه انرژي طیف : Characteristic x-ray spectra

د اکس وړانګومشخصه انرژي طیف دمتمادي انرژي طیف سره یوځای تولیدکیږي اودلوړوکرښوپه بڼه دمتمادي طیف دپاسه پروت وي.د اکس وړانګومشخصه انرژي طیف هغه مهال منځ ته راځی کله چې دیوه اټوم بهرني مدارالکترونونه دیوه تحریک شوي اتوم داخلي مدارالکترون تش ځای vacancy ډک کړي اوپه دې ترڅ کې اکس فوتون وړانګې بهرخواته خپرې شي. نوموړې وړانګې دهرعنصرلپاره ځانګړی طیف لري داځکه چې داړونده مدارونودټرون انرژي تفاوت دهرعنصر لپاره ټاکلی قیمت لري.

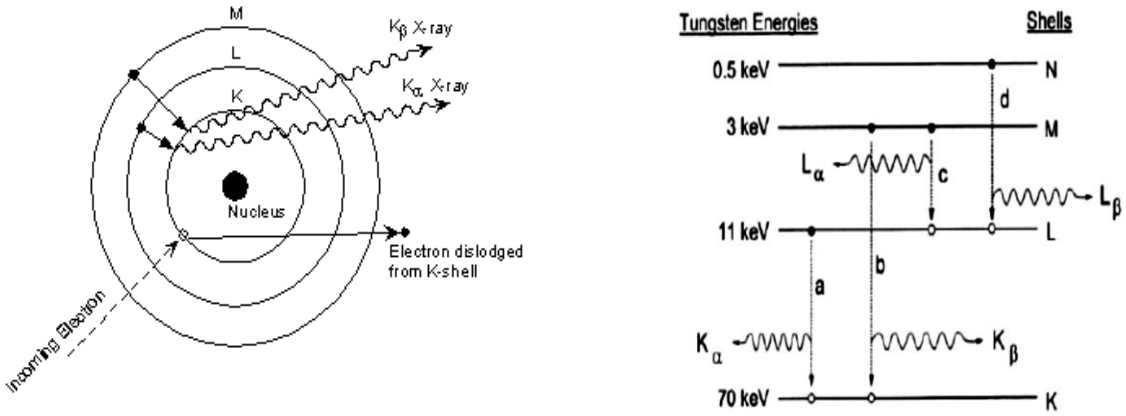
همدالامل دی چې دمشخصه اکس فوتون وړانګودانرژي طیف ټاکلي انرژي discrete لري په داسې حال کې چې د اکس بریمزفوتون وړانګوطیف یو متمادي انرژي طیف لري .

د بهلګې په توګه کله چې یولوړانرژي الکترون دیوه اټوم k مدارالکترون باندې ولګیږي اودومره انرژي ورته انتقال کړي چې یوه لوړپوړې مدارلکه L مدارته پورته شي اویاداچې داټوم څخه بهرخواته وشړل شي اوځای یې

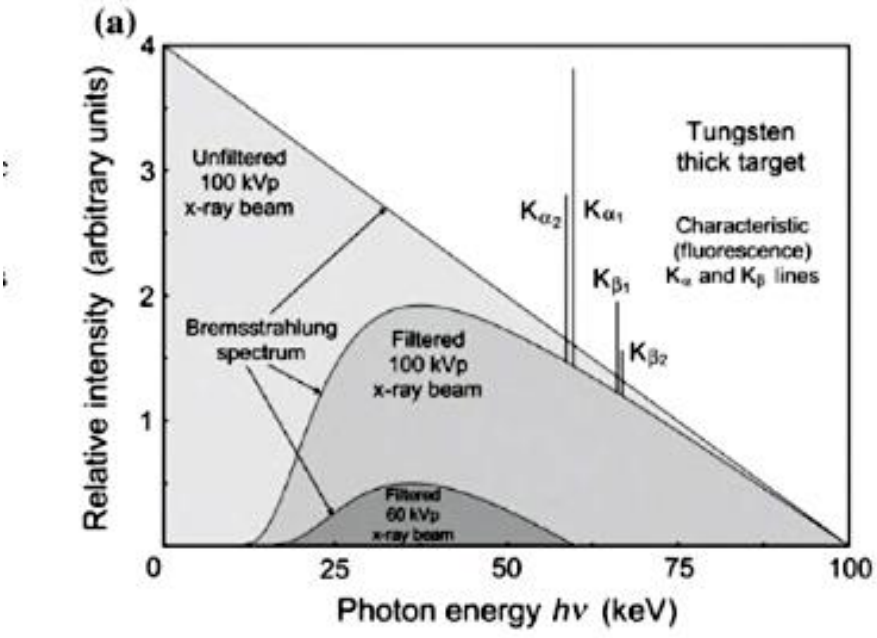
تش Vacancy پاتې شي ،نوپه دې ترڅ کې د L مدارڅخه یوالکترون دk مدارته رالویږي اودشړل شوي الکترون تش ځای ښرته ډکوي. د L مدار اود k مداردټرون انرژي تفاوت دمشخصه اکس فوتون وړانګوپه ډول داټوم څخه بهرخواته خپریږي. نوموړې وړانګې د K_α -line په نوم یادیږي .

همدارنګه که چېرته د M مدارڅخه د k مدارته دالکترونوعبورترسره شي نود $k_\beta$line په نوم یادیږي اوهمداسې نوردرواخله .....

بلخواد اکس وړانګوپه مسیرکې فلزي فیلترونه filters کیښودل کیږي ترڅوټیټ انرژي اکس وړانګې په فیلترکې جذب شي او دراډیوګرافي تصویرکونتراست contrast یعنې توپیرلرونکې ښکاره کیدنه ورسره ښه شي. دنوموړوپارامترونوپه بدلون سره د اکس وړانګوطیف تغیرکوي اودبدن هرغړي لپاره ټاکلی طیف کارول کیږي.



۹- ۵۱ شکل: دتنګستن فلز tungsten مشخصه اکس وړانګوانرژي طيف characteristic x-ray spectra ښوول شوی دی. کينې خواشکل کې دنوموړي اټوم آيونايز يشن کړنلاره او ښي خواشکل کې داتوم اړونده مدارونولکه K,L,M,N انرژي ليولونوترمنځ دالکترونوعبور اوورسره سم د، $k_{alpha,}$ K_{beta} ; L_{alpha}; L_{beta}; مشخصه وړانګې کښل شوې دي. ماخذ (88)



۹- ۵۲ شکل: د اکس بريمزفوتون وړانګودانرژي متمادي طيف اومشخصه طيف $k_{\alpha1}; k_{\alpha2}; k_{\beta1}; k_{\beta2;}$ کښل ښوي دي چې د اکس وړانګوتيوب په انودبرخه کې چې د تنګستن tungsten فلزڅخه جوړه ده توليدکيږي . په عمودي محورکې داکس وړانګودجريان شدت اوپه افقي محورکې دفوتون وړانګوانرژي په واحدکيلوالکترون ولټ keV کښل شوې ده کوم چې دانودپه الکترودکې توليدکيږي.

په نوموړي شکل کې دطيف ښې پرته له فيلتر اوهمدارنګه دفيلترپه شتون کې ښوول شوې ده . پرته له فيلتر دطيف ښې مستقيم نزولي کرښه اويومثلث په شان ښکاري خو دفلترپه شتون کې يوپلن منحني تشکيلوي . ځرنګه چې دوړانګوپه مسيرکې فلزي فيلتر کيښودل شوی دی نودانرژي طيف ښې دغيرفيلترپه پرتله بيخي تغيرکوي . د اکس وړانګوتيوب تعجيل

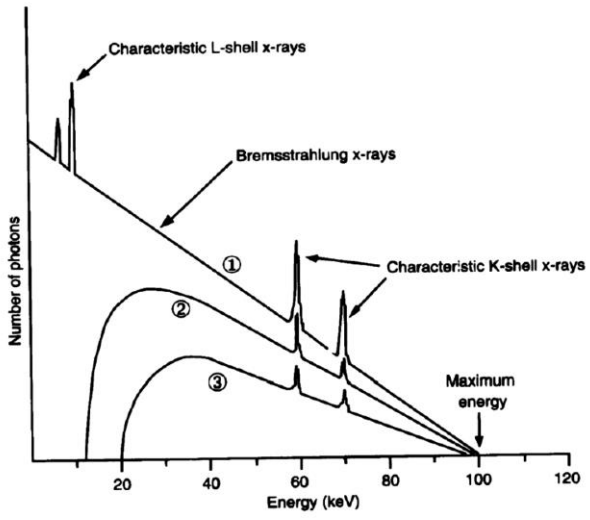
کوونکی ولټیج سل کیلوولټ 100 kV اوشپیته کیلوولټ 60 kV ټاکل شوی دی. مستقیم مایل خط د اکس بریمزفوتون وړانګوهغه انرژي طیف راښیي چې فیلترشوی نه وي . په افقي محورکې د اکس بریمزفوتون وړانګو انرژي راښیي چې دصفرڅخه ان ترسل کیلوالکترون ولټ 100 keV اعظمي انرژي پورې رسیږي. سل کیلوالکترون ولټ دکتودالکترون اعظمي انرژي ده چې دانود anode او دکتود ترمنځ تعجیل کوونکي ولټیج په مټ یې ترلاسه کوي. ماخذ : (74)

د اکس بریمزفوتون وړانګوفیلترکول : X-Ray Filter

کله چې یوځل د اکس وړانګوتیوب انودبرخه کې د اکس فوتون وړانګې تولیدشي اودانودسطحې خوا ته پورته بهرته راوځي ، نودهغوی دوړانګوشدت لږڅه نیمایي برخه پخپله د انودالکترود(+) فلزي جسم په منځ کې جذب کیږي اودګټې وړنه ګرځي . دتولیدشوو اکس وړانګویوازې پاتې نیمایي برخه درونتګن دستګاه دکړکۍ څخه راوځي اوګټوراستعمال لري. خو کله چې په ناروغ باندې لګیږي ،مخکې له دې څخه هم په لاره کې د اکس وړانګې یوځل بیادیوه فیلتر 2.5 mm Aluminium په مټ کمښت مومي اودانرژي طیف یې تغیرکوي. دا ځکه چې دفیلترپه کارولوسره د انرژي طیف ټیټ انرژي برخه په فیلترکې جذب کیږي. څرنګه چې ټیټ انرژي فوتونونه دبدن په سطحه کې جذب کیږي نوله دې کبله یوغړی چې په بدن کې ژورپروت وي د اکس وړانګوتصویرلپاره ټیټ انرژي فوتونونه پرته له زیان هیڅ ګټه نه لري اوله دې کبله ضرورده چې دمساعدفلزي فیلترپه مټ ترخپله وسه بیخې لیرې شي.

څرنګه چې د اکس بریمزفوتون وړانګې په خپل مسیرکې دیوه فلزي فیلترلکه المونیم aluminum 0.5- 2 mm اویا په خپله دانودپه منځ برخه کې ،اوهمدارنګه د اکس وړانګوتیوب په شیشه یې کړکۍ کې جذب کیږي،نودنوموړووړانګودانرژي متمادي طیف بڼه داصلي طیف څخه بیخي تغیرکوي.

دیادولووړده چې دفلزي فیلترپه کارولوسره دانرژي متمادي طیف ټیټه انرژي برخه 30 keV باندې ډیره اغیزه لري اودوړانګوشدت راکموي په داسې حال کې چې د اکس وړانګودانرژي متمادي طیف لوړانرژي برخه باندې لږاغیزه لري. که څه هم دفلزي فیلترپه کارولوسره د اکس بریمزفوتون وړانګوشدت په مجموع کې کمښت مومي خوګټه یې داده چې یوخواد اکس وړانګې متجانس شکل ځانته غوره کوي اوبلخوا په متمادي طیف کې دلوړانرژي فوتونوبرخه ډیریږي . برسیره پردې دټیت انرژي اکس وړانګوبرخه په فلزي فیلترکې جذب کیږي اودتشعشع په ترڅ کې ناروغ ته زیان نه شي رسولا ی . نوموړې کړنلارې ته beam hardening ویل کیږي.



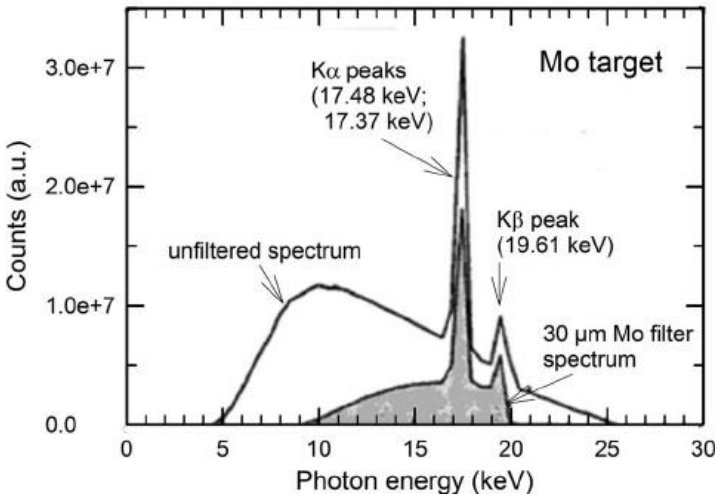
۹- ۵۳ شکل: د اکس بریمزفوتون وړانګومتمادي انرژي طیف اومشخصه انرژي طیف L-shell ; k-shell کښل شوي دي چې دفیلترپه کارولوسره دهغوی دانرژي طیف تغیرکوي . مشخصه انرژي طیف دمتمادي انرژي طیف دپاسه دځوکوروکرښوپه بڼه نیغ په نیغ پروت دي. د اکس تیوب تعجیل کوونکی ولټیج سل کیلوولټ قیمت لري.

دانرژي لومړی (1) متمادي طیف لکه یومستقیم خط دی چې منفي میل لري داځکه چې دتیورې له مخې فرض شوې ده چې دانودپه منځ کې ان ترسطحه پورې نوموړې وړانګې نه جذب کیږي اوټول تولیدشوي فوتونونه بهرخواته راوځي. دانرژي طیف بڼه دیومثلث شکل لري.

دانرژي دویم (2) متمادي طیف هغه مهال منځ ته راځي کله چې په انودبرخه کې دانرژي لومړي متمادي طیف تولیدشوې بریمزفوتون وړانګې د اکس وړانګوتیوب شیشه یې کړکۍ څخه تیرې شي اوټیټ انرژي اکس وړانګې په کړکۍ کې جذب شي .

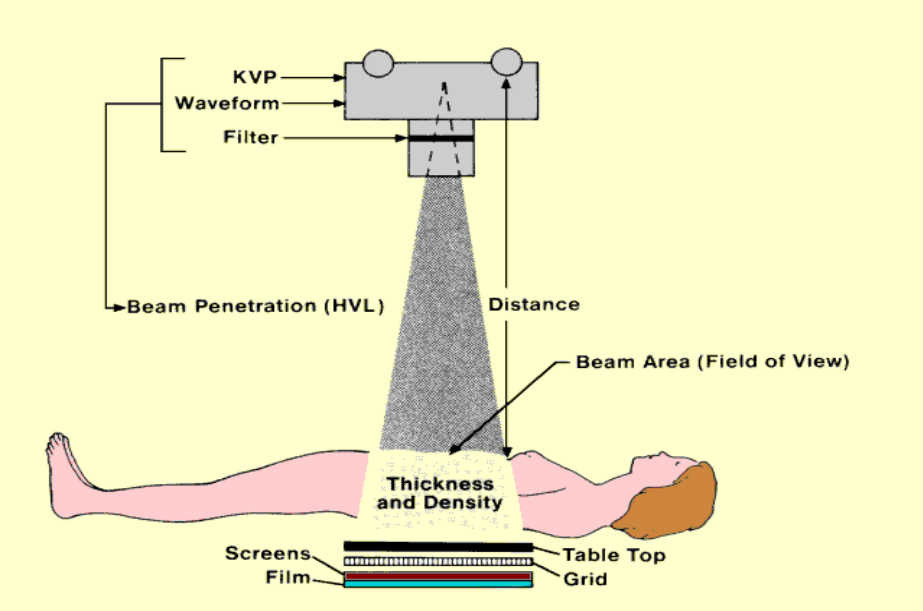
د ببلګې په توګه لکه دL مدارمشخصه اکس وړانګې چې دکړکۍ په مټ فیلترکیږي اوله دې کبله په انرژي طیف کې نه لیدل کیږي . په پایله کې داکس وړانګوشدت کمښت مومې او دانرژي طیف بڼه تغیرکوي.

دانرژي دریيم (3) متمادي طیف هغه مهال منځ ته راځي کله چې ددویم انرژي طیف تولیدشوې اکس فوتون وړانګې په لاره کې دیوه فیلترپه مټ جذب شي اوله دې کبله دانرژي لومړی طیف یوځل بیا تغیرکوي. دپام وړده چې په متمادي طیف کې د اکس بریمزفوتونواعظمي انرژي په خپل حال پاتې کیږي خویوازې دمتمادي طیف په ټیټ انرژي برخه کې داکس وړانګوشدت کمښت مومي اودطیف انرژي لړځه لوړقیمت خواته خوځیږي .



۹- ۵۴ شکل: د اکس وړانګوتیوب انودبرخه کې چې دمولیبدین فلز Molybdenum target څخه جوړه ده دتولیدشوو اکس بریمزفوتون وړانګومتمادي طیف اومشخصه اکس وړانګوطیف کښل شوی دی. په نوموړي شکل کې دانرژي طیف یوځل پرته له فیلتر unfiltered spectrum اوبل ځل دفیلترپه شتون کې لاندې باندې ښوول شوي دي. دفیلترشوي انرژي طیف بڼه تورنګ لري اودفیلترپنډوالی دیرش مایکرومتر 30 Micrometer Mo filter دی. دمولبدین فلز مشخصه وړانګوطیف دوه ډوله انرژي لري چې قیمت یې دالفا څوکې انرژي مساوي ده له : 17 keV اودبیتاڅوکې انرژي قیمت 19,61 keV دی .

دمولیبدېن Mo انرژي طیف بنې څخه مالومیږی چې دفیلترپه مټ ان ترلس کیلوالکترون ولټ انرژي پورې اکس وړانګې دناروغ بدن ته نه شي رسیدلای اوپه فیلترکې جذب کیږي.که چېرته دانرژي طیف دابرخه فیلتر نه شي نو ناروغ ته کید ی شي دوړانګوسټوخاستیک ډوله زیان *stochastic radiation damages* ورسیږي.



۹- ۵۵ شکل : یوناروغ دمیزپه سرپروت دی اوداکس وړانګوتیوب څخه نوموړې وړانګې بهرخواته راوځي اوپه ناروغ باندې لګیږي .

په نوموړي شکل کې د اکس وړانګویوتیوب، فلزي فیلتر اوداکس وړانګوفلم ښوول شوی دی چې دناروغیودتشخیص په موخه ورڅخه ګټه پورته کیږي اود اکس بریمزفوتون وړانګوپه مټ دبدن غږوتصویراخیستل کیږي. کله چې دنوموړي تیوب څخه د اکس بریمزفوتون وړانګې راووځي نوپه لاره کې دیوه فیلتر Filter څخه تیریږي ترڅودمتمادي طیف لاندې ټیټ انرژي برخه جذب شي . داځکه چې نوموړې برخه د اکس وړانګوتصویرلپاره کوم ګټوررول نه لري .ماخذ : Spr (78)

دفلزي فیلترکارول موخه داده چې د اکس فوتون وړانګوانرژي طیف څخه هغه برخه لیري شي چې دټیټ انرژي په ساحه کې شتون لري . داځکه چې ټیټ انرژي اکس فوتون وړانګې کله چې د ناروغ په بدن باندې ولګیږي نوژورنه شي ننوتلای په هغه ځای کې چې ورته اړتیاشته ده بلکې دبدن سطحې ته نږدې برخه کې جذب کیږي اودګټې پرځای ناروغ ته زیان رسوي. بلخوادیتوب لږانرژي وړانګې داکس وړانګوفلم Film ته هم نه رسیږي چې دناروغ شاته شتون لري اودناروغیوتشخیص په موخه ورڅخه ګټه پورته کیږي . دپام وړده چې دفلزي فیلترپه کارولوسره یوخواد اکس فوتون وړانګوانرژي طیف شدت کمښت مومي اوبلخوایې پخوانی موقعیت تغیرکوي.

د اکس وړانګې تیوب ثمره : Efficiency of x ray tube

په ټولیزه توګه د اکس وړانګې تیوب اویاد یوې دستګاه ثمره دا معنی لري چې که په نوموړې دستګاه کې په ټاکلې اندازه بریښنایز انرژي مصرف کړونوپه پایله کې دمصرف شوې انرژي څخه په کومه اندازه وړانګیزه انرژي ترلاسه کیږي چې ورڅخه ګټه پورته کولای شو.

د اکس وړانګې تیوب ثمره دنوموړې دستګاه په انودبرخه کې دتولیدشوو اکس وړانګوقدرت P_{rad} اود اکس وړانګوتیوب ته دبهرخواڅخه ورکړشوی بریښنایز قدرت P_{el} دحاصل تقسیم څخه ترلاسه کیږي.

$$\eta = \frac{P_{\mathrm{rad}}}{\mathrm{P_{el}}} \qquad (9{,}17)$$

د اکس وړانګې تیوب بربښنایز قدرت $Electric\ power = \mathrm{P_{el}}$ دتعجیل کوونکي ولټیج $\mathrm{U_a}$ اود اکس وړانګې دستګاه په بریښنا یز سرکټ circuit کې بهیدونکی بربښنایز جریان I_a دحاصل ضرب څخه ترلاسه کیږي:

$$\mathrm{P_{el}} = \mathrm{U_a}, I_a \qquad (9{,}18)$$

په (9,18) معادله کې د اکس وړانګې تیوب بربښنایز قدرت $\mathrm{P_{el}}$ په واحد واټ watts (W) سره محاسبه کیږي ، دانودولټیج واحد کیلو ولټ kV دی ، اود بربښنایز جریان واحد ملي امپیر mA دی.

د بېلګې په توګه که چېرته د اکس وړانګې تیوب دلوړولټیج قیمت سل کیلوولټ $\mathrm{U_a} = 100\ \mathrm{kV}$ وي اودانود بربښنایز جریان 1 mA یوملي امپیروي نود اکس وړانګو تیوب بربښنایز قدرت $\mathrm{P_{el}}$ مساوي دی له:

$$\mathrm{P_{el}} = \mathrm{U_a}, I_a = 100kV, 1\ mA = 100\ W$$

د اکس وړانګوپه تیوب کې x-Ray tube کولای شوچې دانودanode اوکتود kathode تر منځ دتعجیل کوونکي ولټیج $\mathrm{U_a}$ اود بربښنایز جریان I_a قیمت په ډیرولوسره په انودالکترودکې دتولیدشوو اکس وړانګوشدت Intensity او قدرت زیات کړو. نوموړي کمیت ته د اکس وړانګوتیوب قدرت x-ray tube output power ویل کیږي.

بلخواد اکس وړانګې تیوب په انودبرخه کې دتولیدشوو اکس وړانګووړانګیزقدرت P_{rad} په تقریبي توګه په لاندې ډول ترلاسه کیږي.

$$P_{\mathrm{rad}} \cong\ 2, 10^{-6}\ \mathrm{Z}, \mathrm{U_a}^{2}\ , I_a \qquad (9{,}18)$$

په پایله کې د اکس وړانګې یوه تیوب x-Ray tube ثمره η عبارت دی :

دانودپه الکترود کې دتولیدشوو اکس وړانګووړانګیزقدرت P_{rad} اودنوموړې تیوب بربښنایز قدرت $\mathrm{P_{el}}$ د حاصل تقسیم څخه ترلاسه کړي.

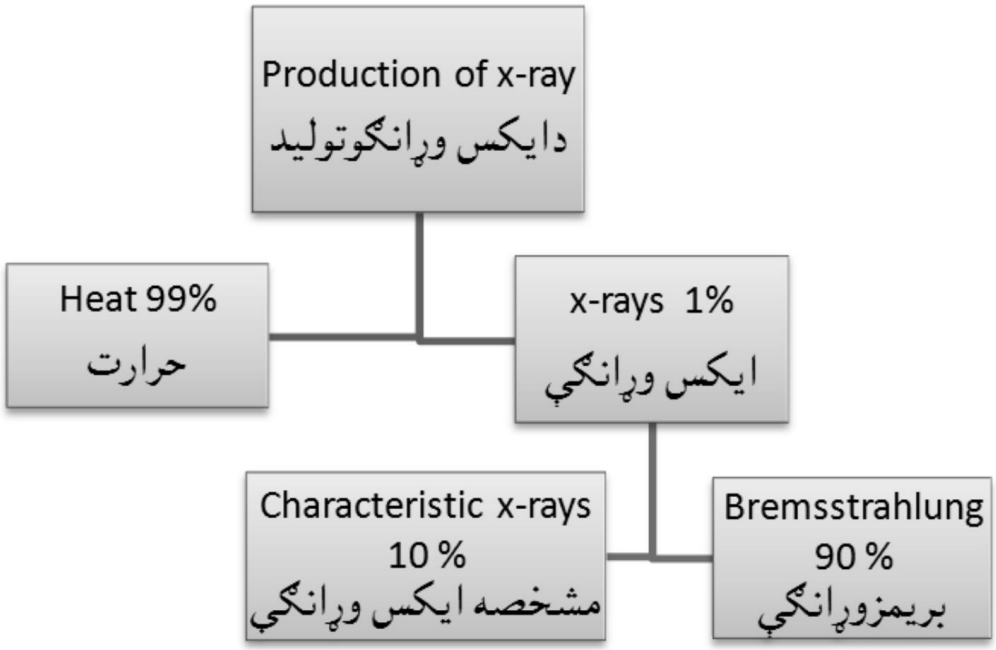
$$\eta = \frac{P_{\mathrm{rad}}}{\mathrm{P_{el}}} = \frac{2, 10^{-6}\ \mathrm{Z}, \mathrm{U_a}^{2}\ , \mathrm{I}}{\mathrm{U_a}, \mathrm{I}} =\ 2, 10^{-6}\ \mathrm{Z}\ , \mathrm{U_a} \qquad (9{,}19)$$

که چېرته دتعجیل کوونکي ولټیج قیمت سل کیلوولټ 100 kV وټاکو، اوداکس وړانګې تیوب دانودبرخه دتنګستن فلزڅخه جوړه وي، چې اتومې شمېر ه یې Z =74 ده، نوکله چې نوموړي قیمتونه په (9,19) معادله کې واچوو ، نود اکس وړانګوتیوب ثمره η ترلاسه کیږي.

$$\eta = 2.10^{-6}\ .74.100\ \mathrm{kV} = 0{,}74\% \qquad (9.20)$$

د(9,20) څخه مالوميږي چې که د اکس وړانګوتيوب تعجيل کوونکی ولټيج سل کيلوولټ قيمت ولري نودتنګستن فلزپه انودبرخه کې د اکس وړانګوتيوب برېښنايز قدرت لږځه يوسلنه برخه 0.74% په اکس فوتون وړانګو اوړي اوورځخه ګټه پورته کولای شوخوپاتې نهه نوي سلنې 99% برخې څخه ګټه نه شوپورته کولای داځکه چې نهه نوي سلنه برخه په حرارت اوړي. نوموړې فزيکي کړنلاره په لاندې ګراف کې يوځل بياکښل شوې ده.

دپام وړده چې دنوموړې کړنلارې اغيزمنتوب دومره ګټورنه ښکاري داځکه چې دکتودالکترون نهه نوي سلنه برخه حرکي انرژي په حرارتي انرژي باندې اوړي او ددومره ډيرحرارت توليد يوخوا خوراډيرتخنيکي مشکلات را منځ ته کوي اوبلخوا دانودبرخه په لنډ وخت کې تخريب کيږي.



۹- ٥٦ شکل: د اکس وړانګوتيوب په انودبرخه کې د اکس وړانګو توليداغيزمنتوب ښوول شوی دی چې يوسلنه برخه يې 1% x-rays اکس فوتون وړانګې اوپاتې نهه نوي سلنه برخه يې حرارت 99% Heat تشکيلوي. همدارنګه دتوليدشوواکس وړانګونوي سلنه برخه بريمزفوتون وړانګې اولس سلنه برخه مشخصه اکس وړانګې تشکيلوي .

په طبابت کې د اکس وړانګوګټوراستعمال :

هغه اکس وړانګې چې په تخنيکي توګه د اکس وړانګوپه يوه تيوب کې توليدکيږي اودناروغيوددرملني په موخه ورځخه ګټه پورته کيږي د کلينيکي اکس وړانګوپه نوم يادېږي . دکلينيکي اکس وړانګوانرژي دلس کيلوالکترون ولټ 10 keV څخه ان ترپينځوس ميګاالکترون ولټ 50 MV پورې رسيږي.

نن ورځ په تخنيکي ترڅو د اکس وړانګوتوپيرلرونکې دستګاوې جوړې شوې دي چې د اکس وړانګوانرژي يې توپيرلري .د بېلګې په توګه د اکس وړانګو هغه ډول تيوب چې دناروغيوپه تشخيص کې کارول کيږي د اکس وړانګوانرژي يې دشل کيلوالکترون ولټ څخه ان تريوسلوپينځوس کيلوالکترون ولټ (20-150 keV) پورې رسيږي .

خود اکس وړانګې هغه ډول تيوب چې دپوستکي سرطان اويا‌په بدن کې دالتهاب ناروغۍ ددرملنې لپاره کارول کيږي د اکس وړانګوانرژي يې ان ترځلورسوه کيلوالکترون ولټ پورې رسيږي.

بلخوادناروغيود پېژندنې اودرملنې په موخه دبدن هرې برخې لپاره د اکس وړانګوانرژي په توپيرسره ټاکل کيږي. د بېلګې په توګه هغه غړي چې په بدن کې ژورپراته وي اوهډوکي هم پکې شتون ولري نودناروغيود پېژندنې په موخه دلوړانرژي اکس وړانګوڅخه ګټه پورته کيږي اوقيمت يې دځلويښت کيلوالکترون ولټ څخه ان تريوسلوشل کيلوالکترون ولټ - 40 120 keV پورې رسيږي.

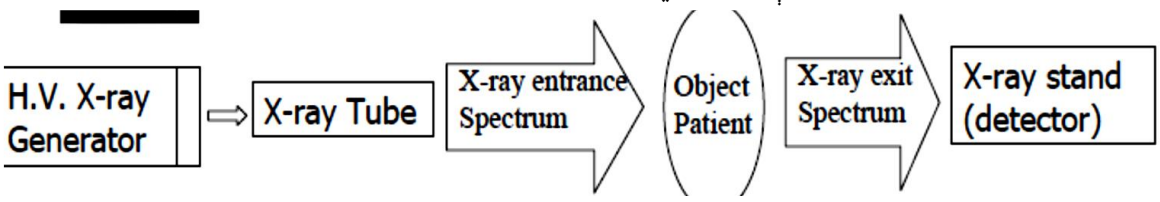
دپام وړ:

هغه اکس وړانګې چې په يوه تيوب کې توليدکيږي په واحدکيلوولټ 1 kV ښوول کيږي .خوکله چې يوالکترون ديوه کيلوولټ ولټيج په مټ تعجيل ومومي نوانرژي يې يوکيلوالکترون ولټ 1keV ده.

په ۹- ۱ جدول کې دانرژي په تړاودرونتګن (اکس) وړانګوډلبندې نومول شوې ده.

په طبابت کې درونتګن (اکس) وړانګواستعمال	انرژي [keV]	درونتګن (اکس) وړانګوډول
په کريستالوګرافي کې دجامدجسم داټومونودتنظيم او دجوړښت پېژندنه	5–20	ډېرې نرمې وړانګې
په ماموګرافي کې د سينې ناروغۍ تشخيص کول	20–62	نرمې اکس وړانګې
سي ټي سکين scann CT په بدن کې دناروغيوتشخيص کول	62–124	منځنۍ سختې اکس وړانګې
دبدن سطحي تومورونوtumors درملنه لکه د پوستکي تومورونه	124-248	سختې اکس وړانګې
په بدن کې دهغو تومورونودرملنه چې څوسانتي مټره ژور موقعيت ولري	> 248	ډېرې سختې وړانګې

۹ - ۱ جدول : د اکس بريمز فوتون وړانګوانرژي په واحد کيلوالکترون ولټ keV اودهغوی طبي استعمال ښوول شوی دی. نوموړې وړانګې د اکس وړانګوپه توپيرلونکو دستګاووکې توليدکيږي.



۹- ۵۷ شکل: د اکس وړانګو تخنيکي توليداوپه طبابت کې دکارکولوکړنلاره ديوه دياګرام په بڼه کښل شوې ده.

۱- په يوه لوړولټيج جنراتور آله کې تعجيل کوونکی ولټيج توليدکيږي چې دکتودځخه ازادشووالکترونوته دانودخواته تعجيل ورکوي.
۲- د اکس وړانگوتيوب په انودبرخه کې بريمزفوتون وړانگې توليدکيږي اوپه ناروغ باندې لگيږي .
۳- کله چې توليدشوې بريمزفوتون وړانگې دناروغ بدن څخه تيرې شي نوورپسې د اکس وړانگوپه يوه فيلم باندې لگيږي اوپه پايله کې دبدن غړوتصوير منځ ته راځي.

دپام وړ:

هغه ډول اکس وړانگې چې انرژي يې دپينځه لس الکترون ولټ 15 eV څخه پورته وي او دژوندیوارگانيزموپه اټومونوباندې ولگيږي نوپه پايله کې د آيونايز يشن ionization فزيکي کړنلاره منځ ته راځي اودنسج حجرې تخريب کوي. همدالامل دی چې که څه هم يوخواد اکس فوتون وړانگې دناروغيو په تشخيص اودرملنه کې گټوراستعمال لري خوبلخوا د آيونايز يشن فزيکي کړنلارې په اساس بدن ته زيان هم رسوي او کېدای شي چې دسرطان ناروغی راوپاروي.

د ببلگې په توگه که چېرته ديوه شخص ټول بدن ته په لنډوخت کې اوپه لوړه کچه لکه ديرش سيورت 30 Sievert اويازيات انرژي ډوزپه يوه وارسره ورسيږي نوددوواويادريوورځوپه موده کې مړکيږي. خوکه چېرته په ټيټه اندازه رونتگن وړانگې لکه څوملي سيورت mSv ټول بدن ته ورسيږي نو کېدای شي چې په راتلونکې وخت کې دسرطان په ناروغی اخته شي. دسرطاني ناروغيوددرملنې کړنلاره اوچلنلاره په دې اساس ټاکل کيږي چې گټه يوتومور Tumor دبدن پوستکې ته نږدي پروت دی اوکه داچې دپوستکې څخه ډيرليږي په بدن کې ژورپروت دی .
په پايله کې په بدن کې دتوموردموقعيت سره برابر د اکس فوتون وړانگو انرژي اودول ټاکل کيږي. د ببلگې په توگه که چېرته يوتوموردبدن پوستکي ته نږدې ديوسانتې مترڅخه ترڅلورسانتې پورې ژور پروت وي نوددرملنې لپاره د کيلوالکترون ولټ keV اکس وړانگو انرژي څخه گټه پورته کيږي .

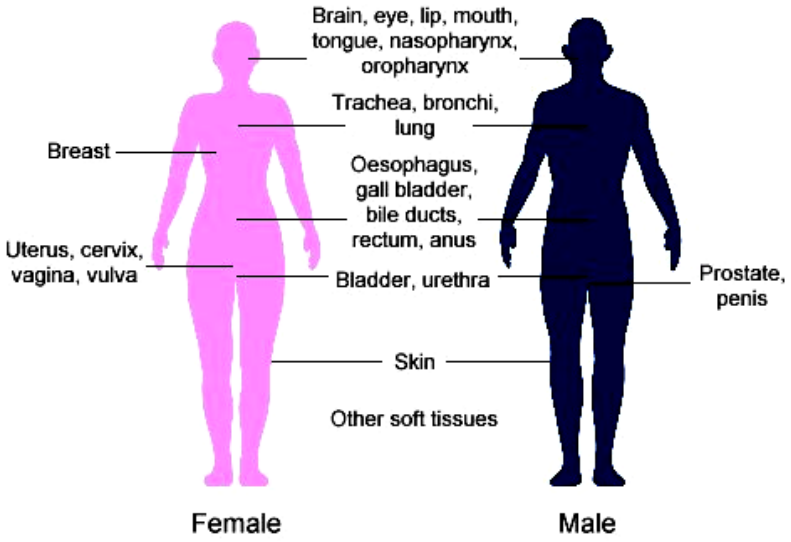
خوکه چېرته يوتوموردبدن پوستکې څخه ليږي يعنې په بدن کې دڅلوروسانتې متروڅخه لانورهم ژورپروت وي نوددرملنې لپاره دميگاالکترون ولټ (MeV) اکس فوتون وړانگو انرژي څخه گټه پورته کيږي . بلخوا نن ورځ دسطحي تومورونولپاره په ټوليزه توگه دالکترون وړانگو څخه گټه پورته کيږي چې انرژي يې ان شپږميگاالکترون ولټ ته رسيږي اوپه خطي تعجيل کوونکي ماشين کې توليدکيږي. همدالامل دی چې ديوه ناروغ په بدن کې دتوموردموقعيت اودتوموردول سره برابر ددرملنې دوه ډوله کړنلارې شتون لري.

لومړی : دلنډواټن وړانگيزه درملنه : Brachytherapy

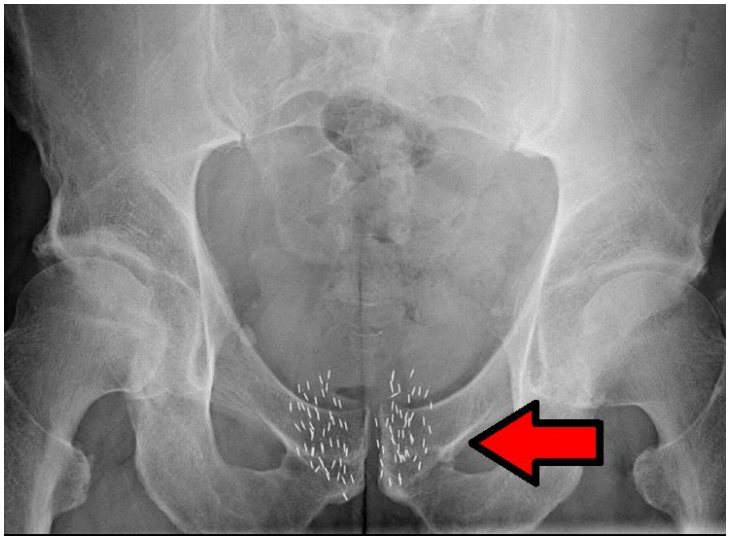
دلنډواټن وړانگيزه درملنه يودول ځانگړې درملنه ده چې راډيواکټيف ايزوټوپونه لکه ايودين iodine-125 ، ايريديم ^{192}Ir دسرطان په ناروغی اخته غړي په منځ برخه کې دڅودقيقو لپاره کيښوول کيږي . هرکله چې دسرطان په ناروغی اخته غړي ته دوخت په تيريدوسره په ټاکلی مقدارانرژي ډوز Energ Dosis ورسږي نو وروسته له هغې راډيواکټيف ايزوټوپ داړونده غړي منځ څخه بهرته بهرته ايستل کيږي. همدالامل دی چې نوموړې ډول وړانگيزه درملنه دلنډواټن درملنې په نوم يادږي.
دلنډواټن درملنې لپاره ځانگړي ايزوټوپونه کارول کيږي چې دراډيواکتيف تجزيې په ترڅ کې داټوم هستې څخه دگاماوړانگې خپريږي .دلنډواټن درملنې په موخه راډيواکټيف ايودين ايزوټوپ Iodine-125 ، راډيواکټيف ايريديم ايزوټوپ Iriudium 199 اويا کوبالټ شپيته Co-60 ايزوټوپ دسرطان په ناروغی اخته غړو لکه دسينې سرطان ،درحم سرطان اويا پروستاټ غدي سرطان په دننه برخه کې کيښول کيږي.
دلنډواټن درملنه کېدای شي چې دعملياتودرملنې اويادليږي واټن Teletherapy درملنې اويا دکيمياوي درملنې سره يوځای په څنگ کې ترسره شي. دلنډواټن درملنې گټه په دې کې ده چې سالموشاوخواغړوته بيخي لږ آيونايزوونکې گاما وړانگې رسيږي

اودوړانګودخطرځخه خوندي ساتل کيږي. په داسې حال کې چې دسرطان په ناروغۍ اخته غړي ته په لوړه کچه انرژي ډوزرسيږي اود منځه ځي .

هغه ماشين يادستګاه چې دلنډواټن درملنې لپاره کارول کيږي د afterloading په نوم يادږي اودانرژي ډوز قدرت يې دولس ګرې په يوه ساعت 12 Gy/h کې دی .



۹- ۵۹ شکل : دبدن هغه غړي چې دسرطان په ناروغۍ اخته وي اودلنډواټن درملنې په مرسته ترسره کيږي . په نومورې شکل کې ښې خواته دنارينه غړي اوکيڼ خواته دښځينه غړي ښوول شوې دي . لکه درحم غاړه ، پروسټاټ ،پوستکی ،سينه اونور.....



۹- ۵۸ شکل: دپروستات prostate غدې لنډواټن Brachytherapy درملنه کښل شوې ده چې دنومورې غدې په منځ کې راډيواکټيف ايودين Iodine-125 ايزوټوپ ګڼ شمېر کوچنۍ سرچينې ليدل کيږي . ددرملنې په موخه دراډيواکټيف کوبالټ Co-60 ايزوټوپ څخه هم ګټه پورته کيږي. نومورې ايزوټوپونه دتخم يا غونډاري په شان Seeds بڼه لري اوديوه وکټورپه څوکه ښوول شوي دي. دايودين راډيواکتيف ايزوټوپ داکټيويتي نيمايي وخت شپيته ورځې دی . په دې معنی چې دشپيته ورځې څخه وروسته دخپل لومړنې راډيواکټيفيتي په پرتله نيمايي راډيواکټيفيتي دلاسه ورکوي. ماخذ : (89 wiki)

د ښلګې په توګه دمهبل سرطان Vaginal Cancer ددرملنې په موخه په لومړي ګام کې دبهرخواځخه دخطي تعجيل کوونکي ماشين Linear Accelerator په مټ لړځه ځلورپينځوس ګرې 50,4 Gy انرژي ډوزدناروغ مهبل ته ورکول کيږي . ورپسې په دويم ګام کې دلنډواټن دستګاه afterloading په مټ اتلس ګرې 18 Gy انرژي ډوز دناروغ مهبل ته ورکول کيږي. دنومورو دواړودرملنې په پايله کې دناروغ مهبل سرطان ته په ټوليزه توګه لړځه اته شپيته ګرې 68,4 Gy انرژي ډوز رسيږي. داسې اټکل کيږي چې 68,4 Gy انرژي ډوزکفايت کوي چې دمهبل سرطان حجرې په بشپړډول د منځه يوسي. دياډولووړده چې دلنډواټن درملنه په دريوبرخو fraction ويشل کيږي چې هره برخه يې شپږ ګرې 6 Gy انرژي ډوزلري. په هره اونۍ کې دناروغ مهبل سرطان ته يوه برخه يعنې شپږګرې 6 Gy انرژي ډوزورکول کيږي . دلنډواټن درملنه درې اونۍ دوام کوې او په هره اونۍ کې شپږ ګرې 6 Gy انرژي ډوزدناروغ مهبل سرطان ته ورکول کيږي.

دويم : دليږې واټن وړانګيزه درملنه : Teleradiotherapy

دليږې واټن درملنه Teletherapy هغه ډول درملنه ده چې راډيواکټيف سرچينه دناروغ بدن څخه بهرخواکې قرارلري اوواټن يې دلس سانتي مترځخه ان تريوه متره پورې رسيږي. د ښلګې په توګه لکه د اکس وړانګوتيوب اوياخطي تعجيل کوونکی هغه طبي آلات دي چې دليږې واټن څخه دسرطان په ناروغۍ اخته غړي ته دفوتون اکس وړانګې ورکول کيږي.

که چېرته د آيونايز وونکووړانګوسرچينه ديوه تومور Tumor ددررملنې په موخه دبدن څخه بهرموقعيت ولري نودليږي واټن وړانګيزې درملنې Teleradiotherapy په نوم يادیږي . په بله معنی درونتګن دستګاه دوړانګو سرچينه دتومورسره سم سيخ تماس نه لري بلکې دلس سانتې متره څخه آن ترسل سانتې متره (10 cm - 100 cm) پورې ليږې فاصله لري. دليږې واټن وړانګيزه درملنه دسرطاني ناروغيو ددرملنې يوډول ځانګړې کړنلاره ده چې دبدن يوخبيث Malignant اوياسليم benign تومورته دليږې واټن څخه رونتګن وړانګې اويافوتون وړانګې اويااالکترون وړانګې ورکول کيږي.

د ښلګې په توګه لکه طبي خطي تعجيل کوونکی Medical linear accelerator ،درونتګن وړانګودستګاه اودکوبالټ شپيته دستګاه اونور.

دليږې واټن درملنه دهرډول تومورد منځه وړلوپه موخه کارول کيږي. په نوموړې درملنه کې درونتګن وړانګو،فوتون وړانګو ،ايونو وړانګو ions radiation ، نيوترون وړانګو اوالکترون وړانګوځخه ګټه پورته کيږي .دليږې واټن درملنې لپاره توپيرلرونکي اکس وړانګوتيوبونه شتون لري چې دانرژي په تړاو توپيرلرونکي اکس فوتون وړانګې توليدکوي.

د ښلګې په توګه دلس کيلوولټ څخه ان ترځلورسوه کيلوولټ پورې (10 kv - 400 kV) اکس فوتون وړانګې توليدکولای شي. که يوتوموردبدن پوستکې ته ورنږدي ځوملي مترژورموقعيت ولري نود اکس وړانګوهغه ډول تيوب څخه ګټه پورته کيږي چې دلس څخه ترشل کيلوولټ پورې ولټيج (10-20 kV) ولري. که يوتومور يوسانتي مترژوردپوستکي لاندې موقعيت ولري نوديوې داسې اکس وړانګوتيوب څخه ګټه پورته کيږي چې دولټيج قيمت يې دلس کيلوولټ څخه ان ترشپيته کيلوولټ پورې رسيږي. په بله معنی دپوستکې لاندې دتومورموقعيت سره په تړاوکې مطابق د اکس وړانګوتيوب ولټيج ټاکل کيږي . داځکه چې دا ډيراړين ده چې په بدن کې دتومورموقعيت څخه لاندې ژور پراته Located سالم نسجونوته اکس فوتون وړانګې وه نه رسيږي اودوړانګودخطرځخه خوندي وساتل شي. همدالامل دی چې دکيلوولټيج په تړاو توپيرلرونکي اکس وړانګودستګاه کارول کيږي اودتومورموقعيت سره سم دټاکلي ولټيج په مټ درملنه ترسره کيږي.

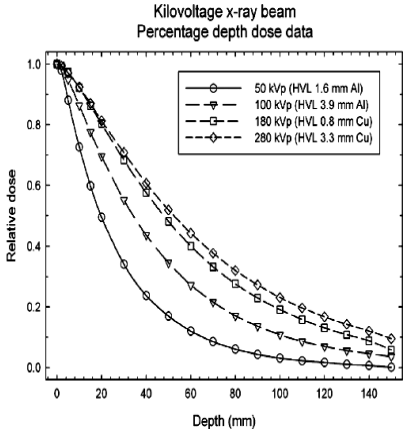
دتماس وړانګيزه درملنه Contact therapy

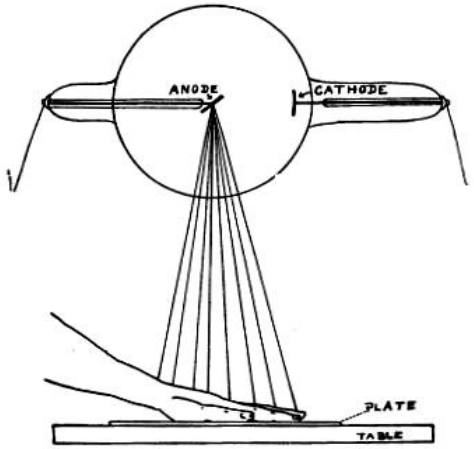
دتماس وړانګيزه درملنه يوډول درملنه ده چې دپوستکې تومورونوته اکس وړانګې ورکول کيږی . په نوموړې درملنه کې د اکس وړانګوسرچينه دبدن په پوستکې کې د تومور Tumor ناروغۍ سره سم سيخ تماس لري اوياداچې يونيم سانتې متره ترپينځه سانتې ليرې واټن لري SSD = 1.5 - 5 cm او دپوستکې سطحې لاندې لږځه درې ملي متره ژور Deep تومورونو Tumors ته اکس وړانګې ورکول کيږي . په کلاسيکي تماس ډوله درملنه کې دپوستکې تومورونودرملنې په موخه دريديم ايزوټوپ ^{223}Radium څخه ګټه پورته کيدله . که چېرته دريديم ايزوټوپ ^{223}Radium دمهبل سرطان ناروغۍ اويا دخوړومری esophagus تومورونو ددرملنې لپاره چې دبدن په يوه تشياکې موقعيت ولري ، وکارول شي نوداډول درملنه دداخل حفره intracavity درملنې په نوم يادېږي . دياډولووړده چې دريديم ايزوټوپ الفاوړانګې خپروي اوواټن يې ډيرلنډدی . خواوسمهال دريدم ^{223}Radium څخه ګټه نه پورته کيږي ځکه ډيرزهرجن عنصردی اودتنفس له لارې بدن ته ننوځي . نن ورځ دپوستکې تومورونولپاره 106Ru (Ruthenium او 90Sr (Strontium څخه ګټه پورته کيږی . په نوموړې درملنه کې د اکس وړانګوتيوب ولټيج دلس کيلوولټ څخه ان ترشپيته کيلوولټ (10 - 60 kV) پورې رسيږي. دتماس درملنه ځکه يادېږي چې پخواتردې دمه دپوستکې سرطان درملنه او دمقعدسرطان درملنه Anal Carcinoma دراډيواکټيف راډيم ايزوټوپ Ra -226 په مټ چې الفاهستوي وړانګې خپروي ترسره کيدله . راډيواکټيف راډيم ايزوټوپ تجزيه کيږي او په رادون Radon ګازباندې اوړي .

سطحي وړانګيزه درملنه : Superficial radiotherapy

سطحې وړانګيزه درمنله يوډول درملنه ده چې د اکس وړانګوسرچينه دبدن پوستکې څخه ان پنځه لس سانتې متره SSD = 15 cm ليرې واټن لري او دپوستکې هغوتومورونوته وړانګې ورکول کيږي چې د پنځه ملې مترڅخه ان تر دوه سانتې مترپورې دبدن پوستکې څخه لاندې ژورموقعيت ولري دبلګې په توګه لکه دپوستکې لمفوم Lymphome ، دپوستکې سرطان لکه melanoma ، دسترګې تومورونه، اويادبدن سطحي تومورونوته نرمې رونتګن وړانګې اويادالکترون وړانګې ورکول کيږي. دنوموړې درملنې ګټوراستعمال په دې کې دی چې هغه څوک چې دشکرناروغۍ ولري اوکه چېرته دعملياتوله لارې دپوستکې سرطان ليږې شي نودزخم ښېرته جوړيدلووخت ډيردوام کوي. بلخوادالتهاب خطرهم زيات اټکل کيږي. خود سطحې وړانګيزې درملنې په مټ نوموړې مشکلات منځ ته نه راځي اوپرته له خندې اوځندې ناروغ بيرتا جوړتياترلاسه کوي.

په ۹- ٦۰ شکل کې درونتګن اکس وړانګويوه ساده دستګاه ښوول شوې ده چې دسطحي تومورونوددرملنې په موخه کارول کيږي. په پيل کې دکتود cathodاوانود anode الکترودونو Electrodes تر منځ الکترونو electrons ته پينځوس کيلو ولټ څخه آن تراتيا کيلو ولټ پورې (50 - 150 kV) تعجيل ورکول کيږی. ورپسې الکترونونه سم سيخ په انودالکترود(+) باندې لګيږي اوهلته خپله حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوپه رونتګن اکس وړانګوباندې اوړي .په پايله کې درونتګن اکس وړانګې د انودالکترود(+) څخه راوځی اوسم سيخ دلاس په ګوتوباندې لګيږي .





۹- ٦۰ شکل: په ښي خواشکل کې درونتګن اکس وړانګو دستګاه تخنيکي ښه کښل شوې ده چې دلا س ګوتوته درونتګن وړانګې ورکول کيږي. په کين خواشکل کې په انساجو tissues کې درونتګن اکس وړانګودانرژي ډوزويش Energy dose نسبي کمښت دژورتياواټن په تابع سره ښوول شوی دی .

په ۹- ٦۰ شکل کې ښوول شوې ده چې کله چې دناروغ بدن ته درونتګن اکس وړانګې ورننوځي نودبدن په سطحه باندې دانرژي ډوزاعظمي قيمت لري. خوهرځومره چې نوموړې وړانګې په بدن کې ژورننوځي دانرژي شدت يې د اکس پوتنشل تابع په ډول کمښت مومي. په نوموړي شکل کې دتوپيرلرونکوانرژي (50 kV- 280 kV) دفوتون انرژي شدت نسبي کمښت دبدن نسج ژورتيا Depth په تابع سره کښل شوی دی.

دښلګې په توګه دپورتني شکل داکس وړانګودشدت نسبي کمښت څخه مالوميږي چې د پوستکې څخه تر يو نيم سانتې متر ژوروالي پورې دپينځوس کيلوولټ 50 kV رونتګن اکس وړانګوانرژي ډوزنسبي کمښت اتيا سلنه 80% دی اوله دې کبله دهغو سطحي سرطانونو درملنه په اغيزمنه توګه کېدای شي چې دپوستکې څخه دلاندې تر يو نيم سانتي متره پورې ژورپراته وي .

دسطحي وړانګيزې درملنې يوه بله بېلګه داده چې د موربس ډيپريترين Morbus Dupuytren دلاس ګوتويوډول سليمه ناروغۍ ده چې دټرون انساج Fibromatose ډيرښت مومي اوپه پايله کې وړې tendon لنډې کيږي . ددرملنې په موخه درونتګن اکس وړانګې ورکول کيږي چې په ټوليزه توګه دانرژي ډوز ديرش ګرې 30 Grey ته رسيږي. نوموړي انرژي ډوزپه دوه برخوکې ورکول کيږي . لومړی ځل پنځه لس ګرې انرژي ډوز 15 Grey اوهره ورځ درې ګرې 3 Grey انرژي ډوز دلاس ګوتوته ورکول کيږي . اوبياځه موده وروسته پنځه لس ګرې 15 Grey پاتې انرژي ډوزدلاس ګوتوته ورکول کيږي. نوموړې ناروغۍ يوډول سليمه ناروغۍ ده چې دلاس ګوتې دکف دست خواته palmar کږي وړي کيږي اوناروغ خپلوناروغوګوتوته سم سيخ حرکت نه شي ورکولای . په پايله کې دلاس ګوتې کږي وړې پاتې کيږي او درداوالتهاب منځ ته راځي.

په ۹- ٦۱ شکل کې د موربس ډيپريترين Morbus Dupuytren وړانګيزې درملنې عملي کړنلاره کښل شوې ده.



۹- ٦١ شکل: د موربس ډپپريترين Morbus Dupuytren سليمې ناروغۍ تخنيکي کړنلاره ښوول شوې ده چې درملنه يې درونتګن وړانګو يوسلوشل کيلوولټ انرژي (120 kV) په مټ ترسره کيږي .



۹- ٦٢ شکل : موربس ډپپريترين Morbus Dupuytren دلاس ګوتويوډول سليمه ناروغۍ ده چې په 1832 ز کال کې ديوه فرانسوي جراح له خوا و پېژندل شوه اودهغه په افتخارونومول شوه . دنوموړې ناروغۍ درملنه درونتګن وړانګو اويادعملياتوپه مټ ترسره کيږي .

ما خذ : © Science Photo Library / Agentur Focus

دپام وړده چې دپوستکي سرطاني ناروغيودرملنه داکس وړانګوپرځای دالکترون وړانګوپه مټ هم ترسره کيږی. دالکترون وړانګوانرژي دشپږمېګا الکترون ولټ څخه آن تر يوويشت مېګا الکترون ولټ (6 MeV-21MeV) پورې ټاکل کيږي. دالکترون وړانګوبرتري دفوتون وړانګوپه پرتله داده چې دپوستکې تومورلاندې سليم نسجونوته زيان نه رسوي . داځکه چې په بدن کې دالکترون انرژي ډوزويش د څوسانتي متر ژورتياځخه ترلاندې برخه کې سمدلاسه صفرکيږي. په داسې حال کې چې دفوتون وړانګې په بدن کې ډيرې ژورې مخ په وړاندې ځي اوټول ټال نه جذب کيږي. په پايله کې سليمې حجروته هم زيان رسوي.

همدالامل دی چې که چېرته يوتوموردپوستکې لاندې ديوځخه تريونيم سانتي متره پورې ژورپروت وي نودرملنه يې دالکترون وړانګوپه مټ ترسره کيږی چې انرژي يې د لسوځخه ترپينځه لسوميګاالکترون ولټ 10–15 MeV پورې رسيږي .

بلخواکه چېرته دپوستکې لاندې يوسليم تومور اويادردلرونکی التهاب موجودوي،نودرملنه يې درونتګن وړانګوپه مټ ترسره کيږي چې د وړانګوانرژي يې ددوه سوه کيلوالکترون ولټ څخه آن تر پينځه سوه الکترون ولټ 200–500 keV پورې رسيږي. نوموړې درملنه د Orthovoltage x-rays په نوم يادیږي.

د بېلګې په توګه لکه دملاشمزۍ درد، آرنج تينس بازان Tennis elbow ، وتر أخيل Tendo calcaneus دښنګروهډوکو التهاب، دمړوندونو اوټيټکيوياني زانو knee بندونوالتهاب اونور.

دويم : ژوره وړانګيزه درملنه : Deep - Radiotherapy

ژوره وړانګيزه درملنه يوډول درملنه ده چې د اکس وړانګوسرچينه دبدن پوستکې څخه ان شل سانتې متره SSD = 20 cm ليرې واټن لري او دپوستکې هغوتومورونوته وړانګې ورکول کيږي چې په بدن کې ددوه سانتې مترڅخه آن تر درې سانتي مترپورې لاندې ژورموقعيت ولري . نوموړې درملنې ته اورتوورلټيج تراپي Orthovoltage X-ray -Therapy هم ويل کيږي.

په ژوره وړانګيزه درملنه کې د اکس وړانګوتيوب ولټيج ديوسلوپينځوس څخه آن تر پنځه سوه کيلوولټ پورې رسيږي.

دبدن پوستکې لاندې ژورپراته وي نوددرملنې په موخه دمېګا ولټيج دستګاو Megavoltage X-rays څخه ګټه پورته کيږي .

د ښېلګې په توګه ،که چېرته يوتوموردپينځه سانتې متره څخه زيات دپوستکې لاندې ژورپروت وي ،نو دفوتون وړانګوانرژي دشپږميګا ولټ څخه آن ترپينځه لس ميګا ولټ 6MV-15MV پورې ټاکل کيږي. په همدې اساس د پروستاټ سرطان ناروغي prostate cancer ،دسږي سرطان ،دمغزوسرطان اودرحم سرطان ددرملنې لپاره دشپږ 6MV څخه تر پنځه لس 15MV ميګا ولټ فوتون وړانګې ورکول کيږي. دنوموړې موخې لپاره دخطي تعجيل کوونکي څخه ګټه پورته کيږي.



شپږمه برخه

لسم څپرکی

ابتدايي خطي تعجيل کوونکی ماشين

(Elementary Linear Accelerator machine)

سريزه :

په دې څپرکې کې دخطي تعجيل کوونکي ماشين په ابتدايي جوړښت اونوښت باندې رڼاڅول شوې ده. دنوموړې موخې لپاره دکلاسيک اکس وړانګو تيوب **X-Ray Tube** جوښت ته ګام په ګام تغيرورکول کيږي. بلخوا الکترونوته د انودمثبت الکترود(+) **anode** او دکتودمنفي الکترود **Cathode** ترمنځ دمستقيم ولټيج پرځای دمتاوب ولټيج په مټ تعجيل ورکول کيږي. همدارنګه په نوموړي څپرکې کې ديوالکترون ولټ **1 eV**،يوکيلوالکترون ولټ **1 keV** اوځلورميګاالکترون ولټ **4 MeV** تعجيل کوونکي ماشين بربښنايزسرکټونه پرلپسې تر څېړنې لاندې نيول شوي دي. که څه هم نوموړې کړنلاره لږڅه په تفصيل سره ليکل شوې ده ،خوزما په آنددعامې پوهاوی په خاطر ډيره اړين ده.

دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه لږترلږه شپږميګا ولټ فوتون انرژي 6 MV وړانګې اوالکترون انرژي وړانګې ته اړتياشته ده.

په داسې حال کې چې د اکس وړانګو x-Ray په دستګاه کې دتوليدشوو اکس وړانګو اعظمي انرژي دپينځه سوه کيلوالکترون ولټ 500 keV څخه نه اوړي.

همدالامل دی چې نن ورځ د اکس وړانګودستګاوو پرځای خطي تعجيل کوونکي Linear Accelerator ماشينونو څخه ګټه پورته کيږی . که څه هم په تخنيکي تړاو د اکس وړانګوتيوب اودخطي تعجيل کوونکي ترمنځ دومره ډيرتوپيرنه شته، خودلوړانرژي دتوليدپه موخه په خطي تعجيل کوونکې کې د بل ډول ټکنالوژي څخه ګټه پورته کيږي.

د راډيو تراپي خطي تعجيل کوونکي ماشين ګټوراستعمال داکس وړانګوتيوب په پرتله دادی چې دفوتون وړانګواوالکترون وړانګو ميګاالترون ولټ توپيرلرونکې انرژي توليدکوي.

د ښېلګې په توګه ،په اوسنيو طبي تعجيل کوونکو دستګاوو کې دتوليد شووالکترونوانرژي شپږميګاالکترون ولټ 6 MeV ، نهه ميګاالکترون ولټ 9 MeV ، دولس ميګا الکترون ولټ 12 MeV ،شپاړس ميګا الکترون ولټ 16 MeV اودوه ويشت ميګا الکترون ولټ 22 MeV قيمت لری .

همدارنګه دلوړانرژي فوتون وړانګې چې دخطي تعجيل کوونکي په مټ توليدکيږي ،انرژي يې دشپږميګاولټ 6 MV څخه آن تر اتلس مېګا ولټ 18 MV پورې رسيږي.

هرڅومره چې په بدن کې دسرطاني ناروغيو نسجونه ژورپراته وي په همغه اندازه لوړانرژي فوتون وړانګې ناروغ ته ورکول کيږي .

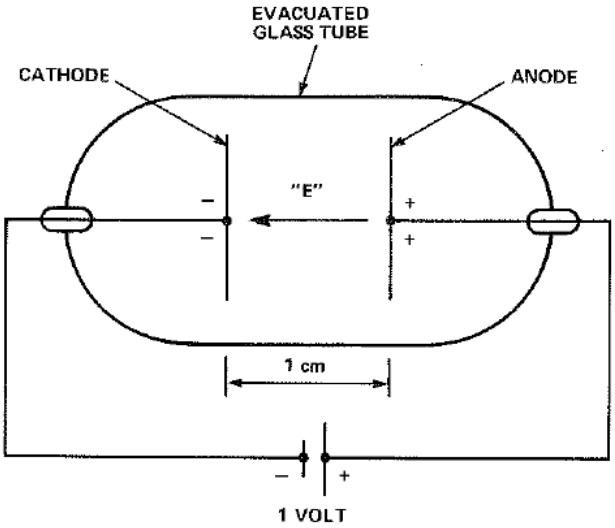
• ديوالکترون ولټ تعجيل کوونکی ماشين :

په ۱۰-۱ شکل کې د اکس وړانګو تيوب ډوله اوساده تعجيل کوونکي ماشين جوړښت ښوول شوی دی چې ديوه خاذن لرونکي برښنايز سرکټ circuit سره کټ مټ ورته والی لري. ديوالکترون ولټ تعجيل کوونکي اکس وړانګو ماشين دهواڅخه تش تړلی شيشه يې لوښی دی چې ددوو مخامخ فلزي لوحواودولټيج يوې سرچينې څخه جوړدی . يوه فلزي لوحه دباټري battery په مثبت

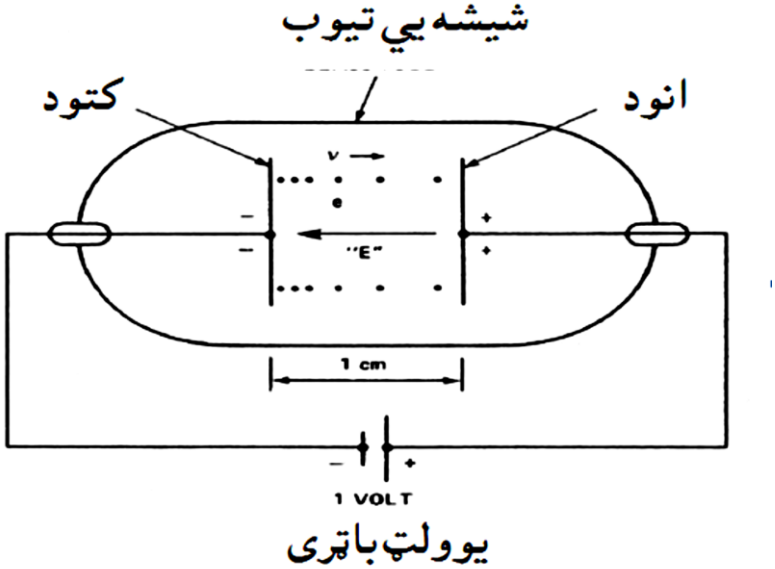
قطب ترڅې ده اودانودanode په نوم يادېږی اوبله فلزي لوحه دباټري په منفي قطب باندې ترڅې ده او دکتودcathode په نوم يادېږی .

په نوموړي ساده تعجيل کوونکي ماشين کې ددواړوفلزي لوحوترمنځ فاصله يوسانتي متر d = 1cm اودباټري ولټيج يوولټ U = 1V ټاکل شوی دی.په پيل کې دتيوب باټری متمادي ولټيج هڅه کوي چې مثبت چارجونه په انودالکترود(+) anode اومنفي چارجونه په دکتود Cathode باندې ځای پرځای کړي .

دمثبت اومنفي چارجونودبېلتون وېش د انودالکترود(+) anode اوکتودالکترودترمنځ يوه برېښنايز ساحه E توليدکوي چې سمت يې د انودالکترود(+) anode څخه دکتود الکترود Cathode خواته په يوه غشي (وېکټور) ښوول شوی دی .



۱۰ - ۱ شکل : ديوه ابتدايي تعجيل کوونکي ماشين جوړښت ښوول شوی دي چې ديوه خاذن په شان جوړښت لري اودکتودالکترود،انودالکترواويوولټ باټري څخه جوړدی . نوموړې جوړښتونه دهواڅخه تش په يوه عايق شيشه يې ترڅې لونښي کې خوندي کيښوول شوي دي . دخاذن لوحوترمنځ واټن يوسانتي متر 1 cm دی . نوموړی شکل په ډاګه کوي چې دخاذن انودالکتروديامثبت لوحې اودکتودالکترود يعنې منفي لوحې ترمنځ په داخل واټن کې يوه برېښنايز ساحه E منځ ته راځي چې سمت يې په يوه وکتورښوول شوی . داځکه چې ديوولټ منبع منفي قطب څخه الکترونونه کتودخواته حرکت کوي اوهلته راټوليږي . په پايله کې په انودکې دمثبت چارجونوډيرښت منځ ته راځي . نوله دې کبله دانودالکترواوکتودالکترودترمنځ واټن کې دنوموړو برېښنايز چارجونوپه اساس يوه برېښنايز ساحه E توليدکيږي . توليدشوې برېښنايز ساحه دانودالکترودڅخه کتودالکترودخواته استقامت لري . دخاذن لوحوترمنځ برېښنايز چارج شتون نه لري اودهواڅخه تش دی .



۱۰- ۲ شکل : ديوالکترون ولټ ډيرساده تعجيل کوونکي ماشين برېښنايز سرکټ circuit ښوول شوی دی چې د يوولټ باټري **U =1 V** متمادي ولتيج په منبع باندې ترلی دی . الکترونونه e^- په توروټکوباندې اودهغوی سرعت په v کښل شوي دی . که ومنوچې دکتودځخه الکترونونه راوځي اود انودخواته دبرقي ساحې E په مټ ښي خواته په سرعت v حرکت کوي . د برېښنايز ساحې قيمت يوولټ پرسانټي متر E = 1 V/ cm ټاکل شوی دی اوسمت يې دانودځخه کتودخواته دی . دپام وړه چې کتودته ورنږدې په مخ برخه کې دالکترونوکثافت ترټولولوړدی خوپه نوموړې ځای کې دالکترونوسرعت خورالړدی . کله چې الکترونونه په انودباندې لګيږي نوانرژي يې يوالکترون ولټ قيمت لري .

- يوالکترون ولټ eV هغه مقدارانرژي ده چې يوالکترون يې ترلا سه کوي کله چې ديوولټ 1Volt برېښنايز پوتنشل تفاوت په مټ تعجيل ومومي .

ځرنګه چې د برېښنايز سرکت بهرنی برخه په يوولټ باټري باندې ترلې ده نوله دې کبله په بهرني سرکت کې ديوولټ باټري په مټ الکترونونه دانودځخه کتودخواته بهيږي . په پايله کې دانودپه الکترودکې دالکترونوکمښت منځ ته راځي اومثبت چارج کيږي خودکتودپه الکترودکې دالکترونوډبرښت منځ ته راځي اوله دې کبله منفي چارج کيږي .
داچې په انودکې دمثبت چارجونه راټوليږي اوپه کتودکې منفي چارجونه راټوليږي نوپايله يې داده چې د برېښنايز سرکت په داخلي برخه کې يوه برېښنايز ساحه $\vec{E}$ منځ ته راځي چې سمت يې دانودځخه کتودخواته دی اوپه يوه وکټوربانديې کښل شوې ده .

- د برېښنايز ساحې مقدارهغه قوه ده چې په يوه برېښنايز چارج باندې ديوه سانټي مترطول په اوږدوکې واردکيږي اومساوي دی په يوولټ په سانټي متر $E = \frac{1V}{cm}$
- که چېرته دازمايښت په موخه يومثبت چارج e+ دخاذن لوحوپه منځ کې کيږدو، نويوه برېښنايزقوه $\vec{F} = +e\vec{E}$ وربانديې عمل کوي چې سمت يې د برېښنايز ساحې E سمت سره يوشان دی . ځرنګه چې د برېښنايز ساحې سمت دانودالکترودځخه کتودالکترودخواته دی ، نوله دې کبله مثبت ازمايښتې چارج e+ دکتود Cathode خواته تعجيل مومي ځکه چې برېښنايز ساحه او برېښنايز قوه يوخوادی. هغه مقدارکار W چې د برېښنايز ساحې له خوا په ازمايښتي مثبت چارج باندې ترسره کيږي مساوي دی له : فاصله dx ضرب برېښنايز قوه F

$$W = \vec{F} \cdot d\vec{x} = +e\vec{E} \cdot d\vec{x}$$

دپام وړه چې په نوموړي حالت کې دمثبت چارج پوتنشل انرژي کمښت مومي خوحرکي انرژی يې ډيرښت مومي.

- خوکه چېرته اوس دازمايښت په موخه يو منفي چارج لکه يوالکترون e- دخاذن لوحوپه منځ اود برېښنايز ساحې په شتون کې کيږدو، نوپه نوموړې چارج باندې يوه برېښنايزقوه $\vec{F} = -e\vec{E}$ عمل کوي اوپه پايله کې د برېښنايز ساحې E په مخالف خواکې دکتود Cathode ځخه انودالکترود(+) anode خواته حرکت کوي نوحرکي انرژی يې زياتيږي خوپوتنشل انرژي يې کمښت مومي

په بله معنی ،کله چې د انودالکترود(+) anode اوکتوترمنځ برېښنايز ساحه $E = \frac{U}{d}$ کې ازمايښتي چارجونه Test charges د بېلګې په توګه لکه الکترونونه $-e$ کيښوول شي، نوپه هغوی باندې يوه برېښنايز قوه $\vec{F} = -e\vec{E}$ عمل کوي . ځرنګه چې الکترون منفي چارج لري نوله دې کبله د برېښنايز قوي $\vec{F}$ سمت دبرېښنايز ساحې $\vec{E}$ سمت سره مخالف جهت لري.

د برېښنايز قوي $\vec{F}$ په مټ ازمايښتي الکترونونه د دکتود **Cathode** څخه انودالکترود(+) **anode** خواته په سرعت $v_e = \sqrt{\frac{2\,eU}{m}}$ حرکت کوي . ازمايښتي الکترونونه دتوروټکو په شان کښل شوي دي.

که چېرته يوالکترون د دکتود**cathode** څخه تر انودالکترود(+) **anode** پورې تعجيل ومومي نود برېښنايز ساحې په مټ ترسره شوی کار W مساوي دی له:

$$W = -\mathrm{e}\,\vec{\mathrm{E}},\vec{\mathrm{d}} = -e\,\Delta V = \frac{1}{2}\,mv^2 \qquad (\ 10{,}1\ )$$

په (10,1) معادله کې d د انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode ترمنځ فاصله ده ، $\vec{\mathrm{E}}$ دنوموړولوحوترمنځ متجانس homogen برېښنايز ساحه ده، ΔV د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode ترمنځ تعجيل کوونکی ولټيج دی ،m دالکترون کتله او v دالکترون سرعت دی .

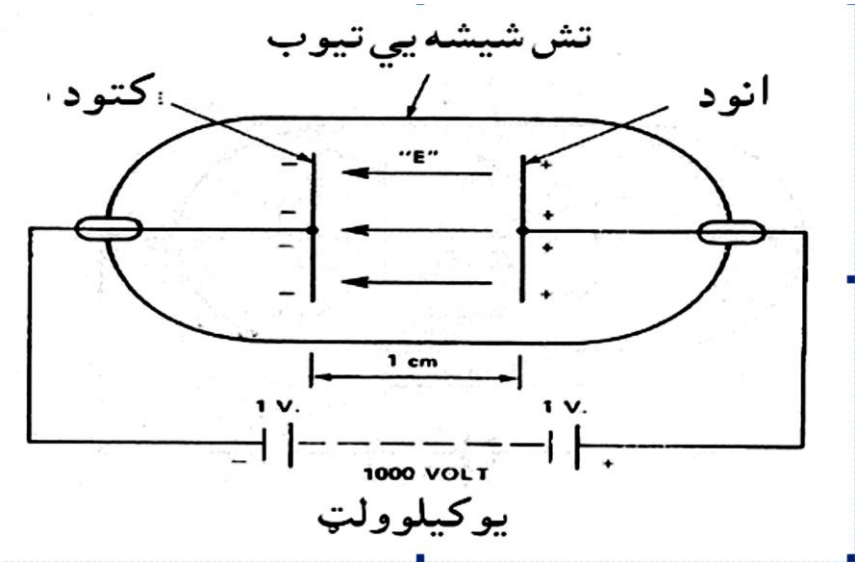
څرنګه چې دباټري ولټيج يوولټ U=1V ټاکل شوی دی اوکله چې الکترونونه انودالکترود(+) anode ته ورسيږي نوهلته يوالکترون ولټ حرکې انرژي $W = e\Delta V = 1eV$ ترلاسه کوي .

ديادونې وړده چې په نوموړي ابتدايي تعجيل کوونکې ماشين کې دالکترونوحرکي انرژي دطی شوې فاصلې d تابع نه ده بلکې يوازې د انودالکترود(+) anode اوکتو د ترمنځ دتعجيل کوونکي ولتيج U تابع ده .

څرنګه چې د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode ترمنځ واټن يوسانتي متردی نوله همدې لا مله دبرقي ساحې شدت E يوولټ پرسانتي متر (E=1V/cm) قيمت لري اوسمت يې په يوه وکټورکښل شوی دی .

- **ديوکيلو ولټ تعجيل کوونکي ماشين جوړښت :**

اوس غواړوچې دباټري ولټيج ديوولټ څخه آن تر زر ولټ 1000 V پورې زيات کړو. دنوموړې موخې لپاره په تعجيل کوونکي ماشين کې زردانې يو ولټ باټری پرلپسې ټرو،ترڅود انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode ترمنځ په يوسانتي مترفاصله کې يو زر ولټ (يوکيلوولټ 1kV) تعجيل کوونکی ولټيج منځ ته راشي . په نوموړې حالت کې د برېښنايز ساحې شدت يوکيلوولټ په يوه سانتي متر (E=1kV/cm) ته رسيږي . کله چې الکترونونه تعجيل ومومي او انودالکترود(+) anode ته ورسيږي نودهغوی حرکې انرژي يوکيلوالکترون ولټ (1 keV) قيمت لري .

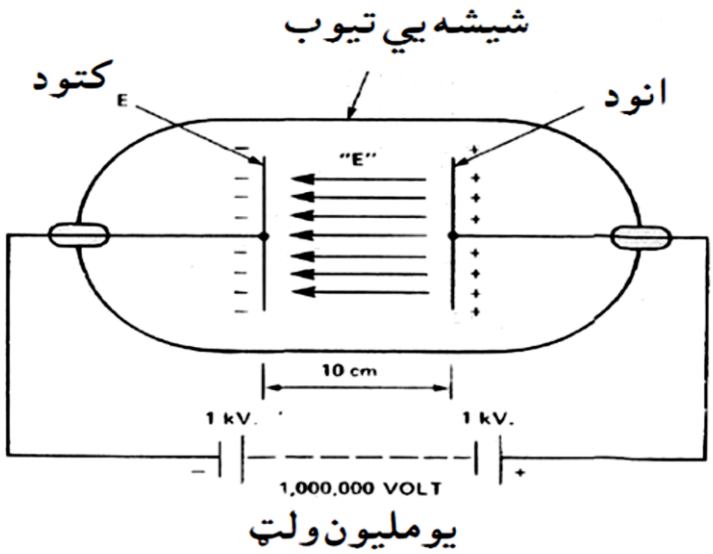


۱۰- ۳ شکل : دیوکیلوولټ (1 KV) تعجیل کوونکي ماشین برېښنایز سرکټ circuit ښوول شوی دی . دپام وړخوداده چې دیوولټ تعجیل کوونکي ماشین په پرتله دلته د انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode په لوحوباندې دبرېښنایز چارجونو(-،+) شمېر او همدارنګه د برېښنایز ساحي دکرښو شمېر ډیرشوی دی د برېښنایز ساحې E سمت د انودالکترود(+) anode څخه دکتود Cathode خواته په وکټورکښل شوی. دانوداوکتودترمنځ واټن یوسانتي متردی اود برېښنایز ساحې شدت مساوي دی له یوکیلوولټ پر سانتي متر : (E = 1kV/cm)

- **دیوملیون ولټ تعجیل کوونکي ماشین جوړښت :**

په ۱۰- ۴ شکل کې دالکترونو یوتعجیل کوونکي ماشین ښوول شوې دی چې الکترونونه پکې تریوملیون الکترون ولټ (1 MeV) پورې حرکي انرژي ترلاسه کوي. دانوداوکتودترمنځ واټن لس سانتي متره ټاکل شوی دی اوپه همغه اندازه دشیشه ه یې لوښی هم اوږدشوی دی . بلخوایوزردانې کیلوولټ باټری مسلسل ټرل شوي دي چې په پایله کې یوملیون ولټ منبع ترلا سه کیږي . کله چې یوالکترون دکتودڅخه آزادکیږي اودلس سانتي متروواټن په اوږدوکې دومره انرژي ترلا سه کوي چې قیمت یې دانودپه الکترودکې یوملیون الکترون ولټ (1 MeV) ته رسیږي

- دپام وړده چې هغه مقدارانرژي چې الکترونونه یې دانوداوکتودترمنځ ترلا سه کوي یوازې دانوداوکتودترمنځ دپوتنشل تفاوت تابع ده اودواټن تابع نه ده . داړونده برېښنایز ساحې شدت یوملیون ولټ تقسیم پرلس سانتي مترقیمت لري اومساوي دی له : E = 100 000/cm = 100 KV/cm
- نوموړي ماشین ته ځکه خطي تعجیل کوونکی Linear Accelerator ویل کیږي چې الکترونونه په مستقیم استقامت کې تعجیل مومي



۱۰- ۴ شکل : دالکترونویوملیون الکترون ولټ (1 MeV) تعجیل کوونکي ماشین برېښنایز سرکټ circuit ښوول شوی دی. دکتوداوانودترمنځ واټن لس سانتي متر ټاکل شوی دی . دپام وړده چې دیوولټ 1V اویوزرولټ 1kV تعجیل کوونکي ماشین په پرتله په نوموړي یوملیون تعجیل کوونکي ماشین کې د برېښنایز ساحې دکرښو شمېر او په انوداوکتودباندې دچارجونو شمېر خورازیات شوی دی . په نوموړي ډول خطي تعجیل کوونکي ماشین کې دکتوداوانودترمنځ تعجیل کوونکی ولټیج یوملیون ولټ قیمت لري . دکتودڅخه ازادشوي الکترونونه دتعجیل څخه وروسته په اندازه دیوملیون الکترون ولټ (1 MeV) حرکي انرژي ترلاسه کوي او په نوموړي انرژي سره په انوداکترودباندې لګیږي .

په نوموړي ماشين کې د انودالکترود(+) anode او دکتود منفي الکترود Cathode لوحوترمنځ زرداني يوکيلو ولټ باټری پرلپسې ټرل شوې دي ترڅويوملیون ولټ (کيلوولټ 1000kV) تعجيل کوونکی ماشين منځ ته راشي. دپام وړه چې دلته په انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode باندې دبرقي چارجونو (+،-)کثافت ديو ولټ تعجيل کوونکې ماشين په پرتله خورا ډيرښکاري .
بلخواد انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode لوحوترمنځ فاصله ديوولټ باټري تعجيل کوونکې ماشين په پرتله ديوسانتې متر پرځای لس سانتې متره d = 10 cm ټاکل شوې ده ترڅودبرقي شارټی مخنيوی شوی وي . څرنګه چې د انودالکترود(+) anode او دکتودمنفي الکترود Cathode ترمنځ واټن لس سانتي متر ه دي نوله همدې لا مله دبرقي ساحې شدت سل کيلوولت پرسانتې متر (100 kV/cm) قيمت لري. که چېرته يو ازمايښتي الکترون په لس سانتي متره واټن کې تعجيل ومومي او انودالکترود(+) anode ته ورسيږي نوپه پايله کې يوملیون الکترون ولټ (E = eU =1 MeV) حرکي انرژي ترلاسه کوي .

- **دڅلورميګاولټ تعجيل کوونکی ماشين جوړښت :**

اوس کولای شوچې ديوملیون ولټ تعجيل کوونکي ماشين ته يوځل بيا داسې نوښت ورکړوچې په يوه ډيرپرمخ تللې خطي تعجيل کوونکي ماشين باندې واوړي . په پيل کې ديوملیون ولټ منبع پرځای څلورمليونه ولټ متمادي ولټيج منبع ټاکل کيږي اوپه همدې توګه څلورميګاولټ تعجيل کوونکی ماشين ترلاسه کيږي . که څه هم په عملي توګه دومره زوروره باټري Battery = B شتون نه لري خودعامې پوهاوی په موخه منوچې په تيورې تړاويوه داسې متمادي منبع شتون لري .

په کتودالکترودکې تخنيکي نوښت : Filament

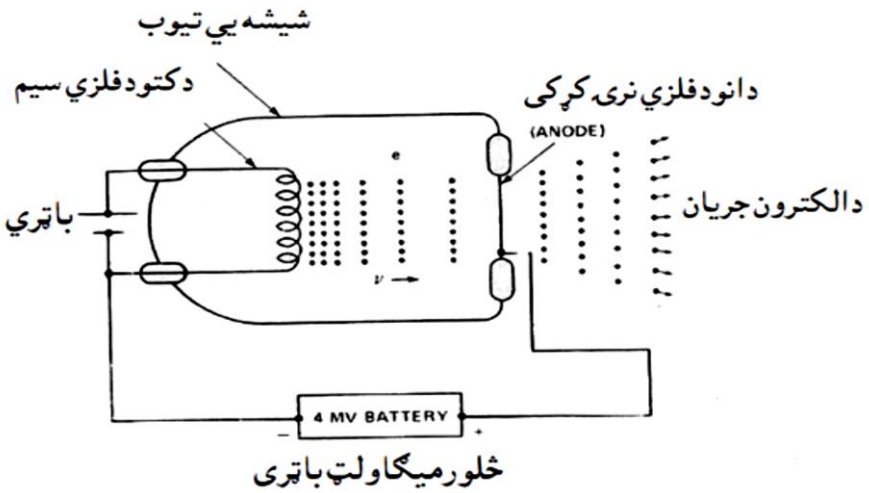
دنوموړې موخې لپاره دمنفي لوحې (دکتود Cathode) پرځای دولفرام wolfram يوتاوشوي فلزي سيم (filament) څخه کاراخلولکه څنګه چې په يوه برښنايز ګروپ کې کارول کيږي . دفلزي سيم دواړه اخر څوکې په يوه کوچنۍ باټري باندې B تړواوځانته يوځانګړی برښنايز سرکت تشکيلوي. کله چې دسيم څخه دبرق متمادي جريا ن تيرشي او حرارت ورکړشي نوپه دوامداره توګه الکترونونه ورڅخه ازادکيږی . الکترونونه په تورټکي اوسرعت يي په v شوول شوی دی .

څرنګه چې دکتود Cathode تاوشوی سيم Filament دالکترونوسرچينه ګرځي نوله دې کبله ورته دالکترونوټوپک (electron gun) هم ويل کيږي.

څرنګه چې په نوموړي ماشين کې د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode ترمنځ دپوتنشل تفاوت څلورمليونه ولټ 4 MV ټاکل شوی دی ، نوکله چې دکتود Cathode څخه ازادشوي الکترونونه دنوموړې ولټيج په مټ تعجيل ومومي او په انودالکترود(+) anode باندې ولګيږي نوهلته څلورميګاالکترون ولټ حرکې انرژي 4 MeV ترلاسه کوي .

په انودالکترودکې تخنيکي نوښت :

ددې لپاره چې دنوموړي ماشين څخه دالکترون وړانګوپه مټ درملنه ترسره شي ،نويوځه نورتخنيکي بدلون ته اړتياشته ده. په دې معنی چې يوه ډيره نازکه اونری فلزي کړکی thin window د انودالکترود(+) anode په توګه کاروو. په نوموړې کړنلاره کې ديوې خوادنازکې فلزي کړکی څخه الکترونونه تيريدلای شي، پرته له دې چې خپله څلورميګاالکترون ولټ انرژي يي ډيره ضايع شي ، اوبلخوادشيشه يي ټيوب په منځ کې دهواڅخه تشه فضاء هم ثابت ساتل کيږي .
دانودپه برخه کې دويم نوښت دادی چې دنری فلزي کړکی شاخواته دانوديوه بله پنډه مثبت لوحه شتون لري چې دتنګستن فلزڅخه جوړه ده او د تنګستن نښې يا tungsten target په نوم سره يادږي .په نوموړې ابتدايي تعجيل کوونکي ماشين کې کله چې دالکترونوجريان دانودکړکی څخه بهرخواته راووځي نودتنګستن فلزپه هدف باندې په لړځه څلورميګاالکترون ولټ انرژي 4 MeV باندې لګيږي . دکتودلوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزي نښې اتومونوهستې سره برښنايز غبرګون کوي اوهلته په ټپه دريږي . په پايله کې داکس بريمزوړانګې توليدکيږي چې متمادي طيف لري .

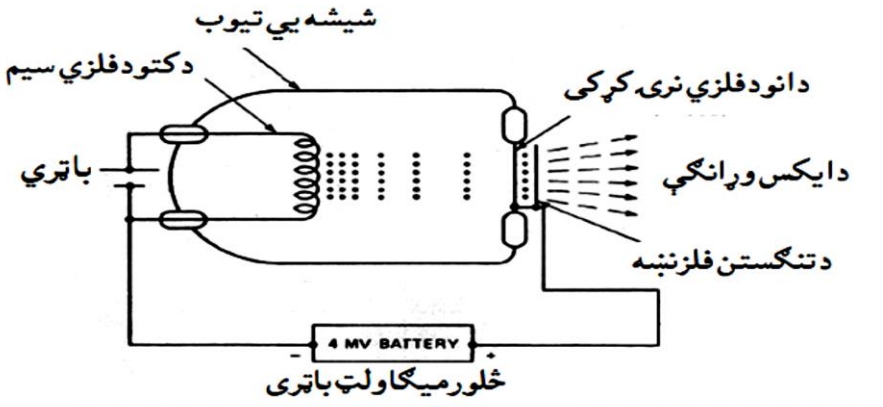


۱۰-۵ شکل : دالکترون وړانګو راډيو تراپي خلورملیون الکترون ولټ 4 MeV خطي تعجيل کوونکي ماشين سرکټ ښوول شوی دی . په سرکټ کې دانوديوه نری فلزي کړکی شتون لري چې الکترونونه ورځخه تيريد لا ی شي . دکتودفلزي تاوشوي سيم Filament څخه دحرارت په ورکولوسره الکترونونه ازادکيږي اوپه سرعت v انودفلزي کړکی خواته تعجيل مومي . کله چې په انود الکترودباندې الکترونونه ولګيږي نوحرکې انرژي يې خلورميګاالکترون ولټ قيمت لري

دتنګستن فلزي نښې (Target) کارول :

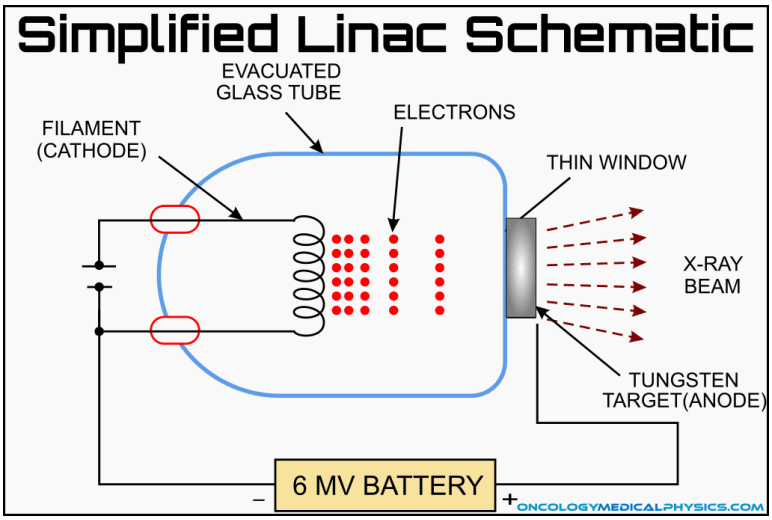
د انودالکترود(+) anode فلزي نری کړکی ترشادتنګستن فلزيوه هدف (Target) کينښوول شوې ده ترڅوتعجيل شوي الکترونونه ورباندې ولګيږي اوپه پايله کې دراډيو تراپي په موخه د اکس بريک وړانګې "braking radiation"،تولیدشي.

الکترونونه په توروټکوکښل شوي دي او دکتود Cathode څخه د انودالکترود(+) anode وخواته تعجيل مومي . کله چې خلورميګاالکترون ولټ انرژي الکترونونه دتنګستن فلزtungsten په هدف ولګيږي نوخپله حرکي انرژي دلاسه ورکوي اوپه پايله کې داکس بريمز وړانګې توليدکيږي . دتوليدشوواکس بريمز وړانګوانرژي ديومګاالترون ولټ يوې برخې څخه پيل کيږي اوآن ترخلورميګاالکترون ولټ پورې رسيږي . داځکه چې دکتودالکترون کله چې دتنګستن په هدف باندې ولګيږي نو کېدای شي چې خپله ټوله حرکې انرژي يعنې خلورميګاالکترون ولټ دتنګستن نښې اتومونو هستې سره په يوه برېښنايز غبرګون کې دلاسه ورکړي اويادا چې خپله حرکې انرژي پرلپسې په څوغيرالاستيکې غبرګونوکې دلاسه ورکړي . همدالامل دی چې يومتمادي اکس وړانګو طيف منځ ته راځي چې دتوپيرلرونکوانرژي برخوڅخه جوړدی . داکس وړانګود خپرېدنې سمت په وکټورونوباندې ښوول شوي دي .



۱۰-٦ شکل : داکس وړانګو (x-ray) راډيو تراپي ابتدايي ماشين جوړښت ښوول شوې دی چې دمتمادي ولټيج منبع لکه ديوې نظري باټری په مټ کارکوي . په نوموړي ماشين کې الکترونوته ترخلورميګاالکترون ولټ 4 MeV پورې تعجيل ورکول کيږي اوپه

پايله کې د تنګستن فلز په هدف باندې لګيږي اوهلته په ټپه دريږي . په پايله کې داکس بريمزوړانګوتوليدمنځ ته راځي . دتوليدشوواکس بريمز وړانګوانرژي آن ترڅلورميګا ولټ 4 MV پورې رسيږي اويومتمادي طيف لري .

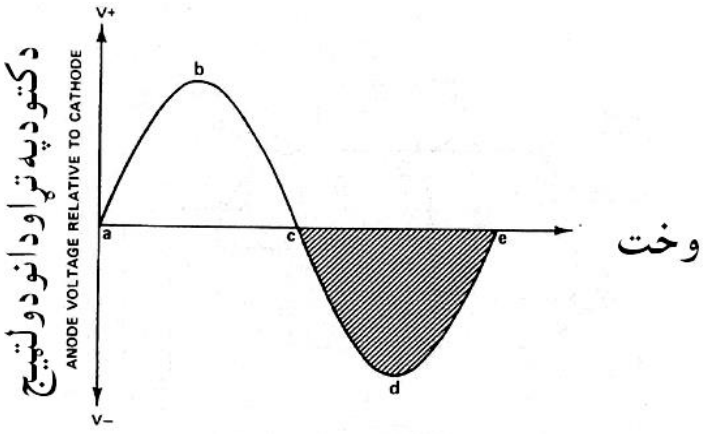


۱۰- ۷ شکل : داکس وړانګو (x-ray) راډيو تراپي ابتدايي ماشين جوړښت ښوول شوې دی چې دمتمادي ولټيج منبع لکه ديوې خيالي شپږميګاولټ باټرۍ 6 MV Battery په مټ کارکوي . په نوموړې ماشين کې الکترونوته شپږ ميګاالکترون ولټ 6 MeV پورې تعجيل ورکول کيږي اوپه پايله کې د تنګستن فلز په هدف باندې Target لګيږي اوهلته په ټپه دريږي . په پايله کې داکس بريمزوړانګوتوليد اوجريان X- Ray Beam منځ ته راځي دتوليدشوواکس بريمز وړانګوانرژي آن ترشپږميګاولټ 6 MV پورې رسيږي اويومتمادي طيف continuous spectrum لري .

دمتمادي ولټيج پرځای دمتناوب ولټيج کارول :

ددې لپاره چې د راډيو تراپي ماشين اغيزمنتوب او برېښنايز قدرت مولا نورهم پياوړی کړی وي ،نودتعجيل کوونکي متمادي ولټيج منبع (Direct current = DC) پرځای دساين ډوله sine متناوب ولټيج منبع (Alternating current=AC) څخه ګټه پورته کيږي.

. په نوموړې تکنالوژي کې د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode قطبونه دوخت په تړاو دهرې دورې نيمايي وخت T/2 څخه وروسته برعکس کيږي . نوموړې کړنلاره په ۱۰- ۷شکل کې ښوول شوې ده .



۱۰- ۸ شکل : دمتناوب ولټيج منبع يوه بشپړه دوره ښوول شوې ده چې دالکترونو تعجيل کوونکي راډيو تراپي ماشين انودالکترود اوکتودالکترومنځ کارول کيږي . په عمودي محور باندې دکتود Cathode په تړاود انودالکترود(+) anode ولټيج V اوپه افقي محورباندې دمتناوب ساين ډوله ولټيج sine voltage يوې بشپړ دورې وخت کښل شوی دی . دمتناوب ولټيج منبع

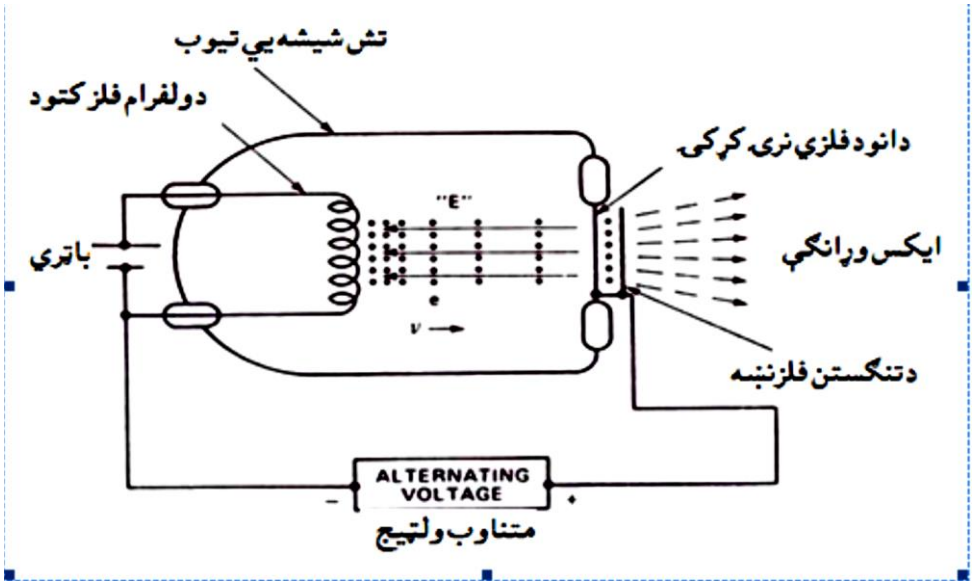
دساين څپې په شان شکل لري اوفريکونس يې شپيته هرځ 60 Hz دی . په دې معنی چې په يوه ثاينه کې دانوداوکتودقطبونه شپيته ځله تغيرکوي . دمتناوب ولټيج په مثبت نيمايي دوره کې **(a-b-c)** کې داکس وړانګوتيوب په منځ کې الکترونوته تعجيل ورکول کيږي خودمتناوب ولټيج په نيمايي دويمه منفي دوره کې **(c-d-e)** الکترونوته تعجيل نه ورکول کيږي .

■ دمتناوب ولټيج مثبت دامنه (a-b-c) :

دساين ډوله متناوب ولټيج مثبت دامنه ددورې په لومړی نيمايي وخت T/2 کې پوره کيږي اود (a-b-c) په حروفوباندې کښل شوې ده. په همدې وخت کې د انودالکترود(+) anode مثبت اود دکتود Cathode الکترودمنفي چارج کيږي. کله چې الکترونونه د-a) b-c) په وخت کې دکتود Cathode ځخه راووځي نود انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي اودتنګستن فلزپه هدف باندې لګيږي. يوازی ددورې په لومړی نيمايي وخت T/2 کې د اکس بريمز وړانګې توليدکيږي. داځکه چې په نوموړې وخت کې کتودمنفي چارج کيږي اوانودمثبت چارج کيږي اود برېښنايز ساحې سمت دانودځخه کتودخواته دی .

دپام وړده چې په نوموړي وخت کې يعنې ددورې په لومړی نيمايي وخت T/2 کې دالکترونودانرژي قيمت چې انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي دساين ډوله څپې په شان تغيرکوی.

کله چې ددورې لومړی ځلورمه برخه وخت T/4 تيرشی اوپه ۱۰-۸ شکل کې د b په ټکې ښوول شوی دی نودولټيج V مثبت دامنه اعظمي قيمت ځانته غوره کوي . يوالکترون چې په نوموړې موده T/4 کې دکتود Cathode ځخه راوځي اودتعجيل ځخه وروسته په انودالکترودباندې لګيږي اعظمي حرکې انرژي ترلاسه کوي .



۱۰-۸ شکل : دګڼ شمېرنوښتونوځخه وروسته دالکترونويوپرمخ تللی خطي تعجيل کوونکي ماشين برېښنايز سرکټ ښوول شوی دی چې داکس وړانګو (x-ray) راډيو تراپي ماشين په نوم يادېږي . دمتمادي ولټيج پرځای په متناوب ولټيج منبع باندې تړلی دی چې ددورې په په هر نيمايي وخت کې دانوداوکتودالکترودونوقطبونه تغيرکوي . نوموړی سرکټ دمتناوب ولټيج ددورې لومړی نيمايي وخت شيبه ايزوخت T/2 راښيي کله چې انودالکترود(+) anode مثبت قطب او دکتود Cathode منفي قطب لري . دالکترون سرعت په v ښوول شوی دی اوالکترونونه دکتود Cathode ځخه انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي . کله چې الکترونونه د انودالکترود(+) anode فلزي نازکې کړکی ځخه تيرشي نودتنګستن فلز په هدف لګيږي اوهلته د اکس بريمز وړانګې منځ ته راځي . ددورې لومړی نيمايي وخت T/2 په ترڅ کې دبرقي ساحې سمت د انودالکترود(+) anode ځخه دکتود Cathode خواته وي اودکتودځخه ازادشوي الکترونونه دانودخواته تعجيل مومي . اويوازي په نوموړې موده کې لومړی نيمايي وخت T/2 په ترڅ کې اکس وړانګې توليدکيږي . په ۱۰-۷ شکل کې نوموړې موده په a-b-c ښوول شوې ده . دپام وړده چې دالکترونوسرعت اود برېښنايز ساحې E يودبل سره مخالف جهت لري .

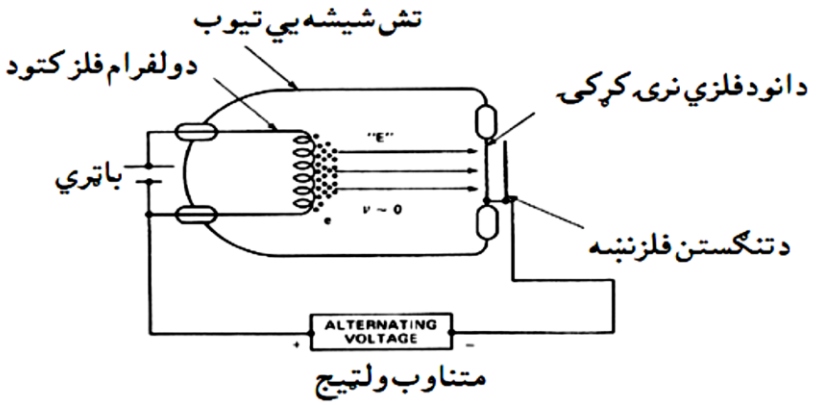
- **دمتناوب ولټيج منفي دامنه په (c-d-e)**

په ۱۰-۷ شکل کې دمتناوب ولټيج منفي دامنه ددوړې په دويم نيمايي وخت T/2 کې ترسره کيږی او د (c-d-e) په حروفوکښل شوې ده . د c په ټکي کې دولټيج مثبت قطب په منفي قطب باندې اوړی اوهمدارنګه د برېښنايز ساحې سمت هم تغيرکوي او دکتود Cathode څخه انودالکترود(+) anode خواته تغيرکوي . کله چې ددوړې درې په څلورمه برخه وخت تيرشی ¾ T اوپه شکل کې د d په ټکي ښوول شوی دی نودولټيج V منفي دامنه خپل اعظمي قيمت ځانته غوره کوي .

که څه هم ددوړې په دويم نيمايي وخت T/2 دکتود Cathode څخه الکترونونه راوځي خود انودالکترود(+) anode خواته تعجيل نه مومي .داځکه چې دکتود Cathode(+) الکترود د انودالکترود(-) anode په پرتله مثبت چارج لري اوله دې کبله په سرکټ کې برېښنايز جريان نه بهيږي . په نوموړې موده کې دبرقي ساحې سمت دکتودڅخه انودخواته اوړي او دبرقي قوې مخالف قرارلري . همدالامل دی چې د برېښنايز قوې په مټ خوراډيره انرژي مصرف کيږي ترڅوالکترونونه دمثبت کتود Cathode خواته ښرته په شاوتمبوي داځکه چې کتودخواوسمهال مثبت قطب لري . ددويمې نيمايي دوړې په d ټکي کې دولټيج دامنه منفي اعظمي قيمت لري اوپه الکترون باندې منفي تعجيل ترسره کيږي .

په پايله کې الکترونونه په برېښنايز ساحه کې يوډول منفي تعجيل مومي او انودالکترود(-) anode ته چې اوسمهال منفي چارج لري نه رسيږي بلکې دکتود Cathode مخې ته نږدې ديوې اوريځې cloud په بڼه راټوليږي . بلخوا برېښنايز قوه او برېښنايز ساحه يوخواسمت لري اوله دې کبله دکتودڅخه دازادشووالکترونوسرعت v = 0 صفرته تقرب کوي اودتنګستن فلزنښې خواته تعجيل نه مومي . همدالامل دی چې دولټيج ددوړې په منفي برخه کې c-d-e اکس وړانګې نه توليدکيږی.

ددوړې په نوروونتونو کې اوهمدارنګه په شمول د هغه وخت چې دولټيج دامنه صفرکيږي لکه ، a-c-e په متوسطه اندازه انرژي ياداچې ګټل کيږي اويامصرف کيږی.



۱۰-۹ شکل : دخطي تعجيل کوونکي ماشين برېښنايز سرکټ ښوول شوی دی کله چې دمتناوب ولټيج فريکونس داسې تغيروکړي چې مثبت قطب په کتود Cathode اومنفي قطب يي په انودالکترود(+) anode باندې نښتی وي . دولټيج ددوړې په دويم نيمايي وخت T/2 کې کله چې ولټيج دامنه منفي V - قيمت ولري اکس وړانګې نه توليدکيږی . دکتودڅخه آزادشوي الکترونونه انودخواته تعجيل نه مومي بلکې دکتودمخ خواته نږدې راټوليږي . دالکترونوسرعت مساوي په صفردی . نوموړی حالت په الکترونيک کې ديوې برېښنايز دايودDiode سره ورته دی کله چې دايودپه منفي ولټج خواوټرل شي .

اوومه برخه

يوولسم څپرکی

دبځرکو تعجيل کوونکي ماشينونه

(Particle Accelerator machines)

سريزه:

د 1960 زکال څخه راپدې خوا دبځرکوتعجيل کوونکي ماشيونه دهستوي فزيک اوهمدارنګه د راډيو تراپي په څانګه کې هغه پرمخ تللي تخنيکي آلات دي چې دلوړفريکونس متناوب ولټيج او ياالکتروستاتيک برېښنايز ساحي E په مټ چارج شوو ذرو لکه الکترونو ،پروتونو،پوزيترونو اوايونو ته په تشه فضاء کې لړځه دنورسرعت نهه نوي سلنه 99% برخه پورې تعجيل ورکوي .

په اوسني وخت کې نوموړي بځرکي په ډيری سره دمتمادي ولټيج پرځای دلوړفريکونس پلس Pulse Voltage ولټيج په کارولوسره تعجيل مومي . په پايله کې نوموړي چارج شوي لوړانرژي بځرکي دتعجيل کوونکي ماشين په اخر برخه کې په يوه هدف (Target) باندې لګيږي او داړونده مادې اټومونوسره هراړخيز برېښنايز غبرګونونه کوي. داډول تخنيکي ماشينونه چې انرژي يې ترڅوګيګاالکترون ولټ GeV پورې رسيږي په هستوي فزيک کې دنويوبځرکوپيدايښت، داټوم هستې څېړنې اوهمدارنګه درونتګن وړانګو Röntgen radiation اويا په بله معنی اکس وړانګو x - rays دتوليدپه موخه پراخ استعمال لري . ساينسپوهان غواړي چې دبځرکوخطي تعجيل کوونکو په مرسته نوي بنسټيز بځرکي وموميي اوهمدارنګه دکيهان دپيدايښت په تړاو نوي معلومات ترلاسه کړي

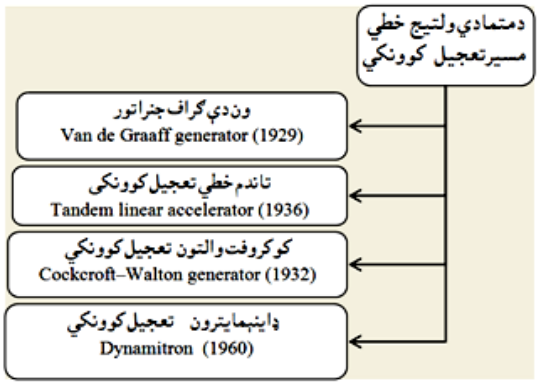
دبځرکوخطي تعجيل کوونکي ماشينونه هغه ډول ماشينونه دي چې د برېښنايز ساحې په مټ چارج شووبځرکوته په مستقيم استقامت کې تعجيل ورکول کيږي. لومړنې خطي تعجيل کوونکي ماشينونه الکتروستاتيک تعجيل کوونکي ماشينونه دې چې په هغوی کې چارج شوي بځرکي دوخت په تړاوديوې ثابت برېښنايز ساحې E څخه انرژی ترلاسه کوي. که ديوه بځرکي لکه الکترون برېښنايز چارج په e- وښيو چې په يوه برېښنايز پوتنشل تفاوت (V_1-V_2) کې قرارلري نودالکترون څخه ترلاسه شوې انرژي په واحد الکترون ولټ مساوي ده له : $E_e = -e (V_1-V_2)$. په بله معنی دالکترون انرژي مساوي ده له حاصل ضرب دبځرکې چارج اودپوتنشل تفاوت په واحدالکترون ولټ (eV) :

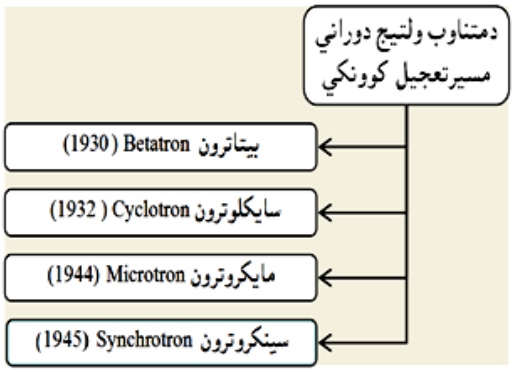
دالکتروستاتيک تعجيل کوونکوماشينونونيمګړتيا اومحدوديت دادی چې يوازې ترڅومیګا ولټ MV پورې کارکوي اوکه چېرته دانودالکترواوکتودالکترودترمنځ دپوتنشل تفاوت لانورهم ډيرشي نو برېښنايز شارټې electric breakdown منځ ته راځي . خودارډيوفريکونسي متناوب تعجيل کوونکي ماشينونه نوموړې نيمګړتياله منځه وړي . داځکه چې دچارج شووبځرکوجريان دمتناوب برېښنايز ساحي په مټ د فضاء يي جوړښتونوپه منځ کې تعجيل مومي. هغه ډول تعجيل کوونکي ماشينونه چې ځانګړي اودهواڅخه تش جوړښتونه لري دبهرله خوادلوړفريکونس سرچينې په مټ يوالکترومقناطيسي مودِ mode تحريک کيږي. دبځرکوجريان هغه مهال پرلپسې انرژي ترلاسه کولا ی شي چې دمتناوب برېښنايز ساحې اودبځرکوجريان ترمنځ همغږي synchronism اومناسب فاز phase موجودوي.

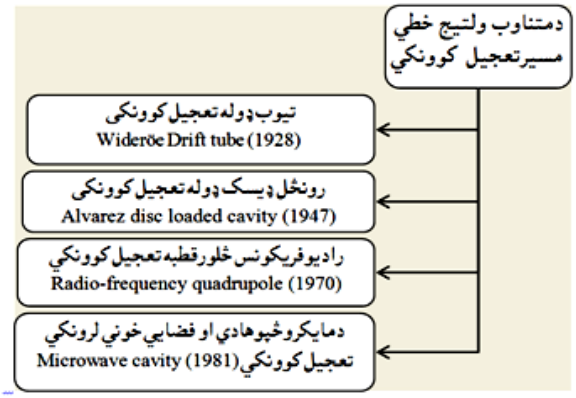
هغه تعجيل کوونکي ماشينونه چې نوموړی شرط پوره کوي دريزونانس تعجيل کوونکي resonance accelerators په نوم يادېږي.

په ټولیزه توګه دبځرکوتعجیل کوونکي ماشینونه په درې ډوله وېشل شوي دي .

۱- دمتمادي ولټیج یا الکتروستاتیک ولټیج خطي تعجیل کوونکی
۲- دمتناوب ولټیج خطي تعجیل کوونکی
۳- د اندکشن دوراني ډوله تعجیل کوونکی







په پورتني ګراف کې دبځرکوهراړخیزډوله تعجیل کوونکي ماشینونه ښوول شوي دي چې دمتناوب ولټیج اویامتمادي ولټیج په مټ کارکوي .

الکتروستاتیک خطي تعجیل کوونکي ماشینونه : (Electrostatic Accelerators)

نوموړي داسې ډول تعجیل کوونکي ماشینونه دي چې چارج شووبځرکوته دوخت اومکان په تړاود ثابت برېښنایز ساحې E(x,t) په مرسته په مستقیم مسیر باندې تعجیل ورکوي .هریوچارج شوی بځرکی د برېښنایز ساحې څخه انرژي $E_{el} = ze\,\Delta V$ ترلاسه کوي چې دبځرکو برېښنایز چارج مقدار Z اودپوتنشل تفاوت ΔV حاصل ضرب سره مساوي ده. د ساري په ډول لکه د دکتود Cathode وړانګوټیوب Cathode ray tube چې په تلویزیون اودکمپیوترپه پرده کې ورځخه ګټه پورته کیږي . همدارنګه دکوکروفت والتون Cockcroft–Walton جنراتوراو دواندې ګراف Van de Graaff جنراتور دیادلووړدي . وروستی جنراتور دځمکې په تړاو مثبت پوتنشل لري چې په پایله کې آن تر شل مېګا ولټ 20 MV پورې مستقیم ولټیج تولیدکوي . دنوموړي ډول تعجیل کوونکي ماشین یوه نمونه دلومړی ځل لپاره په 1932زکال کې دکوکرفت اووالټن کارپوهانوله خواجوړه شوه.

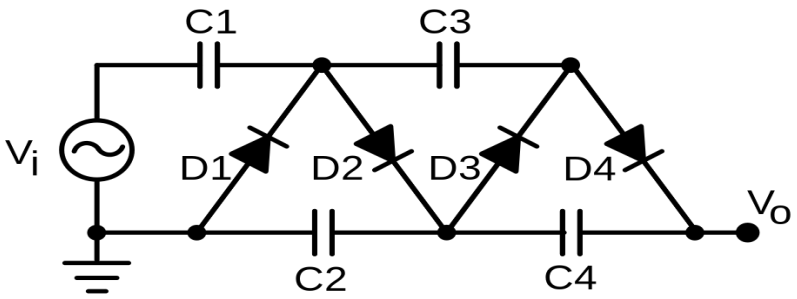
لومړی : دکوکرفت اووالټن Cockcroft –Walton تعجیل کوونکی ماشین :

په 1930زکال کې دوه انګریزي کارپوهانو کوکرفت اووالټن وکولای شول چې یوداسې الکتروستاتیک جنراتورجوړکړي چې آن تراوه سوه کیلوولټ 700 kV پورې دلوړمتمادي ولټیج تولیدکولووړتیادرلوده . نومورې جنراتوریوډول برېښنایز الکترونیکي سرکټ دی چې پرلپسې دیوسلسله خاذنو Capacitors اودایودونو Diods څخه جوړدی . کله چې نوموړي جنراتورته په ټیټه کچه متناوب ولټیج AC ورننوځي نودسرکټ په اوږدوکې څوځله $2nU$ ډیریږي اوپه اخر برخه کې ورځخه آن تر څلورمیګاولټ متمادي ولټیج راوځي . n دخاذنونو اودایودونو Diods شمېردی او U دترانسفرمر ترټولولوړولټیج دی.

دهستې فزیک په ځانګه کې دالکتروستاتیک ولټیج تعجیل کوونکي ماشین ځخه دلومړې ځل لپاره په 1932 زکال کې ګټه واخیستل شوه . د ساري په ډول لومړی هستوي تعامل دالکتروستاتیک تعجیل کوونکي په مټ ترسره شو.

نوموړوکارپوهانوپخپله تجربه کې یوپروتون p ته لږځه څلور سوه کیلوالکترون ولټ 400 keV پورې تعجیل ورکړاوبیایي دلیتیم Li هسته په پروتون بمباردکړه. په پایله کې دبیریلیم Be هسته منځ ته راغله اویونیوترون n ازادشو. دهستوي تعامل معادله په لاندې ډول ده.

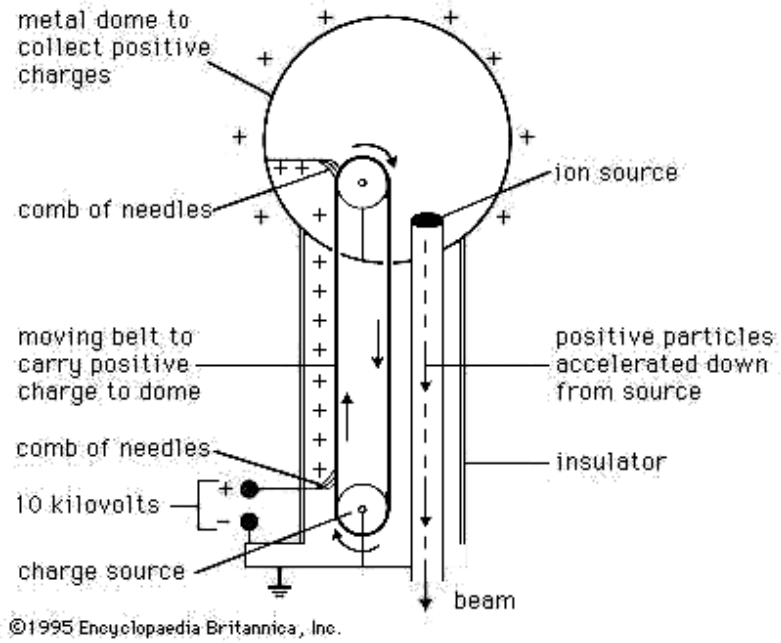
$$7Li + p \rightarrow 7Be + n \quad (11{,}1)$$



۱۱- ۱ شکل : دکوکرفت اووالټن دوه سټیج stage ډوله الکتروستاتیک جنراتور تیوب ښوول شوی دی چې دیوسلسله خاذنونC1-C4 اوډایوډونو D1-D4 څخه جوړدی. نومورې جنراټورددې وړتیالري چې یوپه ټیټه کچه متناوب ولټیج AC په لوړه کچه متمادي ولټیج DC باندې اړولا ی شي .

دویم : واندګراف جنراتور: (Van de Graaff generator)

نومورې یوبل ډول الکتروستاتیک جنراتوردی چې دهغه په مټ آن تر پنځه میګاولټ 5 MV پورې متمادي لوړولټیج تولیدکیږی. کله چې دوه توپیرلرونکي توکي لکه شیشه اوفلز دیوبل سره وموښل شي نوپه پایله کې الکترونونه دیوه توکي سطحې څخه بل توکي سطحې ته انتقال مومي . په ۱۱- ۲شکل کې دواندګراف جنراتور تیوب ښوول شوی دی چې په لاندې برخه کې شیشه اوپه پورتنۍ برخه کې کروي شکله اوپه منځ کې تش فلز metal dome نښلول شوی دی. کله چې متحرک ربړیزکمربند moving belt of rubber t دشیشي اوفلزسره هم مهال په تماس کې وي اوګرځیدونکی حرکت ترسره کوي نوپه پایله کې دربړیزکمربندیوخواته مثبت چارجونه اوبلخواته منفي چارجونه تولیدکیږي. مثبت چارجونه دیوه الکترودپه مټ یوه تش کروي شکله فلزبهرنۍسطحي ته انتقال کیږي اوهلته راټولیږي. مثبت چارج شوی کروي شکله په منځ کې تش فلز دایونو ions یوې سرچینې سره تماس لري چې مثبت چارجونه تولیدکوي. څرنګه چې دځمکي پوتنشل او دمثبت چارج شوي کروي شکله تش فلزترمنځ ډیرلوړ برېښنایز پوتنشل تفاوت منځ ته راځي نوله دې کبله مثبت چارج شوي بڅرکې دځمکې ټیټ پوتنشل خواته تعجیل مومي.



۱۱- ۲شکل : واندګراف الکتروستاتیک جنراتورښوول شوی دی چې آن ترڅومیګاولټ MV پورې متمادي ولټیج تولیدکوي. دیوې سرچینې ion source څخه مثبت چارج شوي بڅرکي راوځي او دتولیدشوي میګاولټیج په مټ دځمکې پوتنشل خواته تعجیل ورکول کیږي .(42)

دریم : داینېمایترون Dynamitron الکتروستایتک جنراتور

داینېمایترون یوډول الکتروستایتک جنراتوردی چې په 1960زکال کې د Industrial Radiation Dynamics فابریکي له خواجوړشو. نوموړی جنراتورالکترونو اویا مثبت ایونوته آن ترڅلورمیګا ولټ 4MV پورې تعجیل ورکولای شي . ددداینېمایترون تعجیل کوونکي برتري دواندګراف جنراتورپه پرتله داده چې دالکترونواوایونوجریان شدت یې ډیرلوړدی. د بېلګې په توګه آن ترلس ملي امپیرالکترونوجریان **10 mA** اوترسل ملي امپیرایونوجریان **100 mA** تولیدکوي.

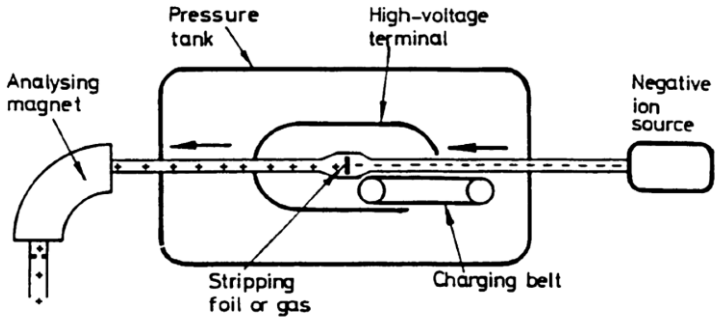
څلورم :تاندم تعجیل کوونکی (Tandem Accelerator)

نوموړی یوالکتروستاتیک تعجیل کوونکی ماشین دی چې دتعجیل کوونکي ولټیج څخه دوه ځله ګټه پورته کیږي. په لومړی برخه کې منفي ایونوته تعجیل ورکول کیږي اوپه دویمه برخه کې منفي ایونونه په مثبت ایونو اوړي اودځمکې پوتنشل خواته تعجیل مومي اوله دې کبله دوه ځله ورڅخه ګټه پورته کیږي. دنوموړي تعجیل کوونکي ماشین عمده برخي عبارت دي له :

- ۱- دمنفي ایونوسرچینه ،۲- واندګراف جنراتور ،۳- لوړولټیج الکترودڅخه جوړدی .

دتعجیل کوونکي ټیوب په مرکزي برخه کې یوه الکترودشتون لري چې دواندګراف جنراتور په مټ آن ترمیګاولټیج پورې مثبت چارج کیږي اوله دې کبله دلوړولټیج ترمینل تیوب High Voltage Terminal په نوم یادیږي . په لومړي پړاوکې دهایدروجن منفي ایونونه دیوې ځانګړې منبع څخه راوځي چې دځمکې په پوتنشل پرته ده اود میګاولټیج مثبت الکترودخواته تعجیل مومي. دتعجیل کونکي په لومړۍ برخه کې دهایدروجن منفي ایونونه په اندازه د E = e U انرژي ترلاسه کوي. دمیګاولټیج ترمینل تیوب په منځ کې یوه خونه شته ده چې د Stripping chamber په نوم یادیږي. دهایدروجن منفي ایونونه نوموړي خونې ته ورننوځي اوهلته دیوه ګاز strippergas څخه تیریږي اویاداچې دکاربن یوې نرۍ پاڼې carbon foil سره تماس پیداکوي. په همدې خونه کې دهایدروجن

منفي ايونونه خپل دوه الکترونه دلاسه ورکوي اوپه مثبت ايونواوړي. ورپسې دهايدروجن مثبت توليدشوي ايونونه دميګاولټيج ترمينل تيوب مثبت چارجونو له خوادفع repel کيږي . په پايله کې دهايدروجن مثبت ايونونه دتعجيل کوونکي ټيوب په دويمه برخه کې يوځل بيا تعجيل مومي، داځکه چې دتعجيل کوونکي ټيوب اخر برخه دځمکې په پوتنشل پرته ده. دتعجيل کوونکي ټيوب په اخر برخه کې دهايدروجن مثبت ايونونه دوه چنده انرژي $E = 2eU$ ترلاسه کوي. ددې لپاره چې دبرقي شارټې مخنيوی شوی وي نودترمينل تيوب شاوخوا برخه دفلزي بکس په واسطه احاطه شوی اود (SF6) ګازډپه لوړفشارسره ډکه شوې ده . دنوموړي ګازپه مټ دترمينل تيوب شاوخوابرخه عايق ساتل کيږي . په ټوليزه توګه دهايدروجن مثبت ايونونه دتاندم تعجيل کوونکي ماشين په مټ آن تر پنځه ويشت ميګا الکترون ولټ 25 MeV پورې انرژي ترلاسه کوي. .دتخنيکي پوهې په موخه ديادولووړده چې دمنفي ايونوسرچينه اوهمدارنګه د تاندم تعجيل کوونکي اخر برخه دځمکې په پوتنشل earth potential ساتل کيږي. دنوموړي تعجيل کوونکي ماشين نيمګړتياداده چې يوازي منفي ايونوته تعجيل ورکولای شي خو الکترونونه پکې تعجيل نه شي موندلای.



۳-۱۱ شکل : دتاندم تعجيل کوونکي ماشين تيوب ښوول شوی دی چې منفي چارج شووايونو ions ته دوه ځله تعجيل ورکوي.

خوتجربوډيرزړپه ډاګه کړه چې دمتمادي ولټيج په مټ بځرکوته دومره تعجيل نه شوورکولای چې تر څومیګا ولټ پورې انرژي ترلاسه کړي . داځکه چې که دتعجيل کوونکي ولټيج قيمت ديوميګاولټ MV څخه پورته شي نود استوانه يي شکله الکترودونوپه شاوخواکې هوا آيونايز کيږي اودرښاقوس منځ ته راځي .

همدالامل ووچې د 1930 زکال کې څخه راپديخوا دويم ډول خطي تعجيل کوونکي ماشينونه جوړشول چې دمتمادي ولټيج پرځای دمتناوب ولټيج په مټ کارکوي . د ښلګې په توګه لکه وايدروخطي تعجيل کوونکی ماشين : (Wideröe Linear accelerator)

■ دمتناوب ولټيج تعجيل کوونکی : (Alternating voltage accelerator)

په 1923 زکال کې دمتناوب ولټيج خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزنظريه ديوه سويډني Sweden فزيک پوه له خوا وړاندې شوه خوپر 1928 زکال کې دناروېجن Norwegen هيوادانجينر Wideroe له خواپه عملي توګه ترسره شوه.

دمتناوب ولټيج تعجيل کوونکي ماشينونه يوډول آلات دي چې دوخت اوځای په تړاومتغيرلوړفريکونس متناوب برښنايز ساحي E(x,t) په مټ چارج شووبځرکوته تعجيل ورکوي. دالکتروستاتيک تعجيل کوونکوماشينونواستعمال عمده محدوديت دادی چې که ديوتنشل تفاوت ترځومیګاولټ MV سرحدپورې ورسيږي، نوپه برښنايز سرکټ کې دبرقي سقوط breakdown پښه منځ ته راځي.

ځرنګه چې په متناوب ولټيج تعجيل کوونکوماشينونوکې دبځرکودتعجيل لپاره دالکترومقناطيسي ساحې راډيوفريکونس (3kHz - 300 GHz) څخه ګټه پورته کيږی نوهمدالامل دی چې دبرقي سقوط پښه breakdown منځ ته نه راځي.

داځکه چې په متناوب ولټيج ماشينونوکې دچارج شوو بځرکوبنډل bunch هغه مهال تعجيل کوونکي ټيوب ته ورننوځي کله چې دوخت په تړاودسايندوله sine متناوب برښنايز ساحې E(t) قطب دبځرکولپاره دتعجيل کولو مناسب قطب ولري.

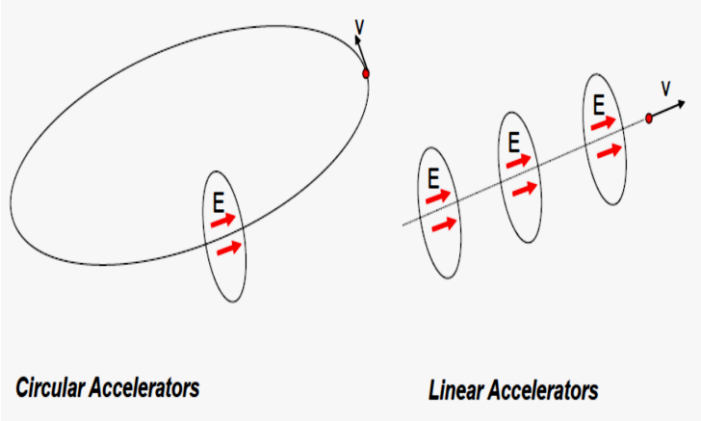
په ټوليزه توګه يو متناوب ولټيج تعجيل کوونکی ماشين دلاندې برخوڅخه جوړدی:

- د چارج شووبځرکويوه سرچينه Charge source،
- دهواځخه تش يوتعجيل کونکی ټيوب Vacuum tube
- دټيوب په منځ کې يوسلسه الکترودونه Electrodes
- دساين ډوله sine متناوب ولټيج سرچينه
- اوديوې نښې Target څخه جوړدی چې لوړانرژي بځرکي وربانديې بمباردکيږي .

دتعجيل کوونکي ټيوب په محورکې استوانه يي ډوله او ياهموارالکترودونه په يوه قطار اوپه ټاکلې فاصله کې يوپر بل پسې عايق ټرل شوې وي .د تعجيل کوونکي الکترودونه په يوه جنراتورباندي ټرلي دي چې د متناوب ولټيج سرچينه تشکيلوي . دمتاوب ولټيج فريکونسي داسې اعيارکيږي چې ديوې دورې period نيمايي وخت T/2 څخه وروسته هره گاونډی الکترودتعجيل په صحيح قطب اوړي . په پايله کې چارجونه دهرې الکترود ترمنځ واټن کې تعجيل مومي .

دمتناوب ولټيج تعجيل کوونکي ماشينونه کولای شي چې چارج شوو بځرکوته يادا چې په مستقيم مسيرکې تعجيل ورکړي اويا په دايروي شکله مارپيچ ډوله مسيرکې تعجيل ورکړي . همدالامل دی چې دمتناوب ولټيج تعجيل کوونکي ماشينونه دبځرکودمسيرپه ټراوپه دوه ډوله ويشل شوي دي .

راډيوفريکونس خطي تعجيل کوونکي ماشينونه RF linear accelerators



۴-۱۱ شکل : ښې خواته دخطي تعجيل کوونکي ماشين مسيرښوول شوی دی اوکيې خواته ددايروي تعجيل کوونکي ماشين مسيرښول شوی دی. برښنايز ساحه په E اودچارج شوي بځرکي سرعت په v کښل شوی دی.

- **دخطي تعجيل کونکي ماشين بنسټيز جوړښت :**

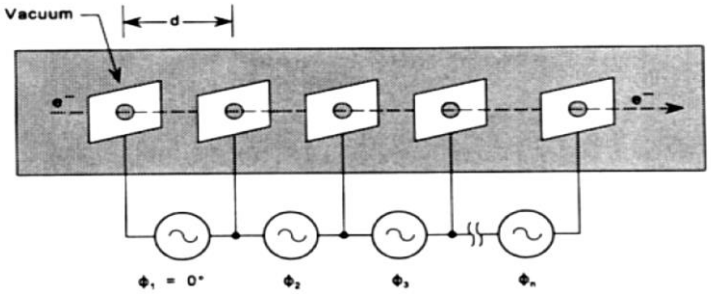
(Basic structure of linear accelerator)

دبځرکوخطي تعجيل کوونکی ماشين برښنايز چارج شووبځرکوته دمستقيم مسير په اوږدوکې تعجيل ورکوي او ديوې متمادي اويادیوې متناوب ولټيج منبع په مرسته کارکوي .

په ۵-۱۱ شکل کې ديوه خطي تعجيل کونکي بنسټيز جوړښت ښوول شوی دی چې چارج شووبځرکوته د بېلگې په توگه الکترونو e^- ته دساين sine ډوله متناوب ولټيج په مټ سم سيخ تعجيل ورکوي.

ديوه تعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې چې دهواځخه تش دی يوسلسله هموارالکترودونه پرلپسې په يوه استقامت سره ترلي دي. دالکترودونوپه مرکزي برخه کې سوري جوړشوي دي چې الکترونونه ورځخه تيريدلای شی . دګاونډيو الکترودونوترمنځ توپيرلرونکی متناوب ولټيج منبع نښلول شوی دی چې په خپل وارسره په $\varphi 1,\varphi 2,\varphi 3,\ldots\ldots,\varphi n$ باندې کښل شوي دي . دالکترودونوترمنځ فاصله په d او دالکترونوجريان په e- ښوول شوی دی . الکترونونه دکينې خواځخه ښي خواته دمتناوب ولټيج په مټ پرلپسې تعجيل مومي اودټيوب ځخه بهرته راوځي .

ديوې ډيرساده محاسبې له لارې اټکل کيدلای شي چې په کوم فريکونسي سره دالکترودونوقطبونه په هم غړی او صحيح توګه تغيروکړي ترڅوچارج شوي بڅرکي تعجيل وکولای شي.

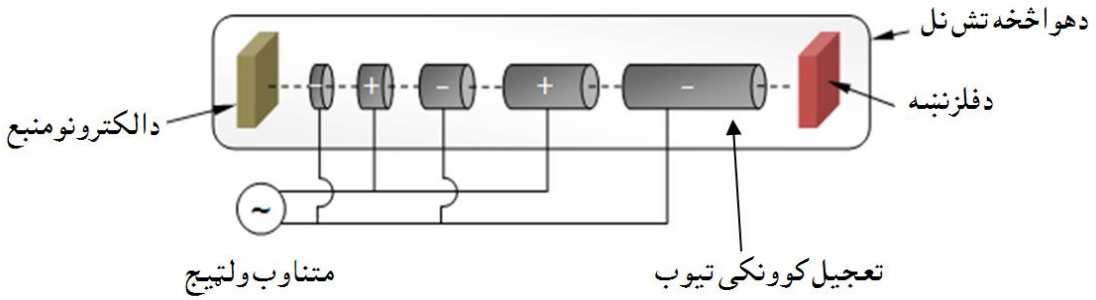


١١- ٥ شکل : دخطي تعجيل کوونکي يوډيرساده جوړښت ښوول شوی دی چې ديوسلسله الکترودونوڅخه جوړدی . نوموړي الکترودونه چې په منځ کې يوسوری لري په توپيرلرونکي متناوب ولټيج سرچينه باندې ترل شوي دي اوقطبونه يي په خپل وارسره مثبت چارج اومنفي چارج ځانته غوره کوي

د بېلګې په توګه که چېرته فرض کړوچې په خطي تعجيل کوونکي ماشين کې الکترونولږڅه دنورسرعت c ترلاسه کړی دی اودګاونډيوالکترودوترمنځ فاصله لس سانتي متر ده $d = 10\ cm$ نوهغه فريکونس چې دالکترودونو قطب ته په مناسب وخت اوپه همغړی کې تغيرورکړي ترڅوچارجونه پرلپسې تعجيل ومومي ، په لاندې ډول ترلاسه کيږي.

$$t = \frac{d}{c} = \frac{0{,}1m}{3{,}10^8 \mathrm{m/s}} = 0.3{,}10^{-19}\mathrm{s} \Longrightarrow f = 3{,}10^{-19}Hz = 3GHz$$

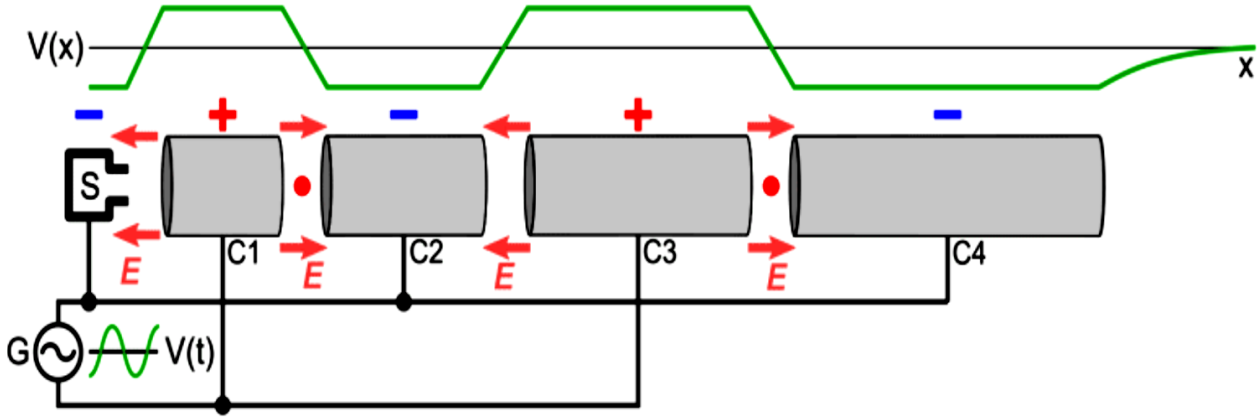
پورتنی محاسبه په ډاګه کوي چې دخطي تعجيل کوونکي ماشين دمتناوب ولټيج فريکونس بايددرې ګيګاهېرڅ وټاکل شي ترڅوالکترونونه دهرې الکترودپه منځ واټن کې تعجيل ومومدلای شي . نوموړی فريکونسي دالکترومقناطيسي مايکروڅپې Microwave فريکونس سره سمون لري .



١١- ٦ شکل : دبڅرکومتناوب ولټيج خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزجوړښت ښوول شوی دی چې دهموارواالکترودونو پرځای ديوسلسله استوانه يي ډوله اودهواځخه تشو الکترودونوڅخه جوړدی اوقطبونه يي په خپل وارسره مثبت چارج اومنفي چارج ځانته غوره کوي .

په ۱۱- ٦ الف شکل کې دبڅرکومتناوب ولټيج ديوه پرمخ تللي خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزجوړښت ښوول شوی دی چې ديوسلسله استوانه يي ډوله اودهواڅخه تشو الکترودونو C_1, C_2, C_3, C_4 څخه جوړدی . نوموړی خطي تعجيل کوونکی ماشين دمثبت ايونو ions يوې سرچينې S . دوخت په تړاويومتناوب ولټيج جنراتور G څخه جوړدی . ديوه ځانګړي متناوب لوړولټيج په مټ دمثبت ايونوسرچينې څخه دايونوionsيوبنډل راوځي چې دانجکتر injector په نوم يادېږي ، کله چې دمنبع S څخه مثبت ايونونه دتعجيل کوونکي ماشين تيوب سربرخې ته ورننوځي ، نودجنراتور G لوړفريکونس متناوب ولټيج V(t) په مټ داستوانه يي ډوله الکترودونو C_1, C_2, C_3, C_4 په اوږدوکې تعجيل مومي . په نوموړي شکل کې دمثبت آيون بڼه په يوه غټ تور ټکي ښوول شوې ده . هرکله چې د C_1, C_2, C_3, C_4 الکترودنوترمنځ دچاک واټن په منځ کې gape دمتناوب ولټيج مساعدقطب منځ ته راشی نومثبت ايونونه تعجيل مومي اوسرعت يې پرلپسې زيات کيږي . همدالامل دی چې دتعجيل کوونکو استوانه يې الکترودونو C_1, C_2, C_3, C_4 هندسي طول دمثبت ايونودسرعت سره سم بايد پرلپسې اوږدشي ترڅو دهغوی ترمنځ هم غږي منځ ته راشي اودتعجيل کولو کړنلاره پرته له خنډ اوڅنډترسره شي . دهرې يوې تعجيل کوونکې استوانه يې الکترودطول دجنراتورمتناوب ولټيج په فريکونس ،دمتناوب ولټيج V(t) په قدرت اودتعجيل کوونکوبڅرکوپه ډول پورې اړه لري .

همدارنګه دتعجيل کوونکو استوانه يې ډوله اوپه منځ کې د تشو الکترودونو C_1, C_2, C_3, C_4 دمحورپه اوږدوکې دځای x يعنې محل په تابع سره د برښنايز پوتنشل V(x) شيبه ايز momentarily ګراف کښل شوی دی .مجرديکې چې دنوموړواستوانه يې الکترودونود اخر برخې څخه مثبت ايونونه راووځي نوسمدلاسه دراډيوفريکونس متناوب ولټيج V(x,t) قطب برعکس کيږي اودمساعدتاکل شوي قطب په اساس مثبت ايونونه دالکترودونوترمنځ واټن کې تعجيل مومي . پايله يې داده چې د راډيوفريکونس برښنايز پوتنشل electrical potential په هره نيمايي دوره کې T/2 مثبت ايونونه دهراستوانه يې الکترودطول څخه تيريږي او ورپسې تعجيل مومي .

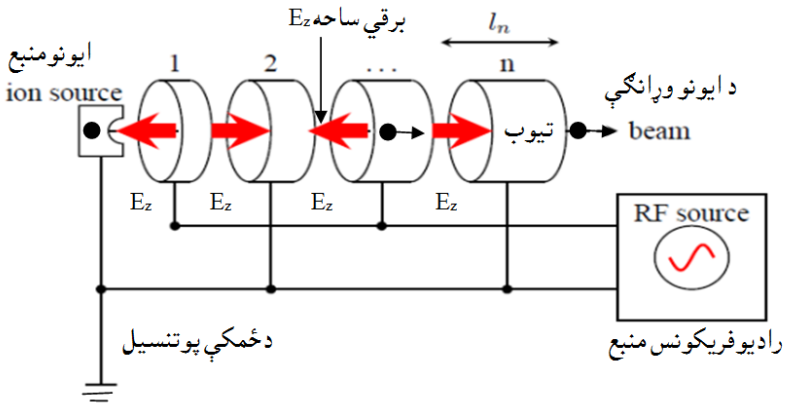


۱۱- ٦ شکل الف : دبڅرکومتناوب ولټيج يو پرمخ تللي خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزجوړښت ښوول شوی دی چې ديوسلسله استوانه يي ډوله اودهواڅخه تشو الکترودونو C_1, C_2, C_3, C_4 اودمثبت ايونو يوې سرچينې S څخه جوړدی . دنوموړی ماشين دننه برخه د فضاء يي پمپ vacuum pump په مټ دهوا څخه تشه کيږي ترڅودهواماليکولونواومثبت ايونو ترمنځ ټکرمنځ ته رانشي اودسرچينی S څخه ازادشو ي چارجونه خپله انرژي دلاسه ورنکړي . ځرنګه چې نوموړي استوانه يي ډوله تش الکترودونه C_1, C_2, C_3, C_4 دوخت په تړاوپه يوه متناب وليتج باندې تړلي دي V(t)نوله دې کبله دهغوی قطبونه په خپل وارسره مثبت چارج اومنفي چارج ځانته غوره کوي .

- **وايدروخطي تعجيل کوونکی ماشين : (Wideröe Linear accelerator)**

په 1927 زکال کې لومړی خطي تعجيل کوونکې ماشين دناروی هيوادفزيک پوه Rolf Wideröe له خواوازمويل شوچې په متناوب لوړفريکونسي سره کارکوي . په ۱۱- ۷ شکل کې دوايدرو Wideröe تعجيل کوونکی ماشين ښوول شوي دي چې ديوسلسله فلزي

استوانه يي ډوله تيوبونو Drift tube څخه جوړدی . په نوموړي شکل کې دا تيوبونه پرلپسې په (1,2,3,4,.....n) نښوول شوي دي . دټيوب هر الکترودراډيوفرکونس (1 MHZ) متناوب ولټيج .A.C په منبع باندې ټرلې ده اوقطبونه يي په خپل وارسره مثبت چارج اومنفي چارج ځانته غوره کوي . دمتناوب ولټيج فرکونسي په مټ دوايدروwideröe تيوبونو قطبونه پرلپسې داسې تغيرکوي چې که چارج شوي بڅرکي داستوانه يې ټيوبونوترمنځ واټن gape کې حرکت کوي نوهلته دبرښنايز ساحې Ez تعجيل کوونکې دامنه وربانديې اغيزه کوي اوکله چې چارج شوي بڅرکي دتعجيل کونکوټيوبونوپه داخلي برخه کې حرکت کوي نوهلته منفي دامنه شتون لري اوله دې کبله تعجيل نه مومي . کله چې تعجيل کوونکي ټيوبونه منفي قطب ولري نودتيوبونو په داخلي فضاء کې برښنايز ساحه تل $E_z(t) = 0$ صفرده . داځکه چې په نوموړي حالت کې تعجيل کوونکي ټيوبونه لکه دفارادی قفس Faraday cage په توګه کارکوي . په دې معنی چې دتعجيل کوونکوتيوبونو په دننه برخه کې برښنايز چارجونه دبهرنی متناوب برښنايز ساحې $E_z(t)$ منفي دامنې اغيزې څخه په امن کې ساتل کيږي اودټيوبونوپه تشه دننه برخه کې پرته له خنډاوځنډپه ثابت سرعت سره مخ په وړاندې حرکت کوي. خوپه مجردیکې چې دچارج شوو بڅرکو بنډل دهريوه تيوب اخر ې برخې څخه بهرته راووځي نودګاونډيوتيوبونوترمنځ واټن کې gape دمتناوب برښنايز ساحې $E_z(t) \sim \sin(\omega t)$ دامنه سمدلاسه دمنفي څخه مثبت خواته تغيرکوي اوله دې کبله دبڅرکو بنډل ته پرلپسې تعجيل ورکوي .



۷ -۱۱ شکل : دوايدرو Wideröe خطي تعجيل کوونکي ماشين جوړښت نښوول شو دی چې ديوسلسله استوانه يې تيوبونو، راډيوفريکونسي منبع اودمنفي ايونومنبع څخه جوړدی . دګاونډيوتيوبونوترمنځ تش واټن کې دبرقي ساحې $E_z(t)$ شيبه ايزسمت په وکټور نښوول شوی دی اويودبل سره مخالف جهت لري .ځرنګه چې دچارج شوو بڅرکو بنډل دتيوبونوترمنځ واټن کې پرلپسې انرژي ترلاسه کوي اوسرعت يې ډېرښت مومي نوله همدې لا مله ضرورده چې دګټل شوې حرکې انرژی سره په همغږي کې دتيوبونوطول L_n اوږدشي.

ددې لپاره چې چارج شوي بڅرکي دلوړفريکونسي سره په همغږی کې تعجيل وموندلای شي،نوبايدچې ددووګاونډيو تيوبونو gape ترمنځ فاصله دلوړفريکونسي يوه پريود period = T سره مساوي وي .که چېرته دچارج شووبڅرکوسرعت په v_n او د برښنايز څپې اوږدوالی په λ اودنورسرعت په c وښيونواړين ده چې دهريوه تيوب طول L_n لاندې قيمت ولري.

$$L_n = \frac{v_n}{c}\frac{\lambda}{2} = \beta_n \frac{\lambda}{2} \qquad (11,1)$$

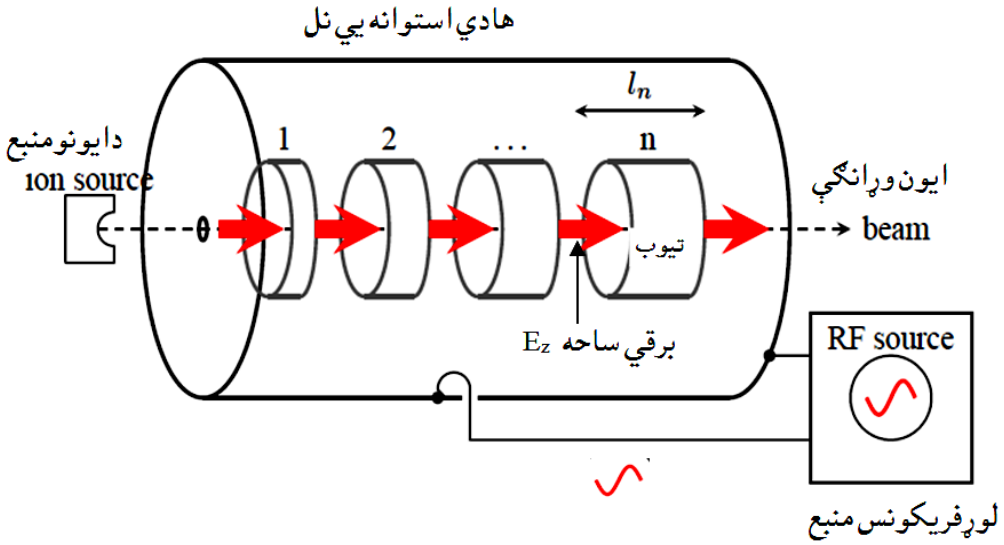
دپام وړ: دوايدرو Wideröe خطي تعجيل کوونکي ماشين نيمګړتياداده چې که په ټيټه کچه فريکونسي باندې کاروکړي نو دټيوبونواوږدوالي ډيرزيات کيږي اوکه چېرته په لوړفريکونسي لکه راډيوفريکونسي باندې کاروکړي نودلوړفريکونس قدرت ډيرضايع کيږي.

- **دألفاريز خطي تعجيل كوونكى ماشين : (Alvarez linear Accelerator)**

ددويمې نړيوالې جګړې په ترڅ کې دلوړفريکونس منبع HF-Source لکه رادارRadar انکشاف منځ ته راغی. همدالامل شوچې لوړفريکونسي تعجيل کوونکي ماشينونه جوړشول. يوه وتلي بيلګه د ألفاريزتعجيل کوونکى ماشين دی چې دراډيوفريکونسي سرچينې په مټ کارکوي.

په ۱۱- ۸ شکل کې دألفاريز متاوب ولټيج A.C خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزجوړښت ښوول شوی دی چې دلومړي ځل لپاره ديوه امريکايي کارپوه ألفاريز L.W.Alvarez له خوا په 1946 کال کې جوړشو.

دألفاريزAlvarez تعجيل کوونکى ماشين ديوه ټانک (Tank) په شان غټ ديوه استوانه يې ډوله ټيوب څخه جوړ دی چې د محورپه اوږدو کې پرلپسې دوايدرو Widerö تعجيل کوونکي کوچني تيوبونه (Drift tubes) لري . نوموړي ټيوبونه دفلزي ميلو rods په واسطه دټانک ديوال سره ځوړندټرلي دي او په 1,2,3,.....,n عددونوباندې ښوول شوي دی .



۱۱- ۸ شکل : د ألفاريزAlvarez خطي تعجيل کوونکي ماشين تخنيکي پايپ ښوول شوې دی . کله چې دايونومنبع څخه پروتونونه protons راووځي نودتعجيل کوونکو تيوبونو (Drift tubes) په مرسته پرلپسې تعجيل مومي .دائکه چې دګاونډيوټيوبونوترمنځ واټن کې gape دولاړې څېې برېښنايز ساحې Ez سمت دايونودحرکت سمت سره يوشان دی. دولاړې څېې برېښنايز ساحه E_z په وکټورونواودتيوبونو شمېرپه n ښوول شوی دی .

استوانه يې ټانک (Tank) د راډيوفريکونس په منبع (RF source) ټرلی دی چې فريکونس يې دسلوڅخه تردوه سوه ميګاهرڅ 100 -200 MHz پورې رسيږي . دنوموړې فريکونسي په مټ دټانک په منځ کې تعجيل کوونکو تيوبونه (Drift tubes) په تحريک راځي. په پايله کې دټانک په منځ کې لوړفريکونسي ريزونېنس Resonance ولاړې څېې standing wave توليد کيږي .

د ألفاريزAlvarez خطي تعجيل کوونکي استوانه يې ټانک (Tank) دتشې فضاء يې خونې ريزونېټر Cavity resonator cell په توګه کارکوي.

دألفاريز تعجيل کوونکو جوړښتونو کې پروتونونه protons آن تردوه ديرش ميګاالکترون ولټ (32 MeV) پورې انرژي ترلاسه کوي.

په کين خوا کې دايونويوه منبع ده چې برېښنايز چارج شوي بڅرکي لکه پروتونونه اوسپک ايونونه ورڅخه راوځي او استوانه يي ريزونيټر ټيوب (ټانک) cylindrical resonator ته ورننوځي . دټانک په منځ کې د راډيوفريکونسي څېې دماکسول

معادلې Maxwells equations پراساس خپريږي او په پايله کې داستوانه يي ريزونيټرپه منځ کې ولاړې څپې توليدکوي. دماکسول معادلو دحل جمله په ډاګه کوي چې لايتناهي اهتزازونه شتون لري . خو دألفاريز په تيوبونوکې يوازې ترټولوټيټ اهتزازځخه ګټه پورته کيږي .

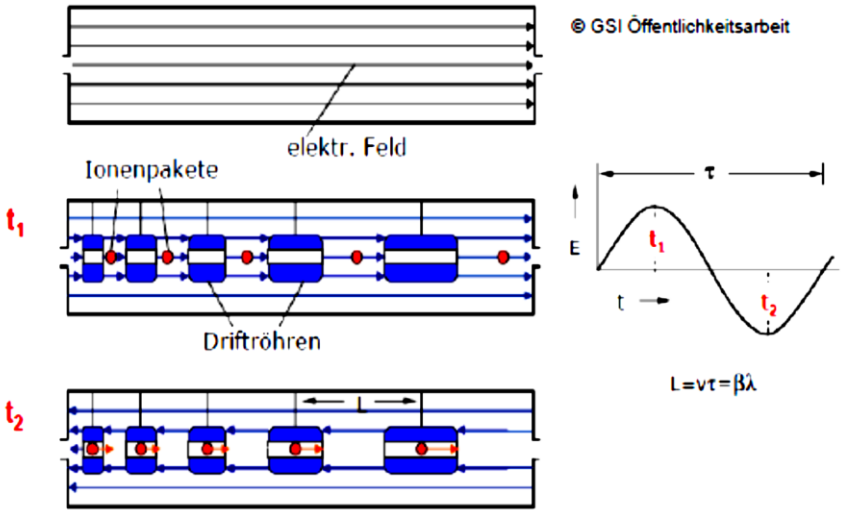
دتعجيل کوونکي ټيوبونو Drift tubes ترمنځ برېښنايز ساحه Ez دبهرنۍ تحريک کوونکي راډيوفريکونسي ولټيج سرچينې سره په هم غږي کې دريزونينس Resonance په فريکونسي اهتزازکوي. برخلاف دوايدروتعجيل کوونکي ماشين ، دالفاريزپه ماشين کې دتعجيل کوونکوټيوبونرترمنځ واټن gap کې برېښنايز ساحه يوشان فاز phase لري.

داستوانه يي ريزونيټردمنځ فضاء د راډيو څپې دتداخل ترټولو کوچني فريکونسي په واسطه ډکه کيږي چې د TM010 = E010 mode په نوم يادېږي .

په نوموړي موډ 2π-mode کې دولاړې څپې مقناطيسي ساحې برخه د Z محور په اوږدوکې صفرده Hz = 0 خودولاړې څپې د برېښنايز ساحې برخه Ez ≠0 خلاف دصفرده . دتعجيل کوونکوټيوبونو (Drift tubes) ترمنځ واټن کې (gape) برېښنايز ساحه Ez دراډيوفريکونسي منبع سره په همغږې کې اهتزازکوي .

کله چې پروتونونه اوياسپک ايونونه ions دټيوبونوترمنځ واټن gape ته ورننوځي نودراډيوفريکونسي برېښنايز ساحې E_z مثبت دامنې په واسطه پرلپسې تعجيل مومي . داځکه چې کله ديوه تش استوانه يي ريزونيټر(ټانک)په منځ فضاء کې لوړفريکونسي ولاړې الکترومقناطيسي څپې اهتزازکوي نود برېښنايز ساحې TM010 = E010 قوه داستوانه يي ريزونيټر په منځ کې يوخواسمت لري .

خوکله چې دبرقي ساحې Ez سمت منفي خواته تغيروکړي نوپه همدې ترڅ کې ايونونه دټيوبونوپه منځ کې په ثابت سرعت حرکت کوي او دبرقي ساحې E_z داغيزې څخه خوندي ساتل کيږي . داځکه چې دفاراداى Faraday قانون له مخې دټيوبونوپه منځ کې برېښنايز ساحه $E_z = 0$ صفرده .



۱۱- ۹- شکل : په پاس برخه کې استوانه يي ډوله بهرنۍ ټانک پرته له وايدرو Widerö ټيوبونو ليدل کيږي چې په منځ کې يې دولاړوځپو برېښنايز ساحه elektr.Feld په وکټورونوښوول شوی ده.

دشکل په منځ برخه کې تعجيل کوونکي وايدروټيوبونه wideröe Driftröhren دټانک په ديوال باندې ځوړنددي اود بريښنايز ساحې E_Z په مټ دپريود t_1 په ترڅ کي دايونونو ionsبنډولونوته د ښي خوانه کيږ خواته تعجيل ورکوي. دپام وړه چې نوموړي ټيوبونه يوشان فاز phase لري.

دشکل په لاندې برخه کې که څه هم د بريښنايز ساحې E_Z سمت دمثبت څخه منفي خواته تغيرکوي چې په وکټورونوکښل شوی دی . دپريودمنفي برخې t_2 په ترڅ کې ايونونه دتعجيل کوونکي ټيوبونوپه منځ کې په ثابت سرعت حرکت کوي او دفاراداى Faraday اغيزې په اساس دمنفي ولټيج داغيزې څخه په امن کې ساتل کيږي .

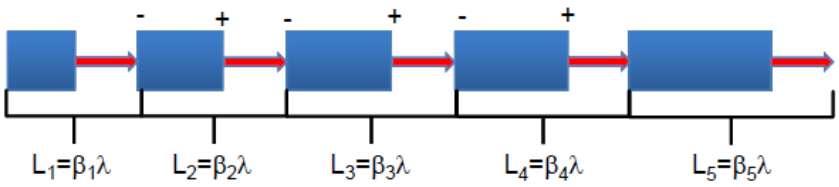
څرنګه چې ايونونه ions دثابت راډيوفريکونسي ولاړې څپې بريښنايز ساحې E_z په مټ دټيوبونوترمنځ واټن کې پرلپسې انرژي ترلاسه کوي نوله همدې لامله دټيوب طول باید چې ورسره مطابق اوږد شي ترڅودګاونډيو ټيوبونو ترمنځ واټن gape کې بريښنايز ساحې E_z او هلته درسيدونکو ايونوترمنځ هم غږي synchronism برقرارشي.

د ألفاريزAlvarez دتعجيل کوونکوټولوټيوبونوترمنځ واټن (gape) کې دولاړې څپې بريښنايز ساحې E_z سمت دايونو ions دحرکت سمت سره يوشان جهت اوهم مهال يوشان فاز phase لري .

خوداپه دې شرط سره امکان لري کله چې ايونونه د ګاونډيو تيوبونو ترمنځ واټن جمع ديوه ټيوب طول L_n ، دولاړې څپې بريښنايز ساحې E_z داهتزازپه يوه پريود $T = \frac{2\pi}{\omega}$ کې طی کړي .

$$L_n = \frac{v_n}{c}\lambda = \beta_n \lambda \qquad (11,2)$$

په (11,2) معادله کې λ ، دولاړې څپې بريښنايز ساحې دڅپې اوږدوالی دی، v_n په n ټيوب کې دايونوسرعت دی او c دنورسرعت لپاره ليکل شوی دی .



۱۱- ۱۰ شکل : د ألفاريزAlvarez تعجيل کوونکي ټيوبونومثبت اومنفي قطبونه ښوول شوي دي . دپام وړه چې په مجموع کې نوموړي ټيوبونه خنثي دي او بريښنايز چارج نه لري.

■ دايروي اومارپيچ ډوله تعجيل کوونکي ماشينونه : (Circular particle accelerators)

سريزه :

دبځرکودايروي تعجيل کوونکي آلات داسې تخنيکي ماشينونه دي چې د راډيوفريکونسي RF برېښنايز ساحې E په مټ الکترونو، پروتونو او ايونونه تعجيل ورکوي او دمقناطيسي ساحې B په مرسته په دايروي مسيرکې راځرخيږي .
د ساري په ډول بيتاترون betatron ، سايکلوترون cyclotron ، مايکروترون Microtron ،سينکروترون synchrotron. اوداسې نوردرواخله .

دتعجيل شو وبځرکو حرکي انرژي ΔE د برېښنايز پوتنشل تفاوت ΔU اود برېښنايز چارج q دحاصل ضرب څخه ترلاسه کيږي (ΔE = q ·ΔU) . دياډولووړده چې که په متمادي خطي تعجيل کوونکي دستګا ه کې دبرقي ولټيج تفاوت ديوملیون ولټ څخه (ΔU=1000000 V) واوړي نوپه ماشين کې دبرقي شارټي لامل ګرځي . په دې معنی چې نوموړي آلات بځرکوته ديوملیون انرژي څخه پورته تعجيل نه شي ورکولای . همدالامل دی چې دنوموړوآلاتواستعمال محدوددی .

په يوه دايروي تعجيل کوونکي ماشين کې چارج شوي بځرکي دالکترومقناطيسي ساحې په مرسته ترهغه وخته پورې په يوه دايروي اويامارپيچ ډوله مسيرکې تکراري حرکت کوي ترڅوچې په کافي اندازه انرژي ترلاسه کړي . يوازې دپياوړې الکترومقناطيسي ساحې په مرسته سره چې دځمکې دمقناطيسي ساحې په پرتله سل زره ځله پياوړې ده کولای شوچې چارج شوي بځرکي دهغوی دانرژي دډيرښت سره سم په يوه دايروي مسير کې راوستل شي . په تجربوکې د الکترومقناطيسي جريان کثافت اته تيسله tesla ته رسيږی .

■ بيتاترون (Betatron) :

بيتاترون انډکشن induction ډوله تعجيل کوونکی ماشين دی چې الکترونواوپوزيترونو positron ته په يوه دايروې مسيرکې پرلپسې تعجيل ورکوي. دبيتاترون نوم ځکه ورکړشوی دی چې په ډيری سره لوړانرژي الکترونوته بيتا بځرکي $\beta - particles$ ويل کيږي. په نوموړې راډيو تراپي آله کې الکترونوته آن تر پنځه څلويښت ميګاالکترون ولټ پورې 45 MeV حرکي انرژي ورکول کيږی
دبيتاترون تعجيل کوونکی ماشين جوړښت په لاندې ډول دی .

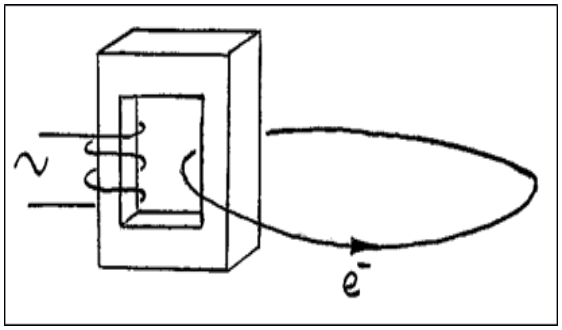
- د الکترونو يوه سرچينه Filament،
- داکس وړانګو هدف x-ray target،
- دهواڅخه تش ټيوب Evacuated doughnut ،
- يوه انحراف کوونکي الکترود Deflector اودوخت په تړاوبدليدونکي الکترومقناطيسي ساحې (dB/dt) څخه جوړدی .

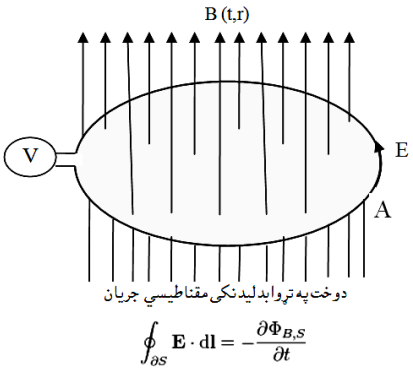
بيتاترون تعجيل کوونکی ماشين ديوه ترانسفرمر Transformer په توګه کارکوي چې دلوموړي ګوټک primary coil پرځای دوخت په تړاوبدليدونکې يوه الکترومقناطيسي برخه لري اودثانوي ګوټک secondary coil پرځای يو دايروي شکله استوانه يې ترلی تش ټيوب تشکيلوي . په لومړي ګوټک کې متناوب جريان بهيږي چې فريکونس يې پنځوس هرځ دی 50 Hz اوله دې کبله په خپل شاوخواکې دوخت په تړاوبدليدونکې مقناطيسي ساحه (dB/dt) توليدکوي.

دفاراډای انډکشن قانون په اساس Faraday's law of induction دوخت په تړاوبدلیدونکې مقناطیسي ساحې شدت dB/dt په دویم ګوټک کې $\mathrm{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ یوه دایروي شکله برېښنایز ساحه $E_{induced}$ تولیدکوي. دکتودځخه دحرارت په واسطه ازادشوي الکترونونه دحلقوي شیشه یې تیوب منځ برخې ته ورننوځي او د انډکشن برېښنایز ساحې $E_{induced}$ په مټ په یوه دایروې مسیرکې تعجیل مومي .

دبیتاترون په ماشین کې ددویم ګوټک پرځای دهواځخه تش دایروي شکله تړلی شیشه یې تیوب دی چې دثانوي ګوټک دیوې کړۍ په توګه کارکوي . کله چې دکتودفیلامینت filament سیم ته حرارت ورکړشي نوالکترونونه ازادکیږي او دنوموړي دایروې شکله شیشه یې ټیوب منځ برخې ته ورشړل کیږي .په پایله کې په نوموړي شیشه یې تیوب کې د کتودالکترونوجریان بهیږي اوداندډکشن برېښنایز ساحې $E_{induced}$ په مټ دایروي مسیرکې تعجیل مومي. بلخواځرنګه چې دایروي اواستوانه یې شکله شیشه یې تیوب د لومړي ګوټک الکترومقناطیسي ساحې dB/dt په قطبونوکې قرارلري ، نوله دې کبله دکتودځخه ازادشوي الکترونوباندې مقناطیسي ساحه B اغیزه کوي اوالکترونونه په یوه دایروې مسیرکې کلک ساتي . هم مهال دانډکشن برېښنایز ساحې $E_{induced}$ په مټ دکتودالکترونونه په دایروي مسیرکې راځرخیږي اوپرلپسې په هره دوره کې د برېښنایز ساحې په مټ انرژي ترلا سه کوي .

که چېرته په لومړي ګوتک کې دوخت په تړاومقناطیسیي ساحه dB/dt تغیروکړي نو دانډکشن قانون پر اساس په دویم ګوټک کې دایروي شکله برېښنایز ساحه تولیدکیږي $\mathrm{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ اوورسره سم یو برېښنایز جریان I منځ ته راځي . دثبوت لپاره که چېرته اوس د دایروې شکله شیشه یې ټیوب په منځ کې دفلزي سیم یوه حلقه کیږدواوځنډې یې په یوه ولټ متربانديې وتړونویوټاکلی مقدارولټیج U_{ind} اندازه کولا ی شو.په بله معنی په لومړي ګوټک کې primary coil دوخت په تړاوبدلیدونکې مقناطیسي ساحه ددې لامل ګرځي چې په دویم ګوټک کې دفلزي سیم په اوږدوکې یوخواد انډکشن برېښنایز دایروې شکله ساحه تولیدکړي $E_{induced}$ اوبلخوادفلزي سیم په حلقه کې دالکترونوجریان منځ ته راولي . تولیدشوی برېښنایز جریان دمقناطیسي ساحې dB/dt په مټ په یوه دایروې مسیراوټاکلې شعاع کې محدودساتل کیږي .

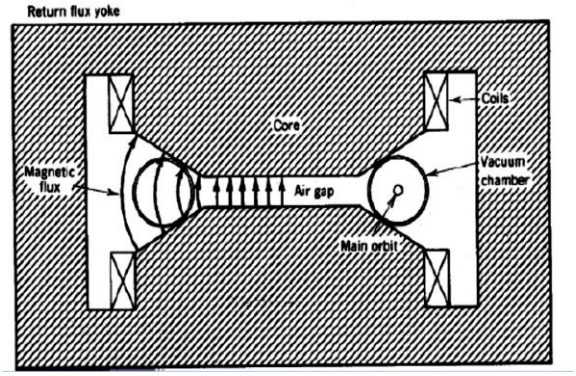


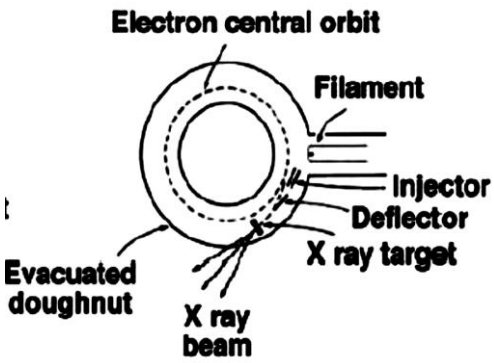


۱۱-۱۲ شکل : دعامې پوهاوی لپاره په کینې خواکې دترانسفرمرابتدایي ګوټک اوهمدارنګه ثانوي ګوټک ښوول شوی دی. ثانوي ګوټک یوتش شیشه یي اودایروي شکله استوانې تیوب دی چې په منځ کې یې دکتودځخه ازادشوي الکترونونه e^- دانډکشن برېښنایز ساحې $E_{induction}$ په مټ انرژي ترلاسه کوي او ځرخېد ونکی حرکت ترسره کوي . ځرنګه چې دترانسفرابتدایي ګوټک ځنډې دوخت په تړاوپه متناوب ولټیج باندې تړلې دي نوله دې کبله دثانوي ګوټک په سطحه باندې عموداً دوخت په تړاومتغیرمقناطیسي ساحه $\mathrm{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ تولیدکیږي چې دنوموړي شکل په ښې خواکې کښل شوې ده. دوخت په تړاومتغیرمقناطیسي ساحه ددې لامل ګرځي چې یوخوا په خپل شاوخواکې دانډکشن دایروي برېښنایز ساحه $E_{induction}$ تولیدکړي

اوبلخوا دفلزي سيم په يوه کړۍ کې دالکترونوجريان I منځ ته راولي . همدالامل دی چې دشيشه يې تيوب په منځ کې دکتودځخه ازادشووالکترونوجريان I په يوه دايروي مسيرکې راځرخيږي اوداندځکشن برېښنايز ساحې $E_{induction}$ په مټ تعجيل مومي .

- دبيتاترون ماشين عمده برخه دهواځخه تش دايروي شکله شيشه يې تيوب تشکيلوي چې دالکترومقناطيس دووقطبونوپه منځ کې پروت دی.
- ددايروې شکله شيشه يې ټيوب په سوري gap کې يوه الکترومقناطيس کيښول شوې ده چې دپنځوس هرځ 50 Hz متناوب جريان په مټ منځ ته راځی او دوخت په تړاوبدليدونکې مقناطيسي ساحه توليدکوي.
- داندځکشن قانون پر اساس $\mathrm{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ بدليدونکې مقناطيسي ساحه په خپل شاوخواکې يوه دايروي مسيره برېښنايز ساحه $E_{induction}$ توليدکوي .
- دالکترون سرچينې ځخه الکترونونه دايروي تش ټيوب ته ځنګځن ورننوځي اوداندځکشن برېښنايز ساحې $E_{induction}$ په مټ دټيوب په اوږدوکې په يوه نسبتاً ثابت دايروي مسيرکې پرلپسې تعجيل ورکول کيږي. په دايروي مسيرکې دالکترونوډيرځليزه ځرخېد نه کټ مټ ديوه ترانسفرمرسره ورته بيلګه لري ګواکې لکه چې ثانوي ګوټک دهادي سيم ډيروتاوشووکړيوځخه جوړوي.
- دمقناطيسي اوفوکس کوونکو ساحو په مټ الکترونونه دتش ټيوب په منځ کې په دايروي مسيرونوکې محدودساتل کيږي. ددې لپاره چې الکترونونه په ټاکلې دايروې مسيرکې محدودپاتې شي نوبايدچې دمرکزځخه تښتيدونکې قوه Centrifugal force دلورينځ مقناطيسي قوي سره يوشان شي.
- کله چې الکترونونه په کافي اندازه سرعت ترلاسه کړي،ورپسې دخپل مدارځخه بهرخواته ديوې ځانګړې مقناطيس Deflector په واسطه شړل کيږي اوپه هدف Target باندې لګيږي.
- کله چې دبيتاترون لوړانرژي الکترونونه په يوه فلزي هدف لکه تنګستن tungsten باندې ولګيږي نوهلته دنښې اتومونوهستې سره برېښنايز غبرګون کوي اوپه پايله کې لوړانرژي اکس وړانګې توليدکيږي .
- ځرنګه چې دبيتاترون ماشين لومړی ګوټک دمتناوب ولټيج په يوه سرچينه باندې ترلی دی کوم چې په پنځوس حرځ فريکونس سره کارکوي $f = 1/T = 50Hz$ نودا معنی لري چې الکترونونه يوازي دمتناوب ولټيج پريود period په لومړۍ موده $0 \le t \le T/4$ کې تعجيل مومي. داځکه چې دمتناوب ولټيج دامنه مثبت اعظمي قيمت ځانته غوره کوي . په دې ترځ کې T/4 الکترونونه دشيشه يې تيوب په منځ کې په سل ګونوزره دايروي مسيرونه طی کوي اوپرلپسې انرژی ترلاسه کوي. دنومورۍ مودې يعنې دپريودځلورمې برخې T/4 ځخه وروسته دځانګړي مقناطيسي ساحې اخلا لوونکي پلس په مټ چې ځومايکروثانيې دوام کوي دخپل دايروي مسيرځخه کاږه کيږي اوبهرخواته راوځي . ديادولووړه چې دمتناوب ولټيج دپريودپه $T/4 \le t \le T/2$ موده کې اوهمدارنګه $T/2 \le t \le T$ موده کې الکترونونه سرعت نه مومي داځکه چې دمتناوب ولټيج قطب اوسمت تغيرکوي .





۱۱- ۱۳ - شکل : دبیتاترون ماشین شیماتیک شکل او عرضي مقطع ښوول شوې ده . دنوموړي شکل په کښ خواکې دوه بیل ګوټکونه coils شتون لري چې یوګوتک ښي خواته دی اوبل ګوټک کښ خواته دی او په خپل وارسره دوه ځانګړي الکترومقناطیس تولیدکوي . دشي خواواوکښ خوا ګوټکونوcoils په منځ کې دایروي شکله حلقوي شیشه یې تیوب موقعیت لري vacuum chamber چې په داخل کې یې دکتودالکترونونه تعجیل مومي . دمقناطیسي جریان کرښې Magnetic flux دالکترونوپه مسیر main orbit باندې عموداً قرارلري چې په وکټورونوباندې کښل شوې دي . د ګوټکونو په منځ اوشاوخواکې داوسپنې core شتون لري چې تولیدشوې الکترومقناطیسي ساحه نوره هم زوره وره کوي .

کله چې په ابتدایي ګوټک کې یومتناوب جریان بهیږي نودماکسول تفاضلي معادلوپه اساس دابتدایي ګوټک په منځ اوشاوخوا کې دوخت په تړاویوه غیرمتجانس بدلیدونکې الکترومقناطیسي ساحه تولیدکیږي . په پایله کې په ثانوي ګوټک کې داندکشن یوبرښنایزولټیج $\mathbf{U_{ind}}$ اوورسره جوخت داندکشن حلقوي ډوله برښنایز ساحه $\mathbf{E_{ind}}$ منځ ته راځي .

دریاضي په ژبه نوموړي مطلب په لاندې ډول لیکل کیږي . $\mathrm{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

دثانوي ګوټک په اوږدوکې چې یودایروي شکله حلقوي شیشه یې تیوب شکل لري vacuum chamber دمقناطیسي کرښویوجریان منځ ته راځي چې قیمت یې مساوي دی له : $\emptyset = \boldsymbol{\pi R^2\, \overline{B}}$

دثانوي دایروي شکله ګوټګ په اوږدوکې داندکشن ولټیج منځ ته راځي اومساوي دی له : $\mathbf{U_{ind} = -\frac{\partial \emptyset}{\partial t}}$

همدارنګه دثانوي دایروي شکله ګوټګ په اوږدوکې داندکشن برښنایزساحه منځ ته راځي اوقیمت یې مساوي دی له :

$$\boldsymbol{E_{ind}} = \frac{\mathrm{U_{ind}}}{2\pi \mathrm{R}} = -\frac{\frac{\partial \emptyset}{\partial t}}{2\pi \mathrm{R}} = -\frac{1}{2}\, R\, \frac{\overline{\partial \mathrm{B}}}{\partial \mathrm{t}} \qquad (11{,}3)$$

په $\mathbf{11,3}$ معادله کې $\mathbf{R}$ دثانوي دایروي شکله کړۍ شعاع ده او $\frac{\overline{\partial \mathbf{B}}}{\partial \mathbf{t}}$ دوخت په تړاودمقناطیسي ساحې اوسط قیمت دی . ددې لپاره چې دثانوي دایروي شکله کړۍ په منځ کې دکتودځخه ورویشتل شوي الکترونونه په یوه ټاکلي ثابت مسیرکې دورانې حرکت وکړي شرط یې دادی چې دلورینځ قوه دمرکزځخه دفرارقوې سره مساوي وي . که دکتودځخه ازادشووالکترونوامپلس په $\mathbf{m\ v}$ وښیو، اودکتودالکترونونه دثانوي ګوټک په دایروي ډوله مسیرکې چې شعاع یې $\mathbf{R}$ اوکتله یې $\mathbf{m}$ ده دورانې حرکت کوي نولروچې :

$$\frac{\boldsymbol{mv^2}}{\boldsymbol{R}} = \boldsymbol{e\ v\ B_{st}} \qquad \mathbf{11,4}$$

په $\mathbf{11,4}$ معادله کې $\boldsymbol{B_{st} = \frac{1}{2}\,\bar{B}}$. دنومورې شرط څخه داسې مالومیږي چې دکتود څخه ازادشوي الکترونونه هغه مهال دثانوي ګوټک په یوه ثابت دایروي مسیر کې دورانې حرکت کولا ی شي چې دمقناطیسي ساحې **B** قیمت دثانوي ګوټک کړی ډوله تیوب په ساره سطحه کې دمرکزڅخه بهرخواته داسې کمښت ومومي چې قیمت یې په دایروي ثابت مسیرکې دوسطي مقناطیسي ساحې $\bar{B}$ نیمایي قیمت ولري . نومورې شرط یعنې $\boldsymbol{B_{st} = \frac{1}{2}\,\bar{B}}$ دوایدرو شرط **wideroe condition**په نوم سره یادیږي .

په طبابت کې دبیتاترون ماشین لوړانرژي اکس وړانګوڅخه دسرطان ناروغۍ ددرملنې په موخه ګټه پورته کیږي .

د1950 زکاله څخه راپدې خوا دبیتاترون طبي ماشین پرځای خطي تعجیل کوونکي ماشینونه منځ ته راغلل. داځکه چې دخطي تعجیل کوونکي ماشین د بریښناجریان شدت اوهمدارنګه دانرژي ډوزقدرت دبیټاترون په پرتله ډیرلوړدی. د بېلګې په توګه په خطي تعجیل کوونکي ماشین کې دالکترونوانرژي ډوز په یوه دقیقه کې آن تر لس ګرې 10 Gy/min پورې رسیږي په داسې حال کې چې دبیتاترون انرژي ډوزپه یوه دقیقه کې یوازي یوګرې 1 Gy/min دی .بلخوا دخطي تعجیل کوونکي ماشین برتري دبیتاترون ماشین په پرتله داده چې وړانګیزه ساحه یې آن تر 40x40 cm پورې رسیږي.

دبیتاترون په ماشین کې الکترونونه آن تردرې سوه میګاالکترون ولټ پورې 300 MeV اعظمي حرکې انرژي ترلاسه کوي.

- **سایکلوترون : (Cyclotron)**

سایکلوترون دایروې ډوله تعجیل کوونکی ماشین دی چې چارج شوو بڅرکو لکه مثبت ایونو،منفي ایونو اوپوزیترونو Positrons ته دمرکزڅخه بهرخواته په مارپیچ ډوله مسیرکې تعجیل ورکوي .

دنومورې ماشین عمده برخه یوه الکترومقناطیس ده چې ساحه یې دوخت په تړاوثابت اومتجانس بڼه لري . دالکترومقناطیس ددووقطبوپه په منځ فضاء کې دهواڅخه یوه تشه خونه chamber پرته ده . دنومورې خونې په منځ کې دوه ټوټې نیم دایروي semicircular ترلي فلزي الکترودونه یودبل سره مخامخ کښښول شوې دي . نیم دایروي اوپه منځ کې تش الکترودونه لکه ددووډي تورو "D1+D2" په شان جوړشت لري . دواړه نیم دایروې الکترودونه دراډیوفریکونس په جنراتور rf -generator ترلي دي چې یوه متناوب بریښنایز ساحه تولیدکوي .ددواړو الکترودونو ترمنځ یوچاک gap شته دی چې په نومورې فاصله کې چارج شوو بڅرکوته د بریښنایز ساحې په مټ پرلپسې تعجیل ورکول کیږي .

دواړه نیم دایروې الکترودونه دیوې الکتروستاتیک مقناطیس قطبونوپه منځ کې داسې ځای پرځای شوي دي چې دالکترومقناطیي ساحې B کرښې دبڅرکوپه مارپیچ ډوله مسیر باندې عمودولاړې دې دي.

دسایکلوترون په مرکزکې دایونویوه منبع ion source شتون لري چې چارج شوي بڅرکي ورڅخه راوڅي . دمتناوب راډیوفریکونس بریښنایز ساحې په مټ چارج شوي بڅرکي دنیم دایروي الکترودونوتر منځ تشه فاصله (چاک gap) کې پرلپسې تعجیل مومي . په همدې ترڅ کې په چارج شوو بڅرکوباندې دمقناطیسي ساحې لورینځ قوه Lorenz force اغیزه کوي اوپه پایله کې په یوه مارپیچ ډوله مسیرکې راڅرخیږي. هرځل چې دچاک څخه چارج شوي بڅرکي تیریږي سرعت یې ډېرښت مومي اوورسره جوخت دایروي مسیر هم غټ کیږي.

که چېرته دسایکلوترون تعجیل کوونکی ولټیج څوسوه ولټ قیمت ولري اوایونونه پنځوس ځله راوڅرخیږي نودپروتونوانرژي آن لږڅه تر پنځه سوه مېګا الکترون ولټ 510 MeV پورې رسیږي . کله چې لوړانرژي ایونونه په یوه

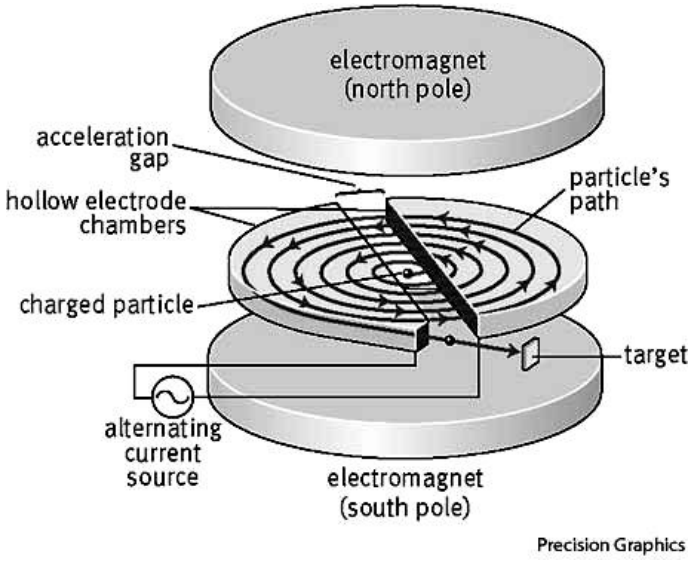
هدف باندې ولګېږي نو دهستوي طب لپاره راډيوايزوټوپونه توليدکېږي اوهمدارنګه دپروتون وړانګوپه مرسته دبدن ځانګړوغړولکه دسترګوسرطان درملنه ترسره کېږي .

که چېرته دايون ion کتله په m او برېښنايز چارج يې په q وښيونو دمتناوب راډيوفريکونس برېښنايز ساحې او دمقناطيسي ساحې B په مټ ايونونه په لاندې ځرخېد ونکي فريکونس f سره تاويږي.

$$f = \frac{q, B}{2\pi\, m} \qquad \text{(سايکلوترون فريکونس)}$$

په نوموړي ماشين کې يوپروټون هغه مهال تعجيل موندلای شي چې دپروتون ځرخېد ونکی فريکونسي دوخت په تړاوبدليدونکې برېښنايز ساحې فريکونسي سره په هم غږي کې synchron وي.

که فرض کړوچې دمقناطيسي ساحې کثافت يوتيسلا 1 Tesla قيمت ولري نودسپکوچارج شووايونولپاره دسايکلوترون فريکونس لړځه پينځه څخه آن ترشل ميګاهرڅ 5 MHz - 20 MHz پورې رسيږي. دتعجيل کوونکي ولټيج فريکونس داسې اعيارکېږي چې دسايکلوترون فريکونس سره مساوي وي .په نوموړې کړنلاره سره هرځل چې ايونونه ددايروي الکترودونوچاک ته ورننوځي د برېښنايز ساحي مساعدقطب په مټ تعجيل مومي. په پايله کې ايونونه انرژي ترلاسه کوي اودورپسې دايروي مسيرشعاع **R** غټه کېږي.



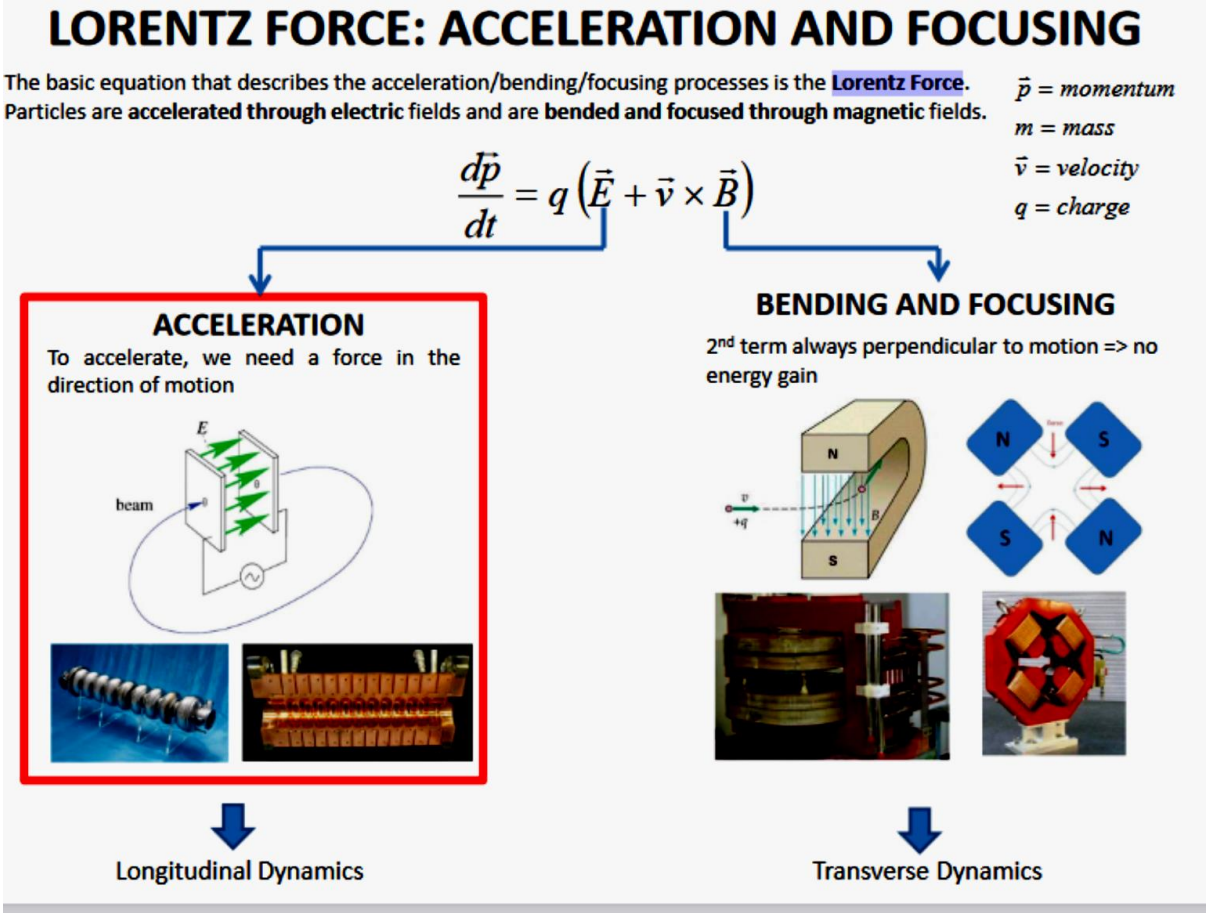
۱۱- ۱۴ - شکل : دسايکلوترون Cyclotron ماشين شيماتيک شکل ښوول شوی دی . نوموړی ماشين ۱- ديوې متجانس الکترومقناطيس electromagnet،۲- د دوو نيم دايروي semicircular ترلواوتشو الکترودونو Dees، ۳- د راډيوفريکونس منبع rf generator، ۴- په مرکزکې دايونوسرچينه ، ۵- دخلاء کولوپمپ vacuum pump ،٦- دهواڅخه تشه خونه evacuated chamber اويوه انحراف کوونکي الکترود Deflector څخه جوړدی . وروستی الکترود Deflector دايونوبڅرکوته دخپل مسيرڅخه بهرخواته انحراف ورکوي . ددووتشوچمبرډوله الکترودونو hollow electrode chamber څنډې د متناوب جريان په سرچينه alternating current source باندې ترلې دي چې چارج شووبڅرکو charge particles ته پرلپسې دنوموړوچمبرونودچاک gap په برخه کې په مارپيچ ډوله مسيرکې تعجيل ورکوي اودټاکلې تعجيل

څخه وروسته په هدف target باندې لګيږي . دالکترومقناطيس electromagnet شمال قطب اوجنوب قطب په منځ کې ايونونه دهغوی دوراني حرکې انرژيی سره په هم غړی کې دتوليدشوې مقناطيس په مټ په ټاکلي ثابت مسيرکې ساتل کيږي . هرکله چې ايونونه مطلوب انرژي ترلاسه کړي نودانحراف کوونکې الکترود Deflecter په واسطه بهرخواته شړل کيږي اوپه لاره کې په هدف target باندې لګيږي . (43)

دلورينځ قوه : Lorentz Force

په فزيک کې دلورينځ قوه دالکترومقناطيسي څپې يوډول قوه ده چې په يوه تعجيل کوونکي ماشين کې په چارجونوباندې عمل کوي . دلورينځ قوې يوه برخه برېښنايز ساحه **E** اوبله برخه يې مقناطيسي ساحه **B** تشکيل کوي . په يوه خطي تعجيل کوونکي ماشين کې د برېښنايز ساحې په مټ برېښنايز چارجونه تعجيل مومي اودمقناطيسي ساحې په مټ چارجونوته دخپل مسيرڅخه انحراف ورکول کيږي .

دخطي تعجيل کوونکي ماشين اساسي فزيکي معادله چې دچارجونوتعجيل کول ،فوکس کول اومسيرته تغيرورکول ترسره کيږي په لاندې ډول ده .



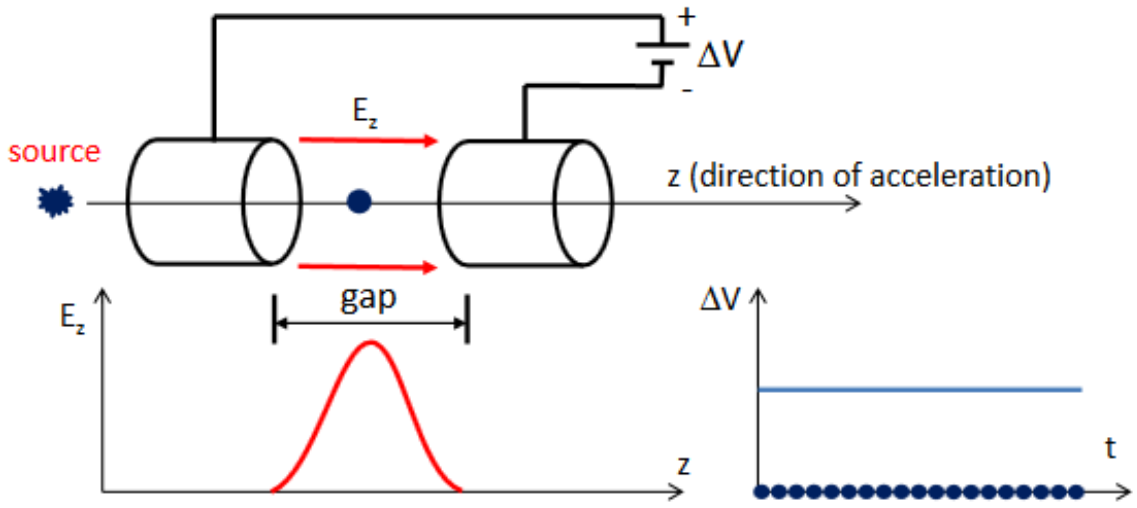
- څرنګه چې دلورينځ په معادله **Lorenz** کې مقناطيسي ساحه **B** دمثبت چارج **q+** په سرعت **v** باندې عمودولاړه ده اوبلخوا دلورينځ قوه په مقناطيسي ساحه اوچارج سرعت باندې عمودولاړه ده نوله دې کبله مثبت چارج په مقناطيسي ساحه کې انرژي نه شي ترلاسه کولا ی بلکې يوازې دخپل مسيرڅخه انحراف کوي . نوموړې کړنلاره د **Transverse Dynamics** په نوم يادېږي .

- ددې لپاره چې مثبت چارج **q+** ته په يوه برېښنايز ساحه کې تعجيل ورکړونوبايديوه برېښنايز قوه دحرکت په اوږدوکې په هغوی باندې عملي شي . نوموړې کړنلاره د **Longitudinal Dynamics** په نوم يادېږي

دوه استوانه يې ډوله الکترودونه په پام کې نيسوچې د يوه متمادي ولټيج ΔV په منبع باندې ترلې دي .ديوې سرچينې **source** څخه برېښنايز چارج شوي بڅرکي راوځي اوداستوانه يې الکترودونوترمنځ واټن **gape** کې د برېښنايز ساحې E_z په مټ تعجيل مومي . هغه مقدارانرژي چې چارج شوي بڅرکې يې دالکترودونوترمنځ واټن **gape** کې ترلا سه کوي مساوي دی له :

$$\Delta E = \int_{gap} \frac{dE}{dz} dz = \int_{gap} qE_z dz \Rightarrow \boxed{\Delta E = q\Delta V}$$

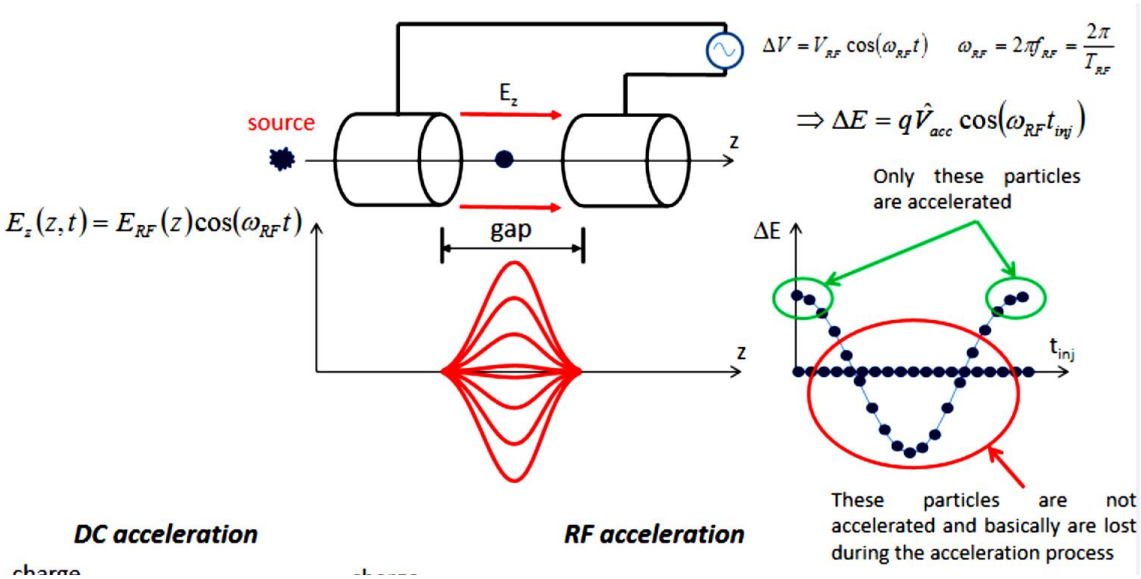
energy gain per electrode



۱۱- ۱۵شکل : دمتمادي ولټيج ΔV په مټ دچارج شووبڅرکوتعجيل کولوکړنلاره ښوول شوې ده . دځايزمحور **Z** په اوږدوکې دچارجونوتعجيل کوونکې برېښنايز ساحې E_z محل ويش داستوانه يې تعجيل کوونکو الکترودونوترمنځ **gap** هم ښوول شوی دی.

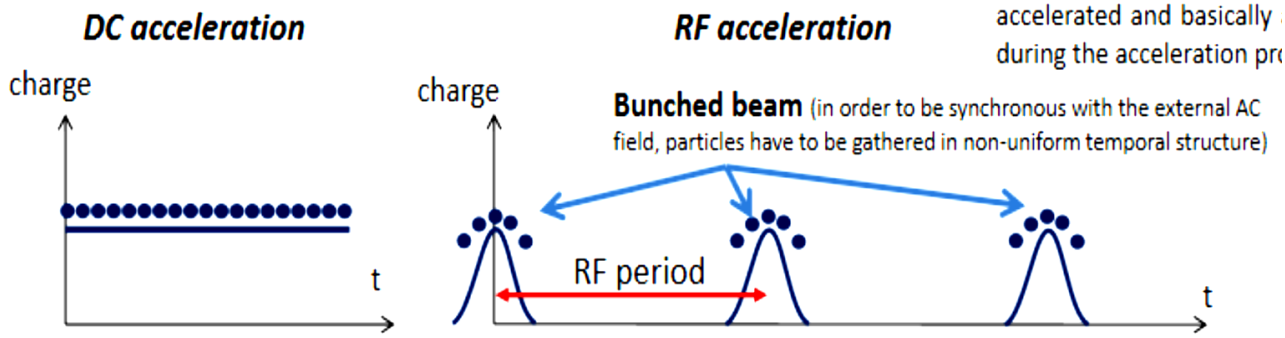
دوه استوانه يې ډوله الکترودونه په پام کې نيسوچې د يوه متناوب راډيوفريکونس ولټيج ΔV په منبع باندې ترلې دي .ديوې سرچينې **source** څخه برېښنايز چارج شوي بڅرکي راوځي اوداستوانه يې الکترودونوترمنځ واټن **gape** کې د برېښنايز ساحې E_z په مټ تعجيل مومي . هغه مقدارانرژي چې چارج شوي بڅرکې يې دالکترودونوترمنځ واټن **gape** کې ديوه کوساين ډوله متناوب ولټيج $\Delta V = V_{RF}\, Cos(\omega_{RF} t)$ منبع په مټ ترلا سه کوي مساوي دی له :

$$\Delta E = qV_{RF}\, Cos(\omega_{RF} t)$$



که چېرته د متناوب ولټيج سرچينې څخه دچارج شووبځرکويوبنډل **Bunched Beam** د انجکتر **Injector** په مټ داستوانه يې ډوله الکترودونومحورپه اوږدوکې وويشتل شي نوهغه مقدارانرژي چې دالکترودونوترمنځ واټن **gape** کې ترلاسه کيږي مساوي ده له :

$$\Delta E = qV_{acc}\,Cos(\omega_{RF}t_{inj})$$



- $\omega_{RF} = \frac{2\pi}{T_{RF}}$ دمتناوب ولټيج منبع زاويوي راډيو فريکونس دی
- t_{in} هغه شيبه ايزوخت دی چې دانجکټر Injector په مټ دالکترونوبنډل يادچارجونوبنډل Electron gun تعجيل کوونکي ماشين لومړي الکترود ته ورننوځي
- RF period دمتناوب راډيوفريکونس ولټيج منبع دوره ده T_{RF} چې دنومورې مودې څخه وروسته دچارجونوثانوي بنډل دانجکټرپه مټ دمنبع څخه راوځي اوتعجيل کوونکي ماشين ته ورننوځي .
- هغه چارجونه چې دراډيوفريکونس متناوب ولټيج منبع د مثبت دامنې په اعظمي برخه کې قرارلري تعجيل مومي .

خوهغه الکترونونه چې ددامنې په منفي برخه اویاپه بل ځای کې شتون لري دمسیرځخه لیرې کیږي اوتعجیل نه مومي

- ددې لپاره چې دچارجونو بنډل Bunched Beam دبهرني متناوب ولټیج سره دوخت په تړاوپه هم غږی Synchronus کې راشي نوړین ده چې یوپربل پسې په غیرمتجانس ډول راغونډشي .



دولسم څپرکی

لوړانرژي خطي تعجيل کوونکي ماشينونه :

(High-energy linear accelerators)

په 1962 زکال کې دهستوي فزيک څېړنيزلومړی خطي تعجيل کوونکی ماشين دامريکاکاليفورنيا ايالت ستنفورد په پوهنتون کې جوړشوچې دهمغه ځای SLAC په نوم يادېږي . نومورې تعجيل کوونکی چې اوږدوالی يې ددرې کيلومتره څخه اوږي د متناوب ولټيج په کارولوسره برېښينايزچارجونو ته آن تر پنځوس ګيګاالکترون ولټ 50 GeV پورې سم سيخ تعجيل ورکوي . په نومورې ماشين کې الکترونونه دومره ډير تعجيل مومي چې سرعت يې آن دنورسرعت نهه نوي سلنې 99 % برخې څخه هم وراوړي.

که څه هم دلوړانرژي متناوب خطي تعجيل کوونکو ماشينونو بنسټيز جوړښت کټ مټ دټيټ انرژي تعجيل کوونکو ماشينونو په شان دی خودهغوی ترمنځ اړين توپيردادي چې په لوړانرژي خطي تعجيل کوونکوماشينونوکې دچارجونو سرچينه اودتعجيل کوونکو جوړښتونوبرخې په پرمخ تللي تکنالوژي سره کارکوي. د بېلګې په توګه دنړی ترټولوغټ تعجيل کوونکی ماشين دسويز swiss په هيوادکې کارکوي . په نومورې ماشين کې دوه پروتونونه چې دهريوه انرژي اوه تيرااالکترون ولټ 7 TeV قيمت لري يودبل سره مخامخ ويشتل کيږي.

په لاندې برخه کې دلوړانرژي خطي تعجيل کوونکودسرچيني اودتعجيل کوونکوماشينونوپه برخواوجوړښتونو باندې رڼااچوو.

- **دالکترونواوياچارجونوسرچينه : Charge source**
- **تعجيل کوونکي جوړښتونه : Accelerating structures**
- **دراډيوفريکونس لوړقدرته سرچينه :**

  RF power source لکه **Magnetron/Klystron**

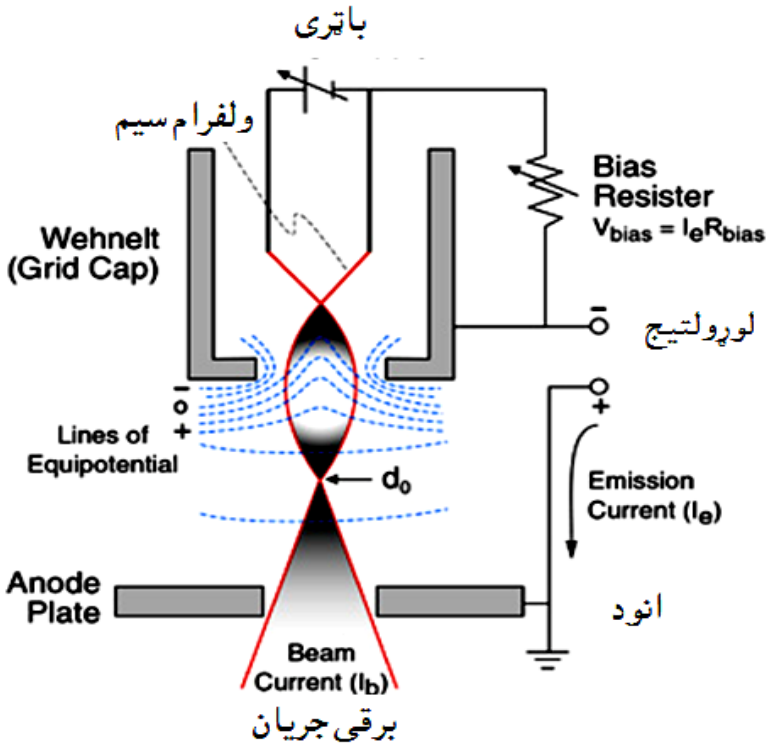
- **نښه يا هدف Target**

- **دالکترونوسرچينه : (Electron source)**

دلوړانرژي متناوب ولټيج تعجيل کوونکو ماشينونو لپاره دالکترونو هراړخيزډول سرچينې جوړې شوې دي چې دلته يوازې په دری ډوله سرچينوباندې بحث کوو.

دالکترونولومړی ډول سرچینه :

په ۱۲- ۱- شکل کې دلوړانرژي متناوب تعجیل کوونکي ماشین دالکترونولومړی ډول سرچینه ښوول شوې ده. دالکترونو داډول سرچینه دتنګستن tungsten فلز یوتاوشوی سیم دی چې په یوه بټری باندې ټرلی دی نوموړی سیم دباریم اکسا ید BaO په پوښ پټ شوی دی ترڅودحرارت په ورکولوسره الکترونونه په اسانی سره ورڅخه بهرخواته راووځي . کله چې دتنګستن سیم څخه دبرق جریان تیرشي نودلوړحرارت په پایله کې دکتودسی Cathode څخه الکترونونه ازادکیږي اود انودالکترود(+) anode خواته تعجیل مومي . دالکترونودجریان شدت دکتودسیم Cathode حرارت په مټ کنترول کیږي. دکتودسیم Cathode په شاوخواکې سرپوښ ډوله استوانه یي الکترود Wehnelt cylinder شتون لري چې دکتود Cathode سیم په ټراو منفي ولټیج لري . داستوانه یي الکترودپه مرسته دیوې خوادالکترونوجریان فوکس کیږي اودبلې خوادهغوی دجریان شدت کنترول کیږی. د انودالکترود(+) anode په مرکزي برخه کې اوهمدارنګه دسرپوښ ډوله استوانه یي الکترودپه مرکز کې کوچنی سوری شتون لري ترڅودفوکس شووالکترونوجریان ورڅخه بهرخواته تیرشي .



۱۲ - ۱- شکل : دلوړانرژي تعجیل کوونکي ماشین دالکترونوسرچینې Electron source شیماتیک جوړښت کښل شوی دی چې دالکترونوتوپک Electron gun اویا انجکتر Injector په نوم یادیږي.

دالکترونوسرچینې او انودالکترود(+) anode ترمنځ دلوړولټیج څلورکونجه منفي متمادي پلس کارول کیږي DC pulse چې په ټاکلي فریکونسي سره کارکوي او دکتود Cathode سیم څخه آزادشوي الکترونونه دتعجیل کوونکو جوړښتونوتیوب accelerating structures سربرخې ته پرلپسې ورشړي .

دکتود Cathode سيم برخې، انودالکترود(+) anode برخې او دالکترونومنبع ته په ګډه سره دالکترونوتوپک electron gun نوم ورکړشو دی . داځکه چې دالکترونوبنډل دمتمادي څلورکونجه مثبت پلس ولټيج DC Pulse په مټ د انودالکترود(+) anode سوري له لارې تعجيل کوونکوجوړښتونوته ورويشتل کيږي .

ديادولووړده چې يوازې هغه مهال الکترونونه دکتود Cathode څخه انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي کله چې د انودالکترود(+) anode پلس ډوله ولټيج دکتودپه پرتله مثبت پوتنشل ولري. همدالامل دی چې د انودالکترود(+) anode دکتودالکترود Cathode په پرتله دځمکې په پوتنشل پرته ده اوله همدې لا مله په بربښنايز تړاودځمکې پوتنشل سره هدايت کوونکې لار لري . دکتود Cathode الکترود دځمکې په تړاو څلورکونجه منفي پوتنشل لري.

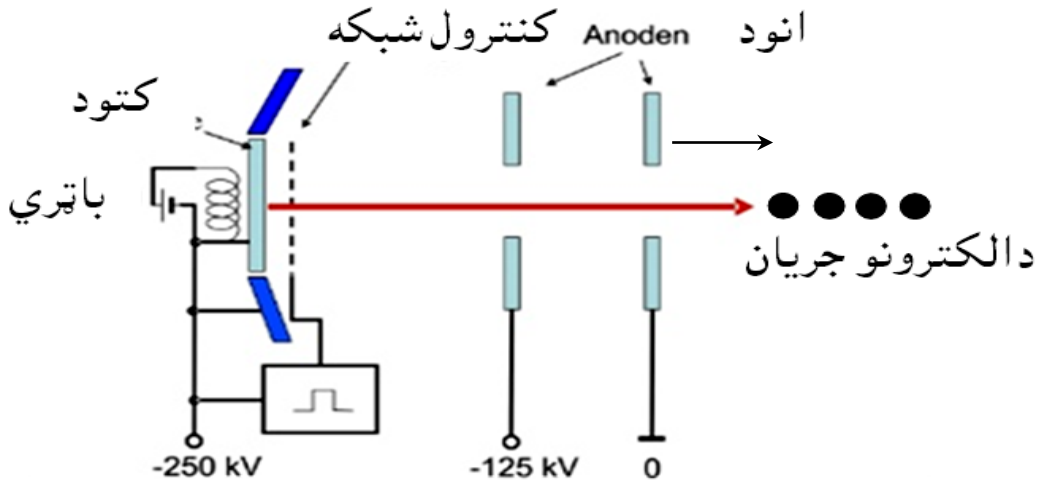
خوکله چې د څلورکونجه متناوب پلس دمنفي پوتنشل څخه صفرته يعنې دځمکې پوتنشل ته راټيټ شي نوالکترونونه دکتود Cathode په شاوخواکې راټوليږي اودالکترونوجريان په ټپه دريږي . پايله يې داده چې يوازې دمثبت پلس ولټيج په موده کې داکس بريک وړانګې توليدکيدلای شي .

د انودالکترود(+) anode او دکتودالکترود Cathode ترمنځ دمتناوب ولټيج پرځای يوځلورکونجه متمادي منفي پلس ولټيج DC pulse کارول کيږي چې دځومايکروثانيو لپاره دوام کوي . دمتمادي پلس ولټيج قميت د پنځوس کيلو ولټ څخه آن تردوه سوه کيلو ولټ 50 kV- 200 kV+ پورې رسيږي . نومورې پلس چې وروسته له لړځه هرې پينځه ملي ثانيې 5 ms ښرته تکرارکيږي دکتود Cathode څخه ازادشوو الکترونوته تعجيل ورکوي . څرنګه چې د څلورکونجه متناوب پلس فريکونس دوه سوه هرځ 200 Hz قيمت لري نوپه دې معنی چې هره پنځه ملي ثانيه 5 ms وروسته دالکترونويوبنډل انودالکترود(+) anode ته رسيږي . په بله معنی دالکترونوبنډولونه په متمادي توګه نه بلکې په لړځنډ سره په بنډل بنډل يعنې ډله او ډله سره دکتود Cathode څخه د انودالکترود(+) anode وخواته تعجيل مومي . په پايله کې الکترونونه چې حرکې انرژي يې پنځوس کيلوالکترون ولټ 50 keV ته رسيږي ،د انودالکترود(+) anode سوري له لارې دتعجيل کوونکوټيوبونوسيستم ته لکه دتوپک ګولی په شان ورويشتل کيږي (تزريق کيږي injection) . همدالامل دی چې نوموړې برخې ته دالکترونوتوپک injector نوم ورکړشوی دی .

دالکترونودويم ډول سرچينه :

په ۱۲-۲ شکل کې دلوړانرژي متناوب تعجيل کوونکي ماشين دالکترونودويم ډول سرچينه ښوول شوې ده په پيل کې دتنګستن فلزيو تاوشوي سيم ته دبرقي باټرۍ په مرسته سم سيخ حرارت ورکول کيږي اوپه دې توګه مخامخ کتودالکترود Cathode ته په غيرمستقيم توګه حرارت انتقال کيږي . په پايله کې دکتود Cathode څخه الکترونونه آزادکيږي. دکتود Cathode اوکنترول کوونکې شبکې ترمنځ يو متمادي څلورکونجه پلس DC Pulse کارول کيږی چې ولټيج يې منفي دوه سوه پنځوس کيلوولټ 250- kV قيمت لري . څرنګه چې د انودالکترود(+) anode په بربښنايز تړاو دځمکې سره تړلی دی نوله همدې لا مله دکتود Cathode په پرتله مثبت ولټيج لري . دځمکې او انودالکترود(+) anode ترمنځ دپوتنشل تفاوت صفردی $\Delta U = 0$. همدالامل دي چې دنوموړي پلس په مټ الکترونونه دکتود Cathode څخه انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي . د کتود Cathode سره تړلې استوانه ، دالکترونومبع اوسوری لرونکې انودالکترود(+) anode ته دالکترونوټوپک DC electron gun اويا په بله معنی انجکټرinjector هم ويل کيږي .دانجکټرپه مټ دالکترونوپلسيزجريان توليدکيږي چې دپلس طول يې ديوې نانوثانيې 1 ns څخه آن ترڅومايکروثانيې µs پورې اودالکترون وړانګوانرژي دپنځوس کيلوالکترون ولټ 50keVڅخه آن تردوه سوه پنځوس کيلوالکترون ولټ 250 keV پورې رسيږي .

.

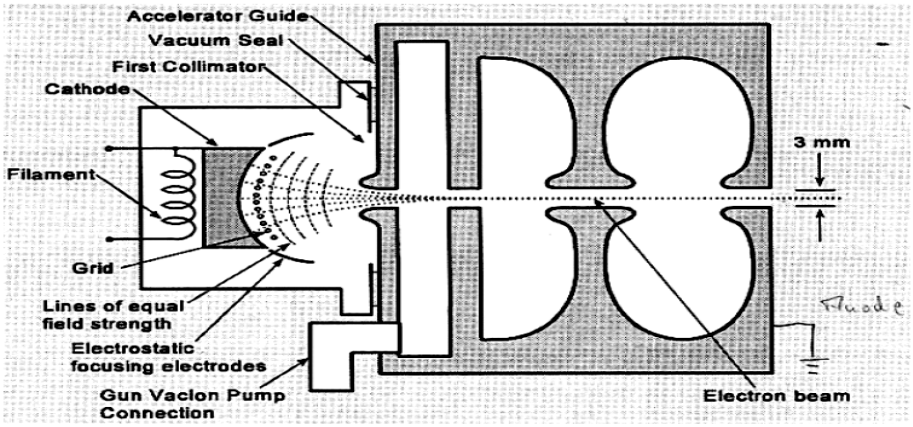


۱۲- ۲ شکل: دلوړانرژي تعجيل کوونکي ماشين دالکترونوسرچينې شيماتيک جوړښت کښل شوی دی چې په متمادي څلورکونجه پلس ډوله ولټيج DC Pulse باندې کارکوي. دپام وړه چې دسرچينې انودالکترودد صفرپه پوتنشل تړلې ده چې دځمکې سره تماس لري . دکتودالکترونودانودالکترودپه پرتله منفي 250 kV- پوتنشل لري . دځمکې او انودالکترود(+) anode ترمنځ دپوتنشل تفاوت صفردی $\Delta U = 0$

دالکترونودرېيم ډول سرچينه :

په ۱۲- ۳ شکل کې دلوړانرژي متناوب تعجيل کوونکي ماشين دالکترونودرېيم ډول سرچينه ښوول شوې ده.

په نوموړي شکل کې دالکترونوتوپک Electron gun اودتعجيل کوونکي تيوب لومړنۍ درې فضاء يي خونې Accelerator Guide ښوول شوې دي .نوموړې فضاء يي خونې دځمکې په پوتنشل پرتې دي چې دانودالکترودپه ډول کارورکوي. دکتود Cathode ځانګړی هندسې جوړښت داسې پايلې لري چې دکتودالکترود Cathode څخه آزادشوي الکترونونه دځايز برېښنايز ساحې په مټ په لومړي ګام کې راغونډ (فوکس)کيږي اوورپسې دتعجيل کوونکي تيوب لومړنۍ درې فضاء يي خونې خواته تعجيل مومي . دالکترونودجريان بنډل قطر لږڅه درې ملي متر 3 mm ته رسيږي



په ۱۲- ۳ شکل کې دلوړانرژي متناوب تعجيل کوونکي ماشين دالکترونودرېيم ډول سرچينه ښوول شوې ده.

دالکترون سرچينې پاتې برخې په لاندې ډول دي :

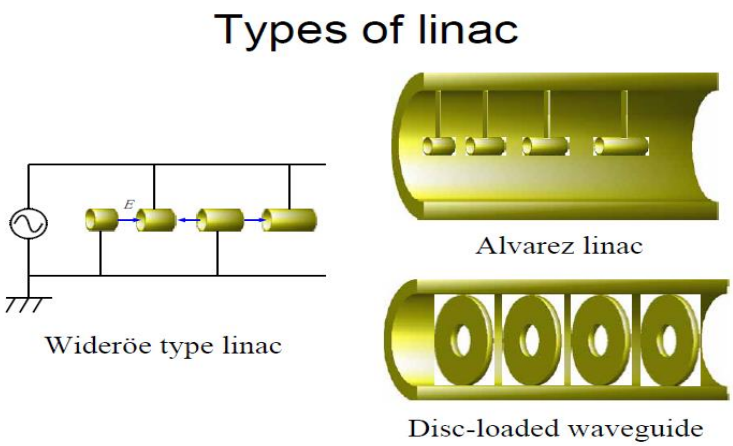
۱- دتنگستن تاوشوی سیم Filament ، ۲- جالي Grid ، ۳- د انودالکترود(+) anode تعجيل کوونکې برخه چې په مرکزکي سوری لري Accelerator Guide ، ۴- دبرقي پوتنشل معادل کرښوشدت Lines of equal field strength ،۵- الکتروستاتیک فوکس کوونکي الکترودونه Electrostatic focusing electrodes ، دالکترونوجریان یاد الکترونو وړانګې Electron beam چې قطريي درې ملي متره 3 mm پورې نری ده. دپام وړده چې انودالکترود(+) anode او فضاء يي خونې په بربښنایز تړاودځمکي په پوتنشل تړلې دي Earthing .

■ تعجيل کوونکي جوړښتونه : (Accelerating structures)

دچارج شوو بڅرکودتعجيل په موخه هراړخيزډول تعجيل کوونکي جوړښتونه منځ ته راغلي دي . داجوړښتونه دهرتعجيل کوونکې ماشين لپاره ځانګړې وړتيا اوخواص لري .

د بېلګې په ډول په اوسنيوخطي تعجيل کوونکوماشينونوکې دهمواري الکترودونو پرځای هراړخيزډوله تعجيل کوونکي جوړښتونه لکه تيوب ډوله ټيوبونه Drift tubes ، ريزونانس تشې فضاء يي خونې Cavities ، عنبيه ډوله ديافراګم (رونځل نلونه Runzelröhre) کارول کيږي .

ديافراګم Diaphragm دايروي ډوله جوړښتونه دي چې په مرکزکې يوسوری لري اود ډيسک Disk-loaded structures په نوم هم يادیږي . نوموړي جوړښتونه ديوه بل څخه دځپوطول په نيمايي λ/2 اندازه څنګ په څنګ اوپرلپسې دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدو کې عايق تړل کيږي . دډيسک ډوله جوړښتونوپه مټ کيدلا ی شي چې الکترومقناطيسي څپې دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې خپرې شي . همدالامل دی چې ددیافراګم جوړښتونوته دځپې انتقال کوونکي Waveguide ويل کيږي داځکه چې ددیافراګم جوړښتونه الکترومقناطيسي څپو ته دتعجيل کوونکوټيوبونوپه منځ فضاء کې انتقال ورکوي .نوموړي جوړښتونه په تفصيل سره په لاندې ډول بيان کيږي.



۱۲- ۴ شکل : دخطي تعجيل کوونکو ماشينونوپه منځ تشه برخه کې په هندسي شکل توپيرډوله فلزي جوړښتونه کښل شوي دي . دنوموړوجوړښتونودنده داده چې الکترومقناطيسي څپوته دتعجيل کوونکي ماشين په منځ فضاء کې انتقال ورکړي .

ډيسک ډوله جوړښتونه : (Disk-loaded structures)

څرنګه چې په تشه فضاء کې الکترومقناطيسي څپې دنورپه سرعت c سره خپريږي ، خو کله چې الکترومقناطيسي څپې د ببلګې په توګه لکه متحرکې څپې Traveling waves دتعجيل کوونکي ماشين يوه تش هادي ټيوب ته ورننوځي نو سرعت يې تغيرکوي اود فاز په سرعت phase velocity سره خپريږي. په نوموړي حالت کې دوه ستونځي منځ ته راځي :

لومړی : که فرض کړوچې چارج شوي بڅرکي لړځه دنورسرعت $v_p \sim c$ ولري نوپه دې حالت کې دتعجيل کوونکي ټيوب طول بايدچې ډيزاورډشي کوم چې په تخنيکې تړاونامناسب دی. داځکه چې ډيرځای ورته په کاردی . خوکه چېرته دمتحرکې الکترومقناطيسي څپې فريکونسي آن تردرې ګيګاهرڅ پورې لوړوکارول شي نو کېدای شي چې دتعجيل کوونکي ماشين ټيوب طول لنډوټاکل شي.

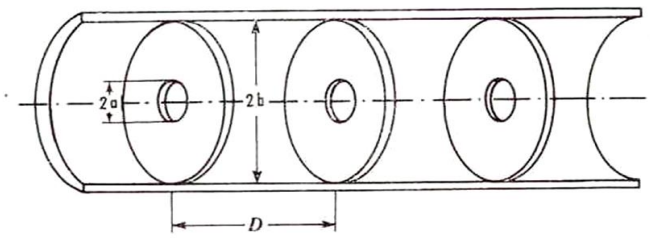
دويم : کله چې دتعجيل کوونکي ماشين ټيوب لنډوټاکل شي نودچارج شووبڅرکوسرعت دالکترومقناطيسي متحرکې څپې فاز سرعت په پرتله لړکيږي اوپه نوموړي حالت کې چارج شوي بڅرکي دمتحرکې څپې څخه انرژي نه شي ترلاسه کولای .

دپام ورخبره خوداده چې دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې دالکترومقناطيسي څپې فاز سرعت په بله معنی د خپرېدنې سرعت دنورسرعت څخه لوړ $v_{ph} > c$ دی . همدالامل دی چې په يوه عادي اوتش ټيوب کې دالکترومقناطيسي څپوپه واسطه چارج شوي بڅرکي تعجيل نه شي موندلای .

داځکه چې دچارج شووبڅرکوسرعت چې دسرچينې څخه راوځي اوورپسې تعجيل کونکی ټيوب ته ورننوځي دالکترومقناطيسي څپود فاز سرعت په تړاوډيرلړ وي . پايله يې داده چې چارج شوي بڅرکي په تعجيل کوونکي ټيوب کې هغه مهال تعجيل موندلا ی شی چې دبڅرکوسرعت v_p دالکترومقناطيسي څپې د فاز سرعت v_{ph} سره لړځه يوبرابر $v_{ph} \cong v_p$ قيمت ولري . په تخنيکي تړاويوازي په نوموړي حالت کې يعنې کله چې $v_{ph} \cong v_p$ وي په دوامداره توګه چارج شووبڅرکوته تعجيل ورکولا ی شو.

دحل لاره يې داده چې دالکترومقناطيسي څپې فاز سرعت په تخنيکي ډول دومره راښکته شي چې لړځه دچارج شووبڅرکوسرعت سره برابرشي. نوموړې ستونزه په تخنيکې توګه داسې حل کيږي چې دتعجيل کوونکي تش ټيوب په منځ کې پرلپسې فلزي دايروي شکله کړی جوړې شي چې دمحورپه برخه کې سوري ولري . داډول جوړښتونه د ډيسک شکل لری اودDisk-loaded structure په نوم يادېږي. دنوموړوجوړښتونوپه مټ دالکترومقناطيسي څپو فاز سرعت v_{ph} دومره راښکته کيدلای شي چې دبڅرکوسرعت سره لړځه يوبرابرکيږي. دنوموړې تخنيکي کړنلارې ګټه داده چې دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې چارج شووبڅرکوته په دوامداره توګه تعجيل ورکول کيږي .

په شکل کې ۱۲-۵ د الکترومقناطيسي څپوانتقال کوونکي ډيسک ډوله جوړښتو نه ښوول شوي دي چې چارج شووبڅرکوته تعجيل ورکوي . دتعجيل کوونکي ټيوب په دننه برخه کې په پريوديک توګه يوسلسله دايروي شکله ديوالونه شته دي چې ديوبل څخه په ټاکلي واټن D کې موقعيت لري . دديوالونودمحورپه برخه کې سوري کندل شوي دي ترڅودسوريودمنځ څخه دمايکروڅپې اوهمدارنګه دالکترونوجريان تيرې شي .



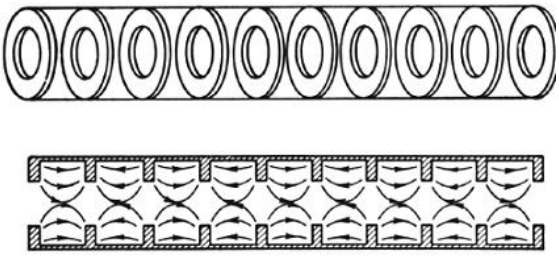
۱۲-۵ شکل : دتعجيل کوونکي ټيوب دننه برخه ښوول شوې ده چې په ډيسک ډوله جوړښتونوStructure باندې ډک شوی دی. الکترومقناطيسي څپې چې په فضاء کې دنورپه سرعت c خپريږي، خوکله چې ددډيسک ډوله جوړښتونو منځ ته ورننوځي نودغبرګون څخه وروسته دالکترومقناطيسي څپې فاز سرعت دنورسرعت په پرتله کمښت $v_{\mathrm{ph}} < c$ مومي .

دنومړي شرط دپوره کولولپاره دالکترومقناطيسي څپوانتقال کوونکي ډيسک ډوله هندسي ابعادبايد مساعد وټاکل شي ترڅو الکترونونه دهغوالکترومقناطيسي څپوڅخه چې دنومړوډيسکونوپه اوږدوکې خپريږي ، دومره انرژی ترلاسه کړي چې سرعت يې لږڅه آن دنورسرعت ته تقرب وکړي . دتيوب مساعد ابعادلکه ددډيسک سوريوقطر 2a، دتعجيل کوونکي تيوب قطر 2b اوددووډيسکونوترمنځ واټن D دالکترومقناطيسي څپې لکه دمايکروڅپې اوږدوالي λ سره په لاندې ډول تړاو لري .

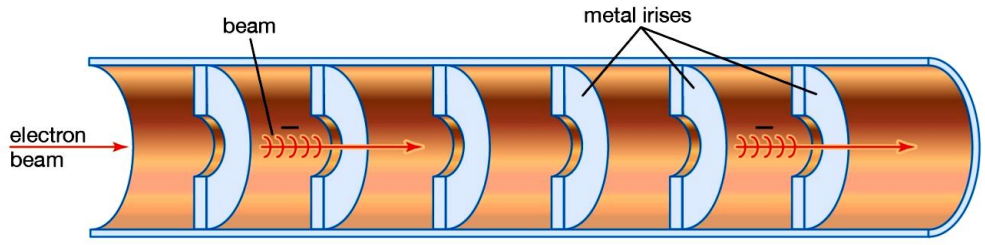
$$(a = 0{,}1\lambda)\ ; \quad (b = 0{,}4\,\lambda) \quad ; (D = 0{,}2\,\lambda)$$

دتعجيل کوونکي تيوب په منځ کې ډيسک ډوله جوړښتونه دوه دندې ترسره کوي .

- الکترومقناطيسي څپې لکه مايکروڅپې ته دتيوب په اوږدوکې انتقال ورکوي اوله دې کبله ورته څپې وړونکی يا څپې انتقال کوونکي يا څپې هدايت کوونکی جوړښتونه Waveguide ويل کيږي
- دګاونډيوډيسکونوترمنځ توليدشوې اواهتزازکوونکي الکترومقناطيسي څپې برښنايز ساحې په مټ چارج شووبځرکوته تعجيل ورکوي .



۱۲-٦ شکل : په پاس شکل کې دالکترومقناطيسي څپوانتقال کوونکي ډيسک ډوله جوړښتونه اوپه لاندې شکل کې د فضاء يې خونې څلورکونجه جوړښتونه Cavity structures کښل شوي دي . د فضاء يې خونې په منځ کې دالکترومقناطيسي برښنايز ساحې کرښې په وکټورونوکښل شوې دي .

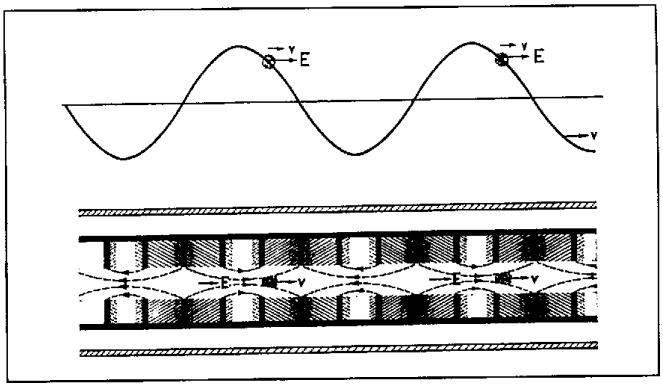


The wave propagates left to right.

© Encyclopædia Britannica, Inc.

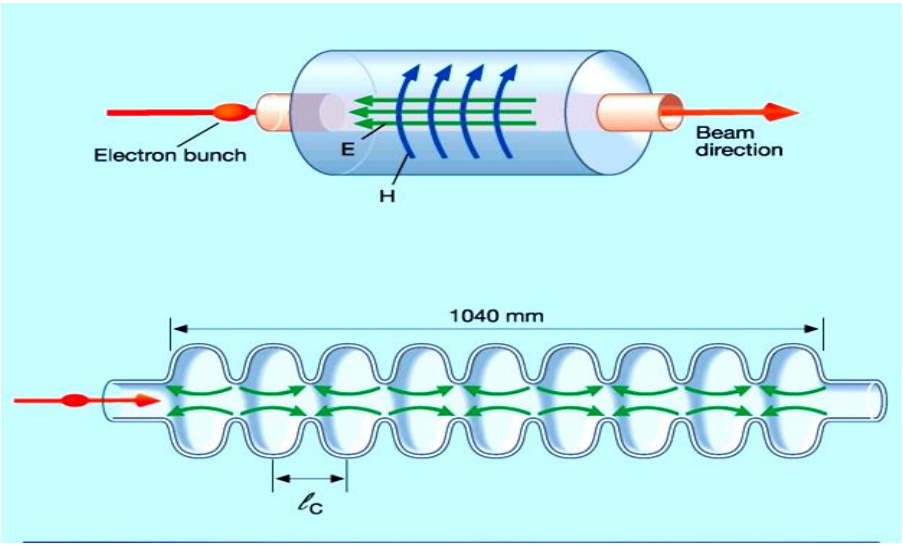
۱۲-٦ الف شکل : دالکترومقناطيسي څپوانتقال کوونکي ډيسک ډوله دايروي فلزي جوړښتونه ښوول شوي دي چې دمقطع نيمايي برخه يې Metal iris پرې شوې ده . دکښې خواڅخه دالکترونويوبنډل Electron Beam تعجيل کوونکوجوړښتونوسربرخې ته

ورننوځي اودالکترومقناطيسي ساحې په مټ ښي خواته تعجيل مومي . دډيسکونو په مرکزکې يوسوری شتون لري چې دالکترونوجريان Beam دکښ خواڅخه ښي خواته ورڅخه تيريدلا ی شي .



۱۲- ۷ شکل : په پورتني ګراف کې ديوه تعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې دالکترومقناطيسي ساحې E مثبت اومنفي دامنې شېبه ايز ښه ښوول شوې ده چې دڅپوانتقال کوونکو فضاء يي تشوخونوCavity structures ته دکښ خواڅخه ورننوځي اوهلته اهتزازکوي .

په لاندې شکل کې د فضاء يي تشوخونوCavity structures په منځ کې د برېښنايز ساحې دخطونوتوليدشوی محلي شېبه ايز وېش ښوول شوی دی . وکټورونه د برېښنايز ساحې E داهتزازشېبه ايزمثبت اومنفي خواسمت رابنيي . الکترونونه چې په تورټکي باندې کښل شوي دي دالکترومقناطيسي څپې مثبت دامنې په ځوړبرخه باندې سپاره دي اودالکترومقناطيسي څپې سرعت v سره په هم غږی کې مخ په وړاندې تعجيل مومي اوهم انتقال کيږي . د فضاء يي خونوپه منځ کې تورټکي ■ دالکترونو شيبه ايزموقعيت رابنيي چې په سرعت v سره مخ په وړاندې د برېښنايز ساحې سرعت C_{phase} سره يوځای اوپه هم غږی کې ښي خواته حرکت کوي .





۱۲- ۸ شکل : په پورتنۍ برخه کې دتعجيل کوونکي ټيوب استوانه يي ډوله جوړښت ښوول شوی دی چې دمحورپه اوږدوکې فضاء يي خونې Cavity structures لري او د برېښنايز ساحې E په مټ چارج شووبځرکوته تعجيل ورکوي . دنومورې ټيوب دمحورپه چاپيره دمقناطيسي ساحې H کرښې دايروي حلقي تشکيلوي . دنومورې شکل په منځ برخه کې دتعجيل کوونکي تيوب پرې شوې بڼه ښوول شوی ده چې ديوسلسله فضاء يي خونو Cavity structures څخه جوړدی . دتيوب طول يوزروڅلويښت ملي متر 1040 mm دی ، د فضاء يي خونوپه منځ کې دبرقي ساحې کرښې په وکټورونوښوول شوې دي . دالکترونوبنډل Electron beam دتعجيل کوونکي تيوب کينې خواته ورننوځي اود ښي خواڅخه ورڅخه بېرته راوځي beam direction . دنومورې شکل په لاندې برخه کې د فضاء يي خونو Cavity structures درې بعده بڼه ښوول شوې ده چې دتعجيل کوونکي ماشين په منځ برخه کې شتون لري . ددوو فضاء يي خونوترمنځ واټن په L_c ښوول شوی دی .

تړلي فضاء يي جوړښتونه : (Coupled –Cavity structures)

په ۱۲- ۹ شکل کې ديوبل سره دتړلويادښتو فضاء يي خونو تعجيل کوونکي جوړښتونه ښوول شوي دي . نومورې جوړښتونه چې د فضاء يي خونې Cavity chamber په نوم هم يادېږي دولاړوڅپو په تعجيل کوونکو ماشينونو کې کارول کېږي . دښتو فضاء يي خونو Cavity chamber په مټ الکترونونه دتعجيل کونکي ماشين په اوږدوکې لږڅه آن دنورترسرعت پورې تعجيل مومي . نښتي فضاء يي جوړښتونه (خونې) Cavity chamber يوپه بل پسې داسې تړل شوې دي چې دمحورپه برخه کې يوازې هغه فضاء يي خوني يودبل سره مسلسل نښتي دي چې دالکترونو بنډل ته دالکترومقناطيسي برېښنايز ساحې په مټ تعجيل ورکوي . خوهغه فضاء يي خونې Cavity chamber چې الکترونوته تعجيل نه شي ورکولا ی اوهلته دالکترومقناطيسي ساحې شدت صفردی ، دځنګ څخه بهرخواته ايستل شوې دي اوله دې کبله دغيرتعجيل کوونکو فضاء يي خونو Cavity chambers په نوم يادېږي . داځکه چې دځټ خوا ته په ايستل شوو نښتو فضاء يي خونو Cavity chambers کې دالکترومقناطيسي برېښنايز ساحې شدت صفردی $E_z = 0$ اوله همدې لا مله دمحورڅخه څټ بهر خواته ايستل شوې دي . دغيرتعجيل کوونکو فضاء يي خونو Cavity chambers دنده يوازې داده چې دمايکروڅپې تعجيل کوونکي برېښنايز ساحه ثابت و ساتي . په عادي توګه هره فضاء يي خونه دعرضي مقناطيسي څپو TM010Mode په ډول کارکوي . په دې معنی چې د فضاء يي خونو Cavity chambers دځايزمحور z په اوږدوکې دالکترومقناطيسي څپې طولي برېښنايز ساحه دصفرنه مخالف ($E_z \neq 0$) قيمت لري خودالکترومقناطيسي ساحې مقناطيسي ساحه ($H_z = 0$) دصفرسره مساوي ده . په داسې حال کې چې دمقناطيسي ساحې H کرښې دبرقي ساحې E_z په شاوخوا عمودي کړۍ په شان ر اتاوشوې وي . په بله معنی مقناطيسي ساحه H دالکترومقناطيسي څپې د خپرېدنې په سمت z نيغه ولاړه ده .

کله چې دتعجيل کوونکي ماشين دتيوب سربرخې ته الکترومقناطيسي څپې لکه دمايکروڅپې ورننوځي نوورپسې دنښتو فضاء يي خونوپه اوږدوکې خپرېږي اوالکترونوته تعجيل ورکوي . په پايله کې دتعجيل کوونکي ماشين دتيوب په اخر برخه کې دمايکروڅپې داوسپنې اوکسايدکيمياوي مرکب په واسطه جذب کېږي اوانرژي يي په حرارت اوړي .

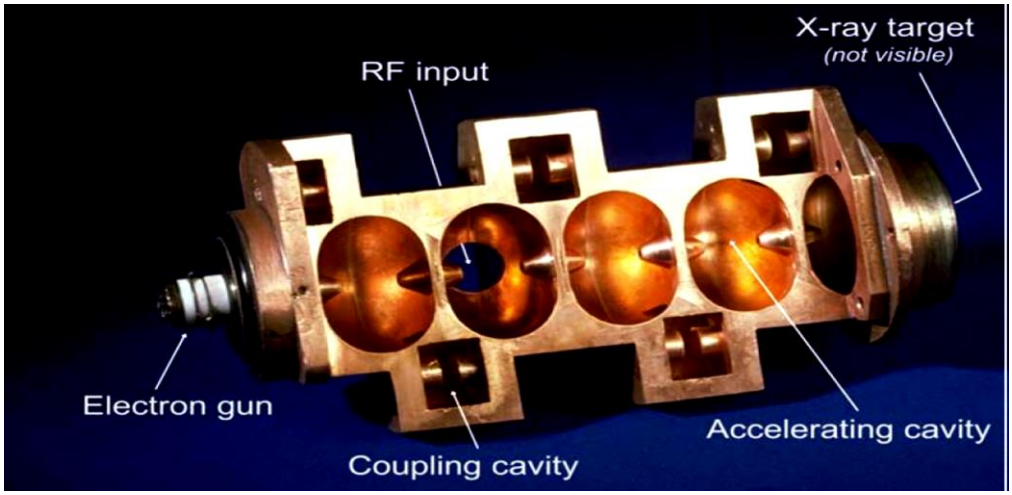
ددې لپاره چې دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې د مايکرو څپې فاز سرعت v_{ph} اوالکترونوسرعت v_p ترمنځ هم غږي منځ ته راشي نواړين شرط دادی چې دګاونډيو فضاء يي خونو Cavity chambers ترمنځ واټن l ،دمايکروڅپې اوږدوالي λ اوپه هره Cavity chambers خونه کې دڅپې فاز تغير $\varphi =$ phase shift ترمنځ لاندې اړيکې شتون ولري.

$$l = \frac{\beta\, \lambda\varphi}{2\pi} \qquad (12{,}1)$$

په (12,1) معادله کې بيتا $\beta = \frac{v_p}{c}$ دنورسرعت په ټراوډالکترون نسبي سرعت دی. دپام وړده چې کله دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې الکترومقناطيسي مايکروڅپې خپريږي نوپه هره فضاء يي خونه کې دمايکروڅپې فاز تغيرکوي او ديو پای π څخه تردوه پای 2π پورې بدلون منځ ته راځي.

هغه مقداربرېښنايزانرژي W چې الکترونونه e يي دګاونډيو فضاء يي خونوترمنځ فاصله l کې دساينډوله sine مايکروڅپې برېښنايز ساحې E_{z0} په مټ دتعجيل کوونکي ماشين په تيوب کې ترلاسه کوي مساوي ده له :

$$W = e\int_0^l E_{z0}\sin\varphi(z)dz \qquad (12,2)$$



۱۲ - ۹ شکل : د ټرلو يانښتو فضاء يي خونو (Coupled –Cavity chambers) تعجيل کوونکي ماشين تيوب داخلي جوړښت ښوول شوی دی. دکينې خواڅخه دالکترونوجريان Electron gun دتعجيل کوونکي ماشين تيوب سربرخې ته ورننوځي . په دويمه تعجيل کوونکې فضاء يي خونه کې دڅنګ خواڅخه درادیوفريکونس څپې RF input هم دتعجيل کوونکي ماشين تيوب ته ورننوځي اوالکترونوته تعجيل ورکوي . تعجيل کوونکي ماشين تيوب په اخر برخه کې لوړانرژي تعجيل شوي الکترونونه داکس وړانګوپه هدف X-Ray target باندې لګيږي . په پايله کې داکس بريمزوړانګې توليدکيږي.

يوازي هغه تشې فضاء يي خونې چې دمحورپه اوږدوکې موقعيت لري accelerating Cavity دالکترونوبنډل ته تعجيل ورکوي . هغه فضاء يي خونې چې دتعجيل کوونکي ماشين تيوب محورڅخه شاخواته ايستل شوې پرتې دي Coupling cavity دنده يې داده چې دالکترومقناطيسي مايکروڅپې تعجيل کوونکي برېښنايز ساحه E_z ثابته وساتي .

- **تعجيل کوونکي ټيوبونه (Drift tubes)**

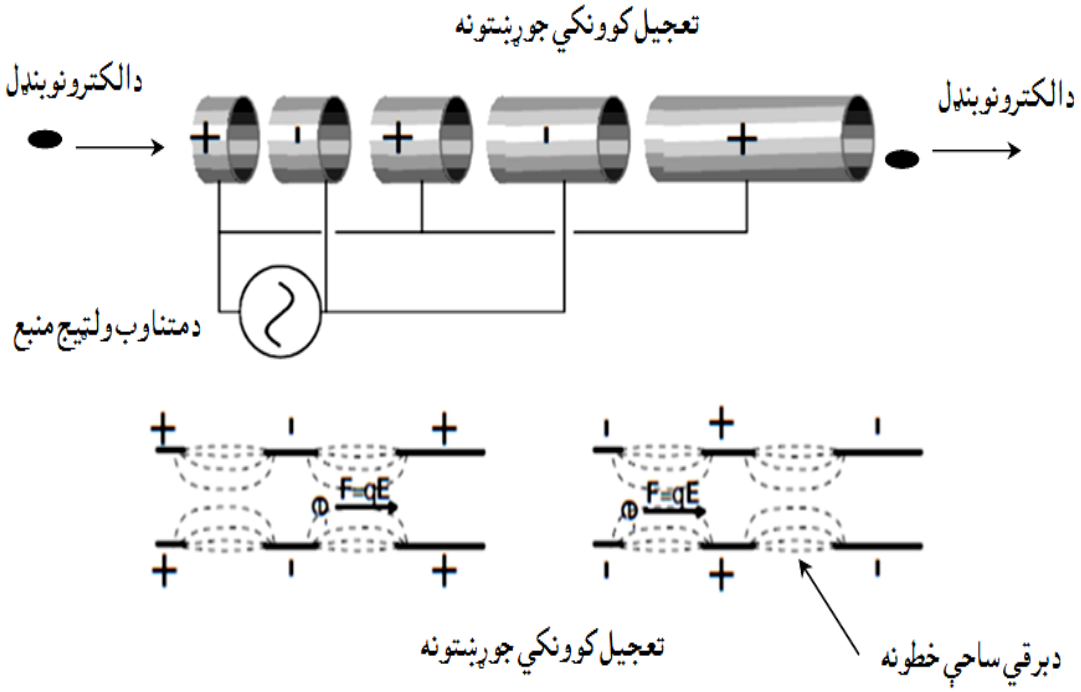
تعجيل کوونکي تيوبونه دنلونوپه شان يوسلسله تش استوانه يي ډوله هادي الکترودونه دي چې د يوه شريک محور په اوږدوکې يوپر بل پسې په ځانګړي توګه اويودبل څخه بيل موقعيت لري . ځرنګه چې دټيوبونوترمنځ ټاکلی واټن شته دی اوله همدې لا مله ديوبل څخه په فزيکي ټراو بيل دي . ټول تعجيل کوونکي هادي ټيوبونه دمتناوب ولټيج په منبع پورې ټرلي دي او په خپل وارسره دوخت په ټراو مثبت اومنفي چارج کيږي . دمتناوب ولټيج فريکونسي سره سم تعجيل کوونکي ټيوبونه متناوب برېښنايز چارج او متناوب قطب ځانته غوره کوی . هرڅومره چې د برېښنايز چارج شووذرو سرعت ډېرښت

مومي په همغه اندازه دتعجيل كوونكوټيوبونوطول اوږديږي . كله چې لومړی تعجيل كوونكی ټيوب دمتناوب ولټيج په مټ مثبت چارج شوی قطب ولري نوپه همدې ترڅ كې دكتود Cathode څخه الكترونونه آزادكيږي اودلومړی ټيوب خواته تعجيل مومي . څرنگه چې دټيوب په منځ برخه كې برېښنايز ساحه شتون نه لري نوله همدې لا مله الكترونونه پرته له تعجيل دټيوب اخر خواته په گټل شوی ثابت سرعت سره حركت كوي .

داځكه چې تعجيل كوونكي تيوبونه دفارادای قفس په شان Faraday cage اغيزه لري اودمتناوب ولټيج منبع چارجونه دتيوب داخلي سطه كې نه بلكې دتعجيل كوونكوتيوبونوپه بهرنۍ سطحه كې راټوليږي اوهلته موقعيت اختياركوي . په داسې حال كې چې دتعجيل كوونكوتيوبونوداخلي برخه كې دمتناوب ولټيج چارجونه اوورسره سم برېښنايز ساحه شتون نه لري . همدالامل دی چې دكتودڅخه ازادشوي الكترونونه دتعجيل كوونكوتيوبونوپه منځ كې په خپل ثابت سرعت سره خوندي ساتل كيږي اودمتناوب ولټيج منبع الكترومقناطيسي ساحې تراغيزې لاندې نه راځي . خوكله چې دالكترونوبنډل دلومړي ټيوب اخر برخې ته ورسيږي نوپه همدې ترڅ كې دمتناوب ولټيج منبع قطب داسې تغيركوي چې لومړی ټيوب منفي اودويم مخامخ ټيوب سمدلاسه مثبت چارج ځانته غوره كوي . په دې معنی چې لومړی ټيوب دالكترونوبنډل دځان څخه مخ خواته ټيله كوي اودويم مخامخ ټيوب دالكترونو بنډل ځانته راكش كوي .

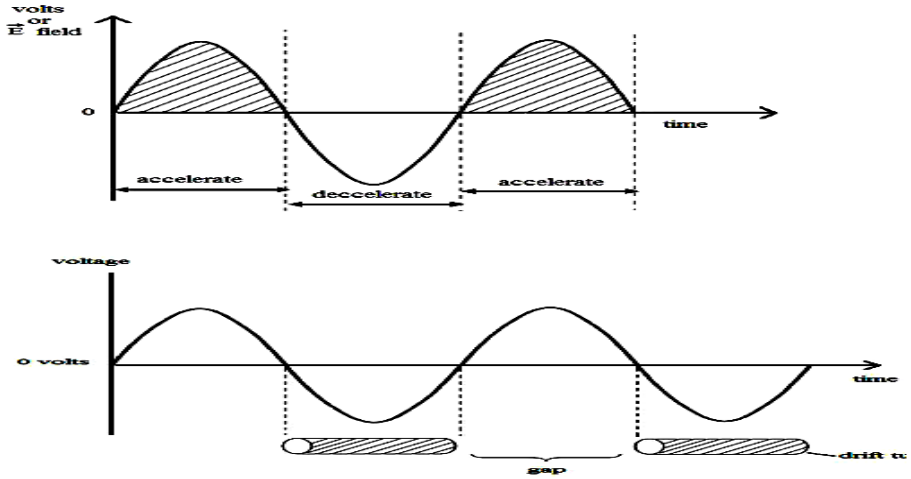
خوكله چې دالكترونوبنډل دلومړي ټيوب اخر برخې څخه راووځي نو سمدلاسه دلومړی اودويم ټيوب ترمنځ په تشه فضاء اوواټن كې دمتناوب ولټيج منبع برقي ساحې په مټ يوځل بيا بېرته تعجيل مومي .

په پايله كې دمتناوب ولټيج په مرسته ددريمې ،څلورمې ،پنځمې .....اود اخر نې ټيوب برېښنايز قطبونو ته پرلپسې داسې تغيرورکول كيږي چې الكترونونه e دبرقي ساحې E په مرسته ديوه ټيوب اوبل ټيوب تر منځ واټن ياچاک gap كې پرلپسې ګړندي كيږي.



۱۲- ۱۰ شكل : ديوه خطي تعجيل كوونكي ساده تيوب ښوول شوی دی چې ديوه نل په شان تعجيل كونكوټيوبونوپه مټ كاركوي . په پاس شكل كې دټيوب ډوله الكترودونوسركټ اوپه لاندې شكل كې دنل ډوله الكترودونوترمنځ فاصله كې دبرقي ساحې شدت E كرښې ښول شوې دي چې الكترونوته تعجيل وركوي .

د بېلگې په توګه دمنفي اومثبت چارج شوي تيوب په منځ واټن کې يوالکترون q باندې برً قي قوه F = q E عمل کوي اوالکترون ته دمثبت چارج شوي تيوب خواته تعجيل ورکوي .



۱۲- ۱۱ شکل : په عمودي محورکې دمتناوب ولټيج برېښنايز ساحه E اوپه افقي محورکې دوخت کميت time کښل شوی دی . دخطي تعجيل کوونکي دوه تيوبونه سوول شوي دي چې دمتناوب ولټيج په يوه منبع ټرل شوي دي .

کله چې دتيوبونو په بهرنۍ سطحه باندې دمتناوب ولټيج منبع برقي ساحې منفي دامنه شتون ولري نودکتودځخه ازادشوي الکترونونه دتيوبونوپه دننه برخه کې تعجيل نه مومي deacceleration ، داځکه چې دفارادای قفس Faraday cage په ډول کارکوي . په دې معنی چې دتيوب په داخلي برخه کې په الکترونوباندې دبهرنۍ برېښنايز ساحې اغيزه نه شته اوله همدې لا مله الکترونونه په خپل ثابت سرعت سره دتيوبونوپه د دننه برخه کې مخ په وړاندې خوځيږي . خوځرنګه چې دتيوبونو ترمنځ واټن يعنې چاک کې gape دبرقي ساحې امپليتودمثبت قيمت لري نوله دې کبله دکتودځخه ازادشووالکترونوته تعجيل acceleration ورکول کيږي .

که چېرته وغواړوچې چارج شووبځرکوته ترځومیګاالکترون ولټ پورې تعجيل ورکړونويوسلسله ډېر وتعجيل کوونکوټيوبونو ته اړتياشته ده .

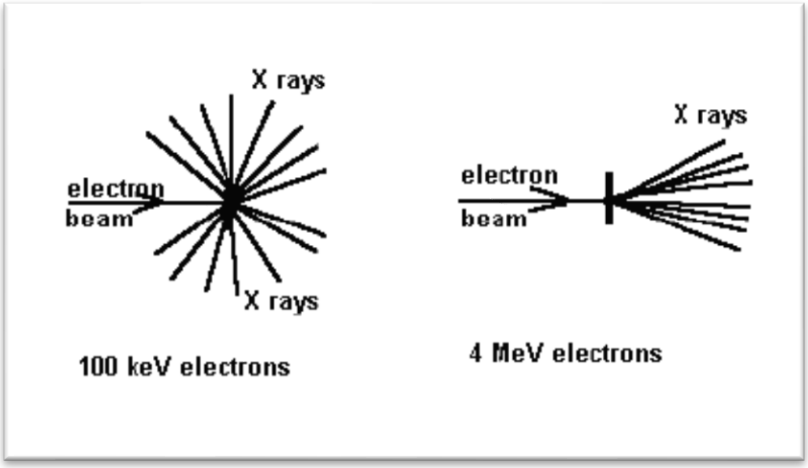
هغه تعجيل کوونکي ماشينونه چې دټيوب ډوله جوړښتونو (Drift tubes) څخه کاراخلي لاندې نيمګړتياوې لري :

- دټيوب ډوله خطي تعجيل کوونکوماشينونو(Drift tubes) ترټولوډيره نيمګړتيا دبعد غټوالی دی چې طول يې آن ترځوکيلومتره پوري رسيږي.
- بلخوادتيوب ډوله (Drift tubes) تعجيل کوونکي جوړښتونه پراخ ځای نيسي- اوله همدې لا مله په روغتون کې نه شي ځای پرځای کيدلا ی
- ځرنګه چې دمتناوب ولټيج دفريکونس سره سم ټيوب ډوله الکترودونه په خپل وارسره پرلپسې مثبت اومنفي چارج کيږي نوله همدې لا مله يوازې دټيوبونوترمنځ واټن کې دبرقي ساحې په مرسته تعجيل مومي.

هدف يا تارګټ (Target) :

دتعجيل کوونکوټيوبونو په اخر برخه کې د پلټونکو توکو نمونې يوه هدف target کيښول شوې وي چې په هغه باندې اټومې ځېرنې ترسره کيږی . کله چې دتعجيل کوونکوټيوبونوځخه لوړانرژي چارج شوي بځرکي بهرته راووځي نودپلټونکي توکونمونې د نښې په اټومونوباندې لګيږي . د ساري په ډول د نومورې کړنلارې په مرسته سره کولای شوچې دپلټونکې

نښې اټومې جوړښت و پېژندل شي اویاداچې نوي بڅرکي اویاداکس وړانګې x-ray تولیدشي . اکس وړانګې په طبې تعجیل کوونکي ماشین کې تولیدکیږي چې ځانګړی جوړښت لري.



۱۲-۱۲ شکل : په نښې خواکې په یوه فلزي هدف Target باندې لوړانرژي څلورمیګاالکترون ولټ 4 MeV الکترونونه لګیږي. تولیدشوې اکس وړانګې مخ په وړاندې یعنې دالکترونودحرکت په خواتولیدکیږي. په داسې حال کې چې دټیټ انرژي سل کیلوالکترون ولټ **100 keV** الکترونوپه مټ تولیدشوې اکس وړانګې هرې خواته شیندل کیږي.

ديارلسم څپرکی

■ طبي خطي تعجيل کوونکی ماشين : (Medical linear accelerator)

سريزه :

په طبابت کې دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين څخه ګټه پورته کيږی. په نوموړي ماشين کې آيونايز وونکې وړانګې لکه لوړانرژي الکترون وړانګې اولوړانرژي فوتون وړانګې توليدکيږي . د وړانګودرملنې طريقې ته راډيو تراپي (Radiotherapy) ويل کيږي .

په ۱۳- ۱ شکل کې طبي خطي تعجيل کوونکی راډيو تراپي ماشين کښل شوی دی ،يو ناروغ دميزپه سرپروت دی اودرادیو تراپي لپاره اماده کيږي .

نن ورځ دسرطاني ناروغيو ددرملنې لپاره د درېو پېژندل شوودوديز و طريقوڅخه ګټه پورته کيږي .

د ساري په ډول لکه:

- د آيونايز ونکو وړانګو په مټ درملنه : Radiotherapy
- دعملياتوپه مټ درملنه : Surgery https://en.wikipedia.org/wiki/Surgery
- دکيمياوي دواګانوپه مټ درملنه . Chemotherapy

دسرطاني ناروغيويوه ډيره اغيزمنه درملنه داکس وړانګوکړنلاره ده چې په ځانګړې توګه اويادکيمياوي درمل اويادعملياتوکړنلارې سره يوځای کارول کيږي . هغه خبيث تومورونه چې په بدن کې ژورپراته وي دلوړانرژي اکس بريک وړانګو Brake radiation په مرسته تداوي کيږي . لوړانرژي اکس بريک وړانګې ته دفوتون photon وړانګې هم ويل کيږی. خوهغه خبيث تومورونه چې دبدن سطحي ته ورنږدي موقعيت ولري ددرملنې په موخه يې دلوړانرژي الکترونوڅخه ګټه پورته کيږي .

لوړانرژي اکس بريمزوړانګې هغه مهال منځ ته راځي کله چې لوړانرژي الکترونونه په تنګستن فلز **tungsten** باندې ولګيږي اوداتومونوهستې سره برېښنايز غبرګون وکړي . په پايله کې الکترونونه خپله حرکې انرژي داکس بريمزوړانګوپه بڼه دلاسه ورکوي اوپه ټپه دريږي .

په ۱۳- ۱ شکل کې ديوه طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين په کارولوسره ددرملنې کړنلاره ښوول شوې ده چې په يوه ځانګړې خوندي کوټه کې ترسره کيږي .



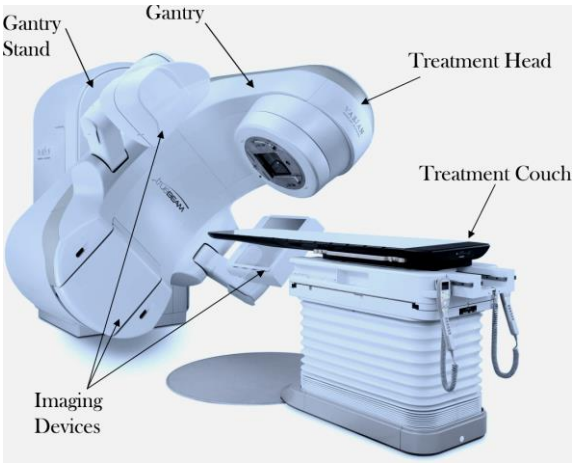
۱۳- ۱ شکل : دیوه طبي خطي تعجیل کوونکي راډیو تراپي ماشین ددرملنې کړنلاره ښوول شوې ده . ناروغ دمیزپه سرپروت دی اودرادیو تراپي یست ډاکټر radiation therapist له خوا ددرملني لپاره اماده کیږي

دپام وړه چې ددرملنې کوټې treatment room دیوالونه دخوراپنډوکنریت Concrete یاسمټوخخه جوړشوي دي ترڅوددرملنې کوټې څخه دطبي خطي تعجیل کوونکي لوړانرژي اکس بریمزوړانګې بهرخواته خارج نه شي او طبې کارکوونکي اودرادیوتیراپیست ډاکټر radiation therapist دوړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي .

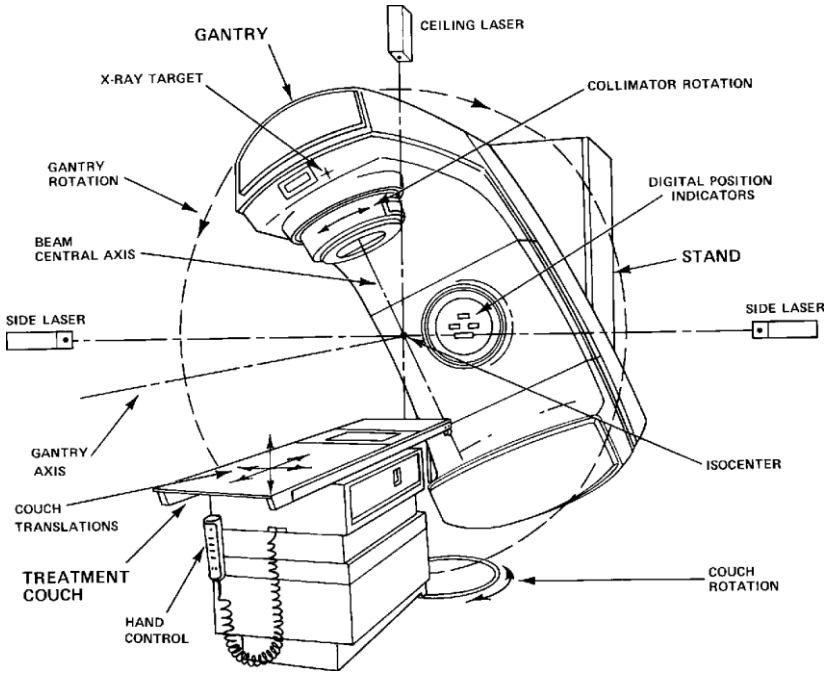
ددې لپاره چې خطي تعجیل کوونکي راډیو تراپي ماشین په خپل محورشاوخواراوڅرخیږي اوهم په خپل ځای مستقرپاتې شي نودنوموړې موخې لپاره په یوه فلزي دستګاه کې کلک ځای پرځای شوی دی چې دګانټري Gantry په نوم یادیږي . داکس وړانګوجریان مرکزي محور چې دنوموړي ماشین څخه راوځي مخکې له دې څخه چې په ناروغ باندې ولګیږي په فضاء کې دګنتري محورسره قطع کوي . دتقاطع نقطي ته ایزوسنټر Isocenter ویل کیږي . کله چې دوړانګیزې درملني په موخه ناروغ دمیزپه سرپریوزي نودناروغ میزته داسې هراړخیزحرکت ورکول کیږي چې دراډیو تراپي ماشین ایزوسنتر Isocenter دناروغ په بدن کې دسرطان نسج په مرکزکې موقعیت پیداکړي . ناروغ په میزباندې پرمخ supine خوا اویاپه شاخوا Prone پروت وي . همدارنګه دناروغ میزته هم هراړخیزحرکت ورکولا ی شوترڅوناروغ مناسب موقعیت ترلاسه کړي. ددرملنې کوټې په چت کې اوهمدارنګه دګوټې په څنګ دیوالونوکې لیزر Laser وړانګې سرچینه شتون لري اودناروغ په بدن باندې لګیږي اودناروغ موقعیت سره مرسته کوي . دنوموړې موخې لپاره دلیزروړانګې ایزوسنتر دناروغ په بدن باندې په نښه کیږ ي او د reference mark په نوم یادیږي . دراډیو تراپي ماشین اودلیزرمرکزونه یعنې ایزوسنتر هم یودبل سره په یوه نقطه کې پرې کوي . دایزوسنتر څخه په استفادې سره کولا ی شوچې په اسانی دګنتري هرې زاویې څخه دناروغ په تومور tumor باندې داکس وړانګې ولګیږي .

کله چې ناروغ دميزپه سردليزر Laser وړانګوپه مټ دراډيو تراپي لپاره په تخنيکي اوطبي تړاو اماده اوسمبال شونودراډيو تراپي ډاکټردناروغ ددرملنې ماشين کوټې څخه بهرخواته ځي . دطبي کارکوونکوله خوا دکمپيوتري سيستم control consol keyboard په فعال کولوسره داکس وړانګوانرژي ، دوړانګوساحه ، ددرملنې مونيتورډوز واحدونو شمېر treatment monitor Dose units اونورهندسي پارامترونه اعيارکيږي . په پايله کې دټاکل شووفزيکي پارامترونوپه پام کې نيولوسره دناروغ هغې برخې ته چې دسرطا ن په ناروغۍ اخته ده داکس وړانګې ورکول کيږي .

ديادولووړده چې control consol keyboard ديوسلسله کمپيوترونواوګڼ شمېر دعکس ښوولوپردې screen په بله معنی Display څخه جوړدی .



۱۳- ۲ شکل : دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين بنستيزفزيکي جوړښت کښل شوی دی لکه : دناروغ ددرملنې ميز Treatment Couch ، دماشين درملنې کوپړۍ Treatment Head، دماشين هغه برخه چې په منځ کې يې تعجيل کوونکي جوړښتونه شتون لري او چارج شوي بڅرکي لکه الکترونونه تعجيل مومي Gantry ، داکس وړانګوعکس اخيستلوتخنيکي آلا ت : Imaging Devices



۱۳- ۳ شکل : دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين شيماتيک بڼه په جزياتوسره کښل شوي ده چې هره برخه ددندې په تړاوځانګړی نوم لري . د بېلګې په توګه لکه :

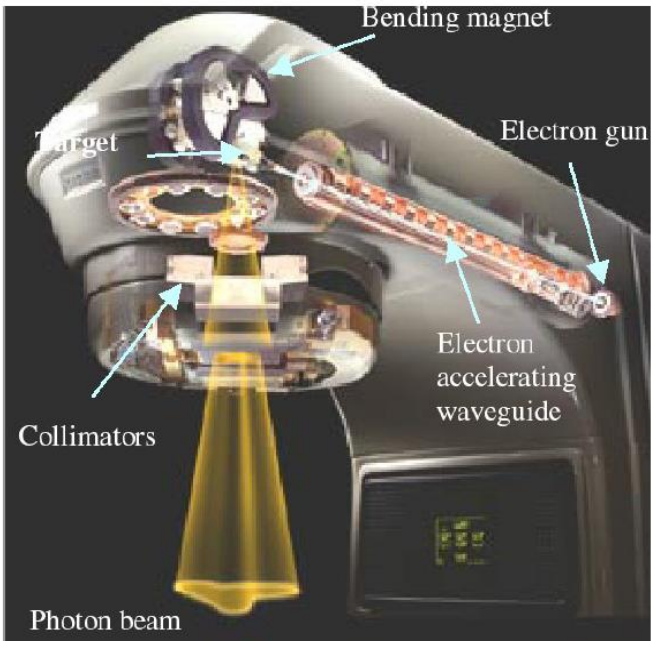
- **Treatment Couch** دناروغ درملنې ميز :

- **Couch Rotation** دناروغ میز څرخېد ونکی حرکت :
- **Hand Control** یوه تخنیکي آله ده چې دلا س په مټ کارول کیږي او دماشین هراړخیرحرکت ترسره کیدلا ی شي :
- **Couch Translattions** دناروغ میزته ښي خواته ،کیڼ خواته او عمودي خواته حرکت ورکول کیږی :
- **Gantry Axis** دماشین ګانتري محور
- **Side Laser** دځنګ لیزر
- **Beam central Axis** داکس وړانګومرکزي شعاع :
- **Gantry Rotation** دګنتري څرخېد ل :
- **X-Ray Target** داکس وړانګو هدف یا تارګېټ :
- **Gantry** ګنتري دماشین کوپړی برخه ده :
- **Ceiling Laser** دناروغ ددرملنې کوټې چت لیزر :
- **Collimator Rotation** دکولیمتردوراني حرکت :
- **Digital Position Indicators** دماشین دیګیتل موقعیت ښوونکې برخه :
- ایزوسنټر : **Isocenter**

دطبي خطي تعجیل کوونکي ماشین برتري دنوروخطي تعجیل کوونکوپه پرتله داده چې دالکترونوتعجیل کوونکی تیوب نسبتا ډیرکوچنی طول لري اوله همدې لا مله دروغتون په یوه کوټه کې هم ځای پرځای کیدلای شي . داځکه چې د راډیو تراپي ماشین عمده برخه تعجیل کوونکی ټیوب تشکیلوي اودنومورې تیوب طول دځانګړې تکنالوژي په کارولوسره ددریومتروځخه نه اوړي .

ددې لپاره چې دهوامالیکولونوسره چارج شوي بڅرکي ټکروه نه کړي اوپه دې ډول خپله ګټلې انرژي دلاسه ورنکړي نودماشین په تعجیل کوونکي برخه کې بیخي تشیاساتل کیږي اوقیمت یې دلس په طاقت دمنفي نهه تور 10^{-10} Torr څخه هم ټیټ وي .

. دنومورې موخې لپاره ځانګړي فضاء یي پمپونه Vacuum pumps کارول کیږي



۱۳- ۴ شکل : دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين بنسټيزفزيکي جوړښت کښل شوی دی چې دفوتون وړانګې **photon beam** توليدکوي . په پيل کې دالکترونوسرچينې څخه دالکترون توپک **Electron gun** په مټ الکترونه راوځي اودالکترونوتعجيل کوونکوجوړښتونوپه مټ تعجيل مومي . لوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلزپه هدف **Target** لګيږي اوهلته خپه ټوله حرکي انرژي دلاسه ورکوي . په پايله کې دفوتون جريان منځ ته راځي اوعموماً ښکته خواته په ناروغ باندې لګيږي. دکوليمترونو **Collmators** دنده داده چې دتوليدشوو فوتونو وړانګيزه ساحه **Radiation field** دارټياسره سم محدوده کړي .

دسرطاني ناروغيوددرملني لپاره داسې لوړانرژي رونتګن وړانګې په کاردي چې انرژي يې دکيلوولټ kV پرځای دميګاولټ MV په شاوخواکې وي . د ساري په ډول د پروستاټ Prostate خبيث تومورددرملنې لپاره لږترلږه لس ميګاولټ 10 MV فوتون وړانګوته اړتياشته ده . که چېرته په يوه روتنګن ټيوب باندې دومره لوړولټيج وکارول شي چې قيمت يې دميګاولټ په شاوخواکې وي نوپه تخنيکي تړاو نوموړې کړنلاره ناشونې ده ، داځکه چې برېښنا شارټي توليدکيږي . په الکترونيکي تړاودرونتګن په يوه ټيوب باندې کيدای شي چې يوازې ترځلورسوه کيلوولټ 400 kV پورې ولټيج وکارول شی .

همدالامل دی چې درونتګن ټيوب پرځای دلوړانرژي طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين څخه ګټه پورته کيږی .

په يوه طبي خطي تعجيل کوونکې ماشين کې دالکترونودګرندي کولوپه موخه دمايکروڅپو microwave څخه ګټه پورته کيږي چې فريکونس يې ددرې زره ميګاهرځ 3000 MHz په شاوخواکې دی . نوموړې تکنالوژي د رادارRadar آلې څخه اخيستل شوې ده .

دمايکروڅپې microwave په مټ الکترونونه دځلورميګاالکترون ولټ 4 MeV څخه آن تر پنځه ويشت ميګا الکترون ولټ 25 MeV پورې حرکې انرژي ترلاسه کوي .

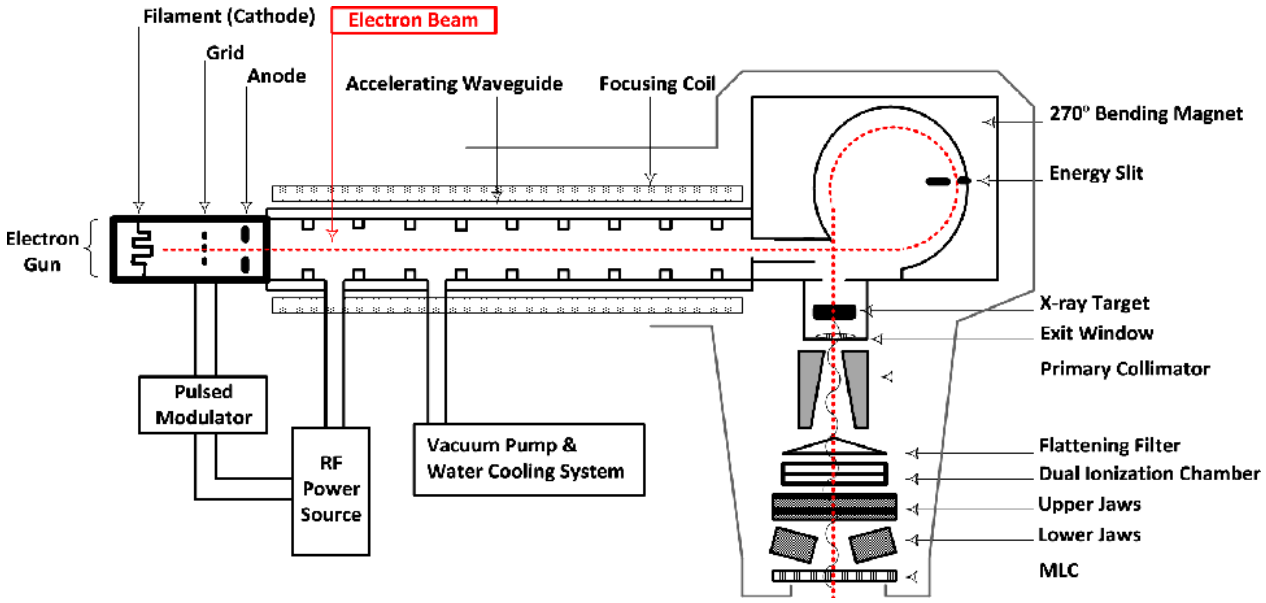
په نوموړي ماشين کې په عادي توګه دفوتون وړانګودوه ډوله انرژ ی څخه ګټه پورته کيږی چې قيمت يې شپږ ميګا ولټ 6 MV او پنځه لس ميګاولټ 15 MV دی .

- **دطبي خطي تعجيل کوونکې ماشين تخنيکي جوړښت :**

په ۱۳- ۵ شکل کې دزيمېنس Siemens فابريکې طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين هراړخيزجوړښتونه په جزياتوکې ښوول شوي دي چې د اونکورoncor ماشين په نوم يادېږي .دخطي تعجيل کوونکي ماشين عمده دنده داده چې دمايکروڅپې په مټ چارج شووبځرکوته تعجيل ورکړي. په نوموړې کړنلاره کې الکترونونه دمايکروڅپوڅخه حرکې انرژي ترلاسه کوي اوتعجيل مومي . دنوموړې موخې لپاره بايد لاندې دوه شرطونه پوره شي.

۱. دراډيو تراپي ماشين تعجيل کوونکوجوړښتونو دمحورپه اوږدو کې دچارج شووبځرکودحرکت په خوابايددالکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحې يوه برخه موجوده وي .

۲. برېښنايز چارج شوي بځرکي اوالکترومقناطيسي څپه ديوبل سره په هم غږي synchronism کې حرکت وکړي. دنوموړې موخې لپاره بايدچې په لومړي ګام کې دچارج شوو بځرکويوبنډل bunch جوړشي مخکې له دې چې دتعجيل کوونکې ماشين سربرخې ته ورننوځي. يوازې دچارج شووبځرکوبنډل کولای شي چې دتعجيل کوونکې برېښنايز ساحې سره په هم غږی کې يوځای حرکت وکړي اوانرژي ترلاسه کړي.

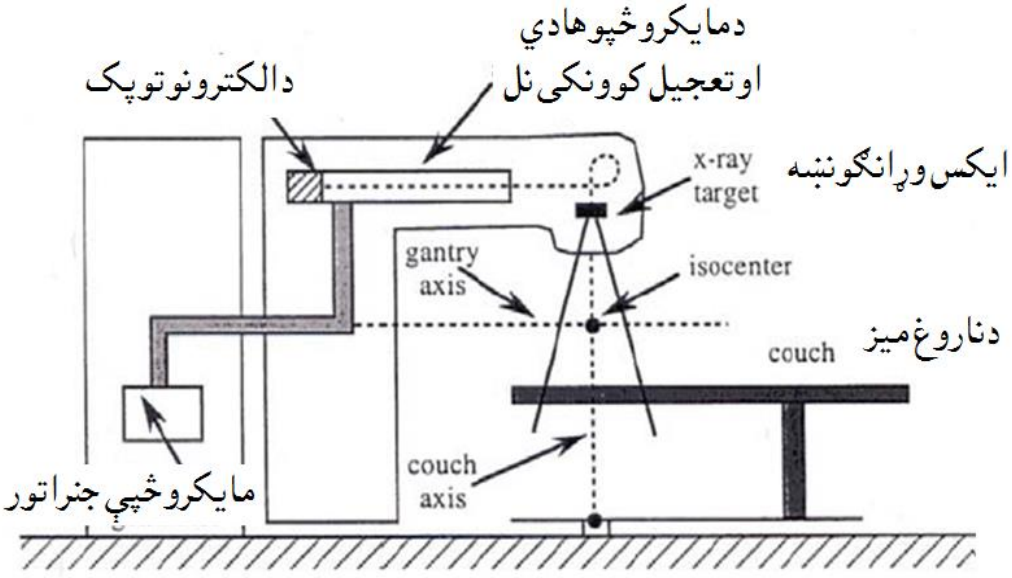


۱۳-۵ شکل : دیوه طبې خطي تعجیل کوونکي ماشین بنسټیز تخنیکي جوړښت ښوول شوی دی.

طبي خطي تعجیل کوونکی ماشین دلاندوبرخوڅخه جوړدی.

- دالکرونوانجکټر: (Electron Injector) . نوموړې برخې ته دالکترونټوپک Electron gun هم ویل کیږي
- دمایکروڅپوجنراتور (Microwave generator) لکه کلیسترون Klystron اویا مګنیترون Magnetron
- دالکترون وړانګوبندل کوونکې برخه (بنچر The Buncher Cavity)
- دالکترونوتعجیل کوونکي جوړښتونه : (Electron accelerating structures)
- دڅپوانتقال کوونکی (Waveguide)
- دیخو اوبوسیسټم (Cooling water System)
- سرکولېټر (Circulator)
- دماشین ددرملنې کوپړی (Treatment head)
- انحراف کوونکی مقناطیس (Bending Magnet):
- موجولېټر (Modulator)
- دکلینیکي الکترون وړانوګوتولید Production of clinical electron beams
- دکلینیکي فوتون وړانګوتولید (Production of clinical photon beams)
- د وړانګوفوکس کول (Beam collimation)
- هواره وونکی فیلتر Flattening filter
- دناروغ ددرملنې میز (Treatment couch)
- ګنټري Gantry دماشین هغه ولاړه استوانه یې برخه ده چې محوریې دناروغ په شاوخواراڅرخیږي
- دکنترول کنسل (Control console) دماشین هغه برخه ده چې ددرملنې وړانګې مقدار دکمپیوترپه مټ کنترول کیږي اودناروغ کوټې څخه بهرموقعیت لري.
- AFC دابرخه دتعجیل کوونکو په جوړښتونوکې دعملې کیدلومناسب فریکونس تشخیص کوي اوددې فریکونس سره دکلایسترون اویاماګنیترون فریکونس همغږې کوي

➢ (Circulator) : يوواشل دی چې دمګنيترون په مټ توليدشوې مايکروځپوته اجازه ورکوي چې د تعجيل کوونکي ماشين تيوب ته ورننوځي خودانعکاس شوو مايکروځپو لاره بندوي



۱۳-٦ شکل : ديوه طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين شيماتيک ابتدايي بڼه ښوول شوې ده .

- **دالکترونوانجکټر: (Electron Injector)**

دالکترونوانجکټردترايودنل Triode يوالکترونيکي سرکټ دی چې د انودالکترود(+) anode ، دکتودالکترود cathode اويوې شبکې Grid څخه جوړدی .

په انجکټر کې دبرقي جال Electrical network يوځانګړی سيستم شتون لري چې دلوړپلس جنراتورپه نوم يادېږي اولوړولټيج DC پلس توليدکوي . دلوړولټيج DC پلس په کارولوسره د دکتود Cathode څخه الکترونونه راکش کيږي او د انودالکترود(+) anode خواته تعجيل مومي . دنوموړي پلس په مټ الکترونونه دځپوهادي تعجيل کوونکي تيوب ته تزريق کيږي

دکتود Cathode برخه دتنګستن فلزيوسيم دی چې دببړيم اوکسايد BaO په کيمياوي مرکب پوښ شوې دی . دکتود Cathode برخې ته په غيرمستقيم ډول دسانتي ګريدتريوزردرجې 1000°C پورې حرارت ورکول کيږي .څرنګه چې د شبکې ولټيج دکتود Cathode په پرتله منفي اومثبت قيمت غوره کولای شي نوله همدې لا مله دغه منبع ديوه واشل په توګه کارکوي او دالکترونوجريان کنترول کوي .

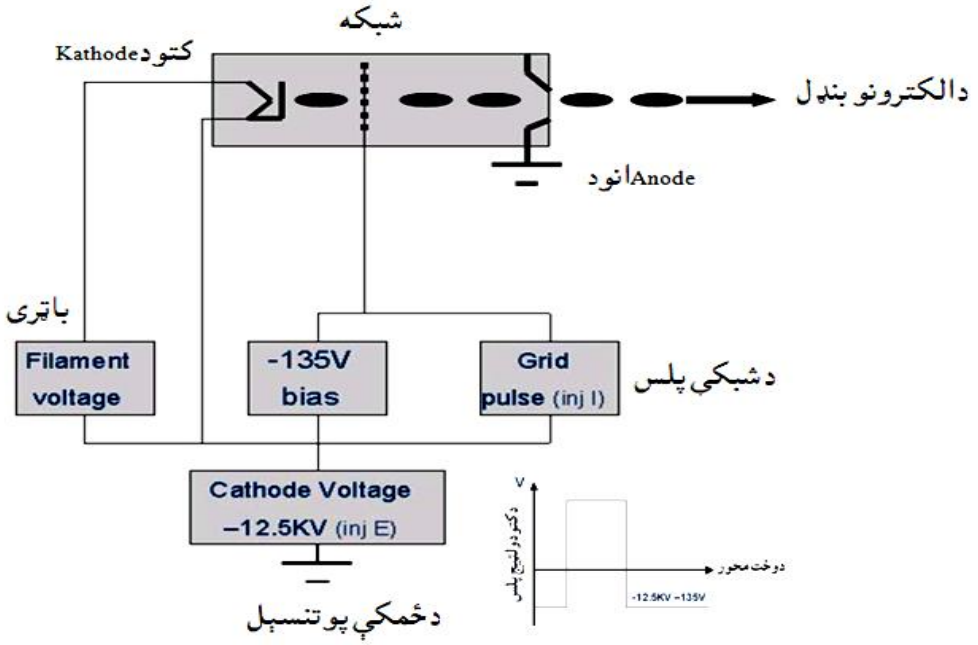
په يوه طبي تعجيل کوونکی ماشين کې دالکترونومنبع دغيرطبي خطي تعجيل کوونکې دمنبع سره ډيرورته والی لري چې پاس په تفصيل سره تشريح شوې ده . دالکترونومنبع لکه ديوه برېښنايز ګروپ په ډول کارکوي اوديوه تاوشوي تنګستن فلزسيم څخه جوړه ده . ديوې برېښنايز بټرې په مټ دکتود Cathode سيم ته حرارت ورکول کيږي او دکتودCathode څخه الکترونونه آزادکيږي .

په نوموړې منبع کې دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode ترمنځ دمتمادي ولټيج پرځای پلسيز ولټيج کارول کيږی. د انودالکترود(+) anode الکترودپه مرکزي برخه کې يوسوری شته دی چې دهمدې لارې دالکترونوبنډل دتعجيل کوونکي بنشر Buncher Cavity برخې ته ورننوځي . همدالامل دي چې نوموړې کړنلارې ته دالکترونوتذريق اودالکترونوسرچينې ته

دالکترونوتوپک Electron gun ويل کيږي . په عادي توګه انودالکترود(+) anode دځمکې په پوتنشل ground potential ترڅې وي او دکتودالکترود Cathode د انودالکترود(+) anode په پرتله منفي دولس نيم کيلو ولټ پلسيز ولټيج 12,5– kV قيمت لري .

دشبکې منفي پلسيز ولټيج 135 V – په واسطه دکتود Cathode څخه دازادشوو الکترونو جريان کنترول کيږي . په ولاړموډکې standby mode کله چې د راډيو تراپي ماشين فعال نه وي (rad out) نودشبکې ولټيج دکتود Cathode ولټيج په پرتله 135 V- قيمت لري . خوکله چې نوموړې ماشين په کارپيل وکړی (rad on) نودشبکې پلس ولټيج دکتودالکترود Cathode په پرتله مثبت خواته ځي او دکتود Cathode پلسيزولټيج 12, KV – قيمت غوره کوي .

دانجکټر Ingector اړينه دنده داده چې کله دکتود Cathode څخه الکترونونه آزادشي نوپه ړومبيوڅو فضاء يې خونوکې يوخوا دخواره واره الکترونوڅخه يوبنډل جوړکړي اوبلخوا ،دالکترونوبنډل ته دومره تعجيل ورکړي ترڅو دالکترونو سرعت دمايکروڅپو فاز سرعت سره هم غږی شي. په پايله کې دانجکټرپه مټ دالکترونوبنډل عمده تعجيل کوونکي تيوب ته ورشړل کيږي (Injection تزريق کوي).



۱۳- ۷ شکل : دOncor طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين انجکټربرخې Injector الکترونيکي سرکټ ښوول شوی دی چې د انودالکترود(+) anode ، دکتودالکترود Cathode اويوې شبکې Grid څخه جوړدی .

➢ انجکټرته دالکترونومنبع اويا په بله معنی دالکترنوتوپک electron gun هم ويل کيږي

د انجکټر دندې په لاندې ډول دي :

۱- داړتياسره سم دالکترونوجريان شدت 1A اوسرعت ثابت ساتل اوکنترول کول.

۲- دانودالکترود(+) anode او دکتود Cathode ترمنځ دولټيج پلس په مټ دالکترونوجريان ته ابتدايي تعجيل ورکوي .

۳- په پايله کې دالکترونوټاکلی مقدارجريان اوپه ټاکلي سرعت سره د انودالکترود(+) anode سوري له لارې دڅپوهادي تعجيل کوونکي اصلي نل ته تزريق کيږی .

۴- دانجکټرالکترونيکي سرکټ په مټ دبټري ولټيج،دشبکې ولټيج اود دکتود Cathode - انو دولټيج پلس DC pulse داسې تنظيم کيږي چې دري واړه پلسونه دمايکروڅپې منبع Klystron/Magnetron دفعال کولوولټيج پلس سره همزمان اوپه هم غږي کې منځ ته راشي .

- **دمايکروڅپوجنراتور: (Microwave generator)**

مايکروڅپې د راډيوڅپې يوه ساحه ده چې دڅپو اوږدوالی يې ديومتر څخه تريوملي متره پورې رسيږي اوفريکونس يې ددرې سوه ميګاهرڅ 300 MHz اودرې سوه ګيګاهرڅ 300 GHz ترمنځ پروت دی . هغه برېښنايز قوه چې دخطي تعجيل کوونکي تيوب په جوړښتونوکې په الکترونوباندې اغيزه کوي دمايکروڅپوبرقي ساحې E(x,t) په مټ منځ ته راځي .

په يوه طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دمايکروڅپوپه مټ الکترونوته تعجيل ورکول کيږي . دنومورې موخې لپاره په لومړي ګام کې اړين ده چې دمايکروڅپې توليدشي .

دمايکروڅپوجنراتوردرونتګن وړانګو تيوب په شان يوالکترونيکي سرکټ دی چې مايکروڅپې توليد کوي . په تخنيکي تړاودوه ډوله آلې شته دي چې دمايکروڅپې توليدکوي.

- لومړی الکترونکي سرکټ د مګنيترون Magnetron په نوم يادېږي .
- دويمه الکترونيکې سرکټ کلايسټرون Klystron په نوم يادېږي.

په ۱۳-۸ شکل کې د مګنيترون الکترونيکي آله ښوول شوې ده . مګنيترون لکه يوبرقي اوسېليټر oscillator دی چې ديوه ګوټک L اوخاذن C الکترونيکي سرکټ LC په توګه کارکوي اودسل کيلوهرڅ 100 kHz څخه آن ترسل ګيګاهرڅ 100 GHz پورې الکترومقناطيسي څپې توليدکوي .

دمګنيترون آله په خپل مرکزکې ديوې استوانې په شان يوه کتودالکترود Cathode لري اوپه شاوخوايې ګردچاپيره د انودالکترود(+) anode راتاوشوې ده.د انودالکترود(+) anode دايروي شکله الکترود دمسوڅخه جوړه ده او په داخلي سطحه کې دغارونوپه شان دولس تشې فضاء يي خونې لري . داجوړښتونه د رېزونانس تشې فضاء يي خونو په نوم يادېږي . دمګنيترون بله برخه يوه دايمې مقناطيس ده چې دمقناطيسي ساحې B خطونه يې دکتود Cathode سره موازي پورته خواته راوتلي دي.

دمګنيترون دکارکولولپاره يوه پياوړې برېښنايز منبع په کارده چې آن ترسل کيلو ولټ 100 KV پورې متمادي پلسونه DC pulses اودسل څخه پورته دبرقي جريان پلسونه 110 A توليدکړای شي . برسيره پردې دابرقي ولټيج پلسونه بايدچې لږترلږه تريوې ثانيې پورې دوام وکړي . نومورې لوړفريکونس څلورکونجه شکله ولټيج پلس دموجوليتر modulator په مټ توليدکيږي .

کله چې دمګنيترون دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode ترمنځ دموجوليتر لوړفريکونس پلسيز برېښنايز ساحه E-anode وکارول شی نو الکترونونه دکتود Cathode څخه سم سيخ د انودالکترود(+) anode فضاء يي خونوخواته حرکت نه کوي بلکې د انودالکترود(+) anode پلسيزه برېښنايز ساحه E-anode اوستاتيک مقناطيسي ساحه B دلورينځ قانون Lorenz پراساس په الکترونو داسې اغيزه کوي چې مسيريې مارپيچ ډوله شکل ځانته غوره کوي.

بلخواکله چې دکتود Cathode څخه د انودالکترود(+) anode وخواته الکترونونه تعجيل مومي نودالکترونوبرقي ساحه د انودالکترود(+) anode په تشو فضاء يي خونوکې ساکن مثبت اومنفي برېښنايز چارجونه (-,+) بې ځايه کوي اود الکتروستاتيک اندکشن Electrostatic induction لامل ګرځي . دهرې فضاء يي خونې په داخلي ديوال کې د اندکشن برېښنايز جريان بهيږي اوبرقي چارجونه د فضاء يي خونې يوې څنډې څخه بلې څنډې ته اهتزازي حرکت ترسره کوي .

کله چې دکتود Cathode الکترونو مارپيچ ډوله سرعت په فضاء يي خونه کې دچارجونواهتزازسره هم غږی شي نوهلته د ريزونانس resonance پېښه منځ ته راځي. په پايله کې د فضاء ېې خونو په منځ برخه کې دمايکروڅپې توليدکيږي . ديوه انتن په واسطه توليدشوي مايکروڅپې د فضاء يي خونې څخه دخطي طبي ماشين تعجيل کوونکي تيوب ته انتقال کيږي .

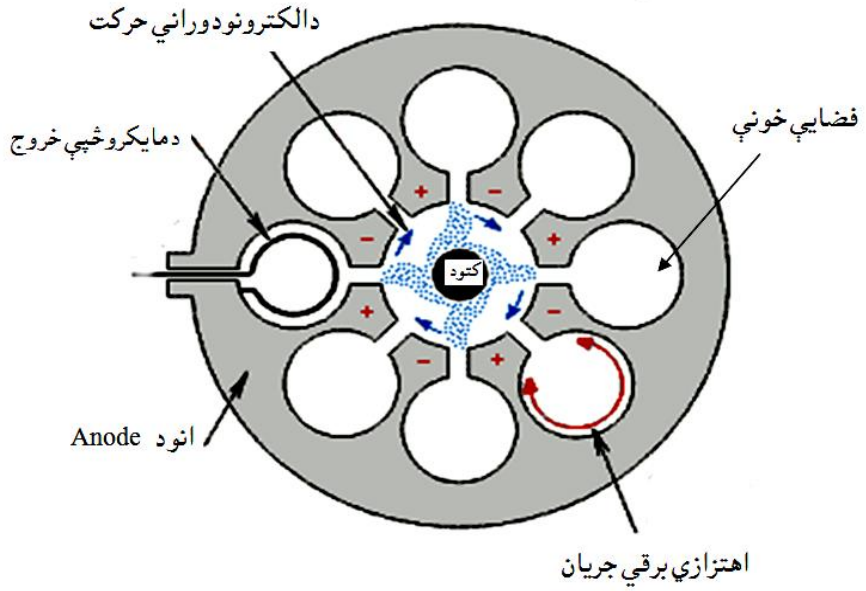
دمايکروڅپې اندکشن برېښنايز ساحه E_{ind} په خپل وارسره دکتود Cathode په الکترونوباندې داسې اغيزه کوی چې سرعت اومسيريي د فضاء يي خونوڅنډوته ورنږدې واټن کې تغيرکوي . د ساري په ډول کله چې دکتود Cathode څخه ازادشوي الکترونونه د فضاء يي خونې څنډې ته ورنږدې په مارپيچ ډوله مسير تيريږي نوهلته د اندکشن منفي چارجو نو سره دکولومب قوي پراساس غبرګون کوي اويوبل سره دفع کوي .

په پايله کې دکتود Cathode الکترونونه بريک کيږي اود انډکشن منفي چارجونه د فضاء يي خونې منځ خواته په شاتمبول کيږي . خوکله چې دکتود Cathode الکترونونه د فضاء يي خونې څنډې ته ورنږدې تيريږي اوهلته د انډکشن مثبت چارجونوسره غبرگون وکړي نودهغوی ترمنځ دکشش قوه عمل کوي اوپه انودالکترود(+) anode باندې لگيږي .

په بله معنی دمايکروڅپې انډکشن بربښنايز ساحه E_{ind} دکتود Cathode الکترونوته تعجيل ورکوي اويا يې سرعت کموي . نوموړې کړنلارې ته دالکترونو کثافت (موجوليشن Modulation) ويل کيږي .

د انودالکترود(+) anode په برخه کې د فضاء يي خونې څنډې لکه ديوه خاذن په شان اود فضاء يي خونې ديوالونه لکه دگوټک په شان کارکوي . په بله معنی د رېزونانس تشې فضاء يي خونې لکه ديوبرقي اوسېليټر سرکټ LC په شان کارکوي . کله چې په فضاي خونوکې دانډکشن په اساس چارجونه اهتزازکوي نودمايکروڅپې توليدکيږي . مايکروڅپې دکتود Cathode څخه ازادشوواود اوپه فضاء يي خونوکې دالکتروستاتيک انډکشن بربښنايز ساحې په مټ بريک شوو الکترونوڅخه انرژي ترلاسه کوي .
د ساري په ډول کله چې د دکتود Cathode الکترونو نه دمايکروڅپې د انډکشن بربښنايز ساحې E_{ind} سره غبرگون وکړی نولږڅه شپيته په سل کې خپله حرکې انرژي مايکروڅپې ته انتقال کوي .

دمگنيترون آله چې په يوه خطي طبي تعجيل کوونکي ماشين کې کارول کيږي هره پنځه ملي ثانيه ms وروسته د مايکروڅپويوسيگنال توليدکوي چې دڅپوطول يې لس سانتي متره $\lambda = 10$ cm، فريکونس يې درې گيگاهرڅ 3 GHz اودپايښت موده يي پنځه مايکروثانيې 5μ ده . درې گيگاهرڅ درادار Radar آلې اهتزازسره سمون لري چې د راډيوڅپوپه مرسته دشيانو لکه الوتکه ،کشتّی، توغنديوابعاد ،ارتفاع، سمت اوسرعت مالومولای شي .
ددې لپاره چې د راډيو تراپي ماشين کوچنی طول ولري اودروغتون په يوه کوټه کې هم ځای پرځای شي نواړين ده چې دالکترومقناطيسي څپوطول پوره لنډوټاکل شي . همدالامل دی چې د مايکروڅپوڅخه گټه پورته کيږی .مايکروڅپې د راډيوڅپې يوه برخه ده چې دڅپو اوږدوالی يې ديومترڅخه تريوملي متره پورې رسيږي اوفريکونس يې ددرې سوه ميگاهرڅ 300 MHz اودرې سوه گيگاهرڅ 300 GHz ترمنځ پروت دی .



۱۳- ۸ شکل : دمگنيترون آله ښوول شوې ده چې ديوې مرکزي کتود Cathode ،دايروې شکله انودالکترود(+) anode اود انودالکترود(+) anode په منځ کې دتشواستوانه يې ډوله فضاء يي خونوڅخه جوړه ده . په مگنيترون آله کې دکتود Cathode او انودالکترود(+) anode ترمنځ په عمومي توگه لږڅه سل کيلوولټ پلسيزولټج 100 kV کارول کيږي

اودالکترونوپلسيز جريان منځ ته راځي . دالکترونوپلسيز جريان په خپله هم برېښنايز ساحه لري اوپه فضاء يي خونوکې دالکتروستاتيک اندکشن منځ ته راولي . په پايله کې مايکروڅپې په فضاء يي خونوکې توليدکيږي . په وروستي ګام کې ديوه انتن په مرسته دمايکروڅپې دڅپوهادي تعجيل کوونکي نل ته انتقال کيږي .

څرنګه چې دمګنيترون په برېښنايز سرکټ کې دتوليدشوو مايکروڅپوقدرت ډيرلږ وي نوپه يوه لوړانرژي تعجيل کوونکي ماشين کې دتقويه کولو په موخه دکلايسترون klystron آلي څخه ګټه پورته کيږی .

د ساري په ډول دمګنيترون مايکروڅپوترټولولوړقدرت تردرې ميګاواټ 3 MW پورې رسيږي اوالکترونوته يوازې ترلس ميګاالکترون ولټ 10 MeV انرژي پورې تعجيل ورکولای شي .

کلايسترون يوه پرمخ تللې تخنيکي آله ده چې دمايکروڅپو قدرت تقويه کوي . د ساري په ډول دمګنيترون مايکروڅپې چې سل واټ 100 W قدرت ولري آن ترلږڅه اته ميګاواټ 7,5 MW پورې ستروي . په پايله کې د کلايسترون مايکروڅپې په مټ الکترونوته آن ترشل ميګاالکترون ولټ 20 MeV پورې تعجيل ورکول کيږی .

هغه تعجيل کوونکي ماشينونه چې قدرت يي د پنځه ميګاواټ څخه ټيټ وي دمګنيټرون Magnetron لوړفريکونس جنراتورڅخه اوهغه تعجيل کوونکي ماشينونه چې قدرت يي د پنځه ميګاواټ څخه پورته وي دکلايسترون Klystron لوړفريکونس جنراتورڅخه کاراخلي .

دکلايسترون اويامګنيترون جنراټور څخه دمايکروڅپې راوځي او دڅپو انتقال کوونکي waveguide ټيوب له لارې تعجيل کوونکي ماشين ټيوب ته ورننوځي . په هم دې ترڅ کې دانجکټرپه مټ الکترونونه تعجيل کوونکي ټيوب ته ورويشتل کيږي. په پايله کې دمايکروڅپې يوخوا اودالکترونوجريان بلخواپه تعجيل کوونکي ټيوب کې هم مهال سره يوځای کيږي .

کله چې دمايکروڅپې فاز سرعت phase velocity دالکترونوجريان سرعت particle velocity v سره هم غږی شي نويوازې په همدې حالت کې الکترونونه دمايکروڅپې برېښنايز ساحې E_z څخه انرژي ترلا سه کوي اوتعجيل مومي .

پايله کې دتعجيل کوونکي ماشين په هريوه جوړښت کې دمايکروڅپوپه مټ دالکترونوجريان دومره تعجيل ترلاسه کوي چې سرعت يې لږڅه آن دنورسرعت ته ورنږدې کيږي .

دمګنيټرن دندې په لاندې ډول دي:

- دمايکروڅپې توليدکول دی ترڅودتعجيل کونکي ماشين په جوړښتونوکې دنوموړوڅپوپه مټ الکترونوته تعجيل ورکړي
- دلوړفريکونسي اهتزازکوونکي سرکټ په ډول کارکوي
- هغه مايکروڅپې چې دمګنيټرون په مټ توليدکيږي قدرت يې آن ترپينځه ميګاواټ 5 MW پورې رسيږي

کلايسترن : The Klystron

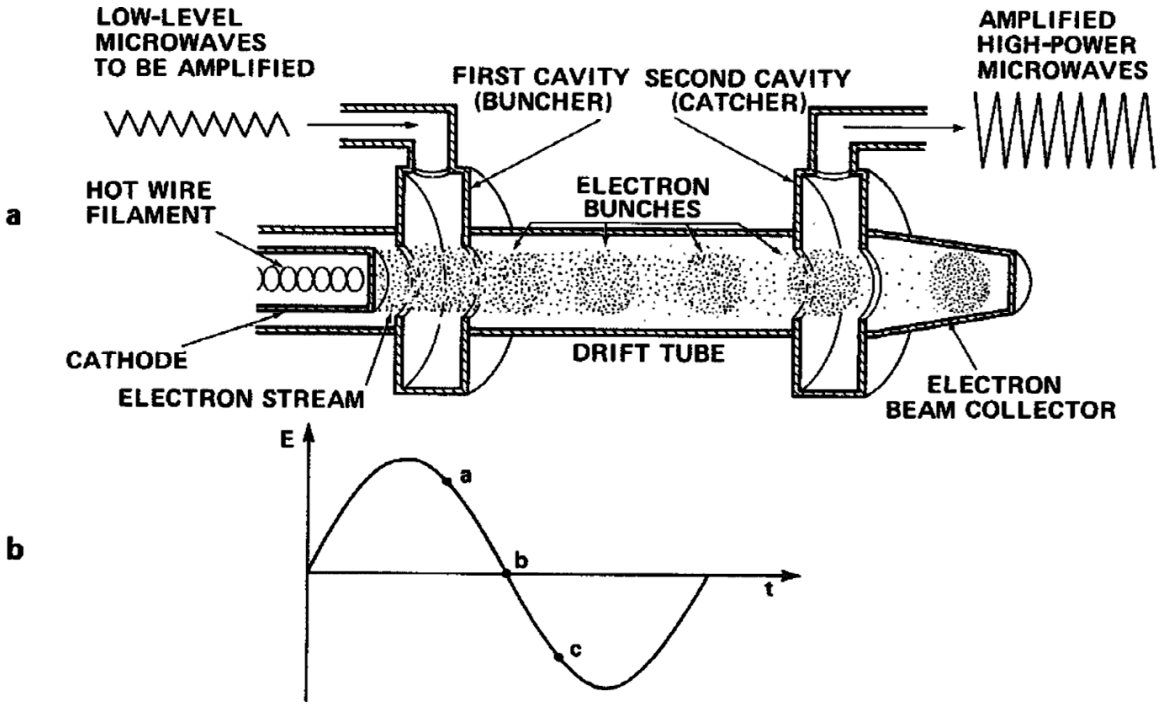
ددې لپاره چې دمايکروڅپې microwaves يوکمزوری زيګنال تقويه amplify کړو ، نودنوموړې موخې لپاره ځانګړي تيوبونوته اړتياشته ده . د ببلګې په توګه لکه کلايسترن يوه داسې اله ده .

دکلا يسترن آلې Klystron دندې په لاندې ډول دي :

- دلوړفريکونس راډيوڅپو لکه دمايکروڅپودقدرت power سترووونکې اوتقويه کوونکې آلې amplifier په ډول کارکوي

➢ دمايکروڅپې دومره تقويه کوي چې قدرت يې آن داوو ميګاواټ 7 MW څخه هم اوړي. همدالامل دی چې د کلا يسټرن آله په لوړانرژي تعجيل کوونکي ماشين کې کارول کيږي.

په ۱۳-۹ شکل کې دکلا يسترن تيوب ډوله آلې تخنيکي جوړښت ښوول شوی دی .



۱۳-۹ شکل : دراډيوفريکونس څپې (مايکروڅپې Microwaves) تقويه کوونکې آلې تخنيکي جوړښت ښوول شوی دی چې دکلا يسترن Klystron په نوم يادېږي (a) . په لاندې شکل کې دلومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity دښی خوا ديوال اوکينې خواديوال سوريو Cavity gaps ترمنځ دمايکروڅپې متناوب بربښنايز ساحې E ساين ډوله ګراف دوخت په تابع سره کښل شوی دی چې دتقويه کولوپه موخه لومړی فضاء يي خونه ته ورننوځي .

دکلا يسترن آلې عمده برخه دمايکروڅپې دوه فلزي فضاء يې ريزونينس خونې microwave cavity resonators، تشکيلوي . پاتې برخې يې عبارت دي له :

۱- دالکترونوسرچينه يعنې کتودالکترودچې دولفرام فلزسيم څخه جوړه ده ، دکتودبرخه دمنفي ولټيج پلس په منبع باندې تړلې ده اولکه دالکترون توپک يعنې انجکټرپه ډول کارکوي .

۲- دالکترونورانيونکې برخه چې دکوليکټر Collector يادانودالکترودپه نوم يادېږي جوړه ده .

دواړه فضاء يي خونې اوهمدارنګه کوليکټر يودبل سره ديوه هادي جوړښت په مټ تړلي دي اودکتودپه پرتله مثبت پوتنشل لري .

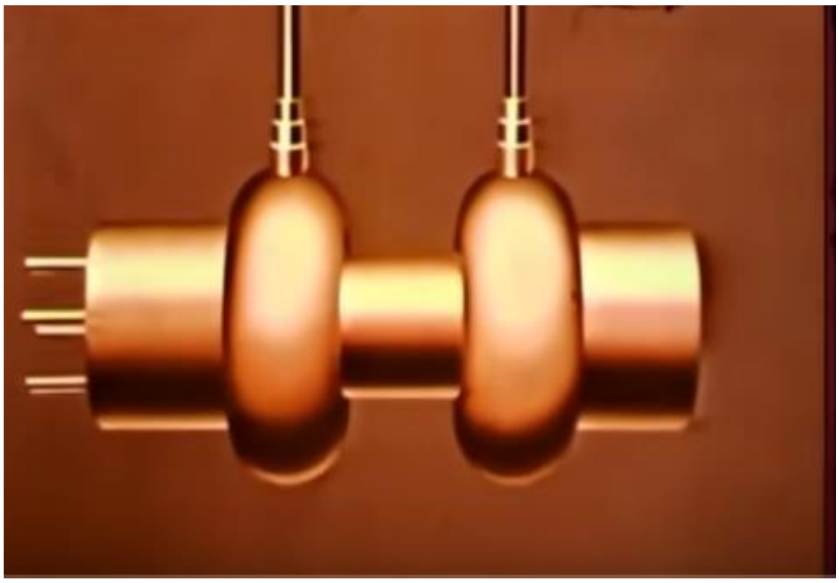
۳- دواړه فضاء يي خونې يودبل سره په هادي توګه تړلې دي چې د نومورې طول ته Drift tube ويل کيږي:

په ۱۳ - ۱۰ شکل کې دکلايسترون فزيکي جوړښت ښوول شوی دی چې عمده برخه يې د ريزونانس دوه فضاء يي خونې تشکيلوي Resonance Cavity Resonator او دراډيوفريکونس (مايکروځپې) تقويه کوي .

څرنګه چې په هندسي تړاوددواړو فضاء يي ريزونانس خونو microwave cavity resonators ابعاداوجوړښت يوشان دی نوله دې کبله دهغوی دواړو ريزونانس فريکونس هم يوشان دی . بلخواددواړو فضاء يي خونود ښي خواواوکيڼ خواديوالونوپه مرکزي برخه کې سوري شتون لري چې دالکترونوجريان ورځخه تيريدلا ی شي . لومړی فضاء يي خونه د Buncher Cavity په نوم يادېږي داځکه چې دهغې په منځ تشه فضاء کې دالکترونوجريان دمايکروځپې برېښنايز ساحې اغيزې له کبله په يوه بنډل باندې اوړي . دويمه فضاء يې خونه د Catcher په نوم يادېږي داځکه چې هلته دالکترونوبنډل حرکي انرژي په يوه زوروره مايکروځپې برېښنايز ساحه باندې اوړي .

کله چې دکتودځخه الکترونونه آزادشي نودمثبت چارج شوې لومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity خواته تعجيل مومي . په دې ترڅ کې دواړه فضاء يي خونې ديوې شبکې grid په ډول کارکوي . څرنګه چې دريزونينس فلزي تشې فضاء يي خونې د ښي خواواوکين خواديوالونو په مرکزي برخه کې سوري شتون لري gape نوهغه الکترونونه چې دکتودځخه په لوړانرژي راوځي دتعجيل ځخه وروسته په پيل کې دلومړی ريزونينس فلزي تشې فضاء يې خونې مرکزې سوري ځخه تيريږي اودتيوب Drift tube په اوږدوکې ترکوليکترپورې حرکت کوي.

دکلايسترن په اخر برخه کې يوکوليکتر Collector شتون لري چې دانودپه شان کارکوي . کوليکتر يااانود اوهمدارنګه دواړه فضاء يې خونې په يوشان مثبت پوتنشل ترلې دي .



۱۳- ۱۰ شکل : دکلايسترون فزيکي جوړښت ښوول شوی دی چې عمده برخه يې د ريزونانس دوه فضاء يي خونې تشکيلوي Resonance Cavity Resonator او دراډيوفريکونس (مايکروځپې) تقويه کوي .

په پيل کې الکترونونه دکتودځخه ازادکيږي اودلومړی فضاء يي خونې خوا ته دمثبت پوتنشل په مټ تعجيل مومي ، په دې شرط چې دواړه فضاء يي خونې دهرډول بهرنی اغيزې لکه الکترومقناطيسي اغيزې لاندې رانشي نودالکترونوجريان دتعجيل ځخه وروسته پرته له خنډ اوځنډ په ثابت سرعت سره دلومړی فضاء يي خونې اودويمې فضاء يي خونې ترمنځ واټن طی کوي اوپه کوليکتريااانود Anode باندې لګيږي چې هلته جذب کيږي .

په لومړي ګام کې لومړی فضاء يي ريزونانس خونې microwave cavity resonators ته يوکمزوری راډيوفريکونس زيګنال (مايکروڅپې) Low Level Microwave signal دتقويه کولوپه موخه ديوه کيبل سيم coaxial cable اويادڅپې هدايت کوونکې جوړښت Waveguide په مټ ورننوځي .

کله چې دمايکروڅپې کمزوری زيګنال Low Level Microwave signa لومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ورننوځي نو دهغې په منځ برخه کې دانعکاس څخه وروسته ولاړې الکترومقناطيسي څپې اوبريښنايزساحه E توليدکوي induce اوکټ مټ لکه ديوه خاذن اوګوټک سرکټ په توګه دريزونينس په فريکونس باندې اهتزازکوي . په پايله کې لومړی فضاء يي خونه Buncher Cavity په تحريک راځي اود کمزورې مايکروڅپې په فريکونس سره اهتزازپيل کوي چې د ريزونانس فريکونس Resonance frequency په نوم يادېږي . کله چې دکتودالکترودڅخه الکترونونه ازادشي اودلومړی فضاء يي خونې خواته تعجيل وموميِ نوهلته دمايکروڅپې په مټ دتوليدشوې الکترومقناطيسي څپې متناوب برېښنايز ساحې سمت سره مطابق دکتودالکترونونه کله تعجيل مومي Acceleration اوکله تعجيل نه مومي Deacceleration . په پايله کې دډريفت تيوب Drift tube په اوږدوکې دالکترونوسرعت تغيرکوي اودالکترونوبنډلونه منځ ته راځي . په فزيک کې نوموړې کړنلاره دسرعت ميوجوليشن Velocity Modulation په نوم يادېږي.

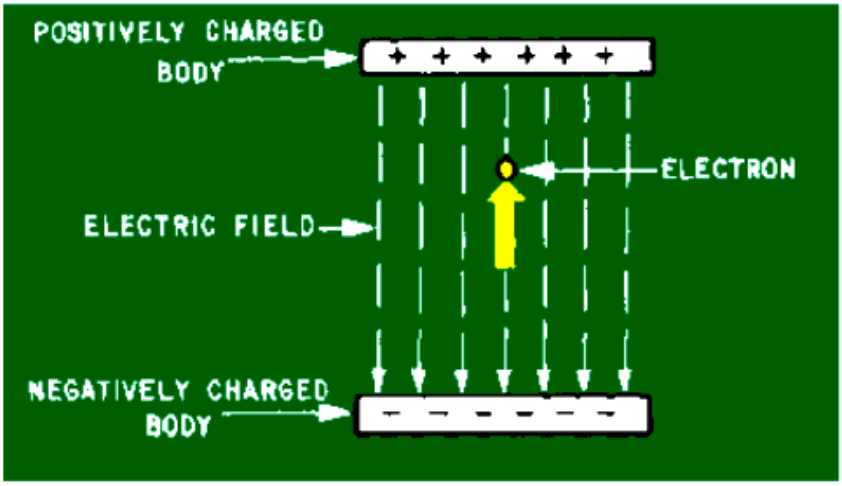
په پايله کې دالکترونوبنډلونه Electron Bunches منځ ته راځي چې دلومړی فضاء يي خونې مايکروڅپې فريکونس سره مطابق د Drift tube تيوب په اوږدوکې حرکت کوي . کله چې دالکترونوبنډلونه دويمې فضاء يي خونې ته ورننوځي Catcher Cavity نوهلته همدغه دالکترونومنفي چارج شو ي بنډلونه دمايکروڅپې يوه بله خورازوروره ساحه توليدکوي induce چې کټ مټ همغه فريکونس لري کوم چې په لومړی فضاء يي خونه Buncher Cavity کې توليدشوی وه.
په دويمه فضاء يي خونه کې دالکترونو متحرکوبنډلونو په مټ توليدشوې مايکروڅپې ساحه دومره زوره ده چې خوراقوي زيګنال لري Amplified High Power Microwaves او په اسانۍ سره بهرخواته ديوه کيبل په مټ ايستل کيدلا ی شي .
ددې لپاره چې مور دمايکروڅپې برېښنايز ساحې دتقويه کولوپه لامل باندې پوه شو،نواړين ده چې د فضاء يي خونوپه تړاوخپل مالومات بشپړکړو.

په الکترونيکې تړاودکلا يسترن نوموړو فضاء يي خونوهندسي جوړښت داسې دی لکه کټ مټ چې ديوه خاذن C اويوه ګوټک coil څخه جوړوي . نوکله چې لومړی فضاء يي خونې ته Buncher Cavity کمزورې مايکروڅپې Low Level Microwve ورننوځي نو لومړی فضاء يي خونه ديوه خاذن اوګوټک په شان په اهتزازپيل کوي . دلومړی فضاء يي خونې د ښي خواوکيې خواديوالونودسوريوترمنځ Cavity gapes متناوب برېښنايز ساحه په خپل وارسره مثبت اومنفي چارج کيږي . څرنګه چې دمايکروڅپې برېښنايز ساحې سمت هغه قوه راشيي چې په مثبت چارجونوباندې عمل کوي .
په دې معنی چې که په يوه برېښنايز ساحه کې مثبت چارج شتون ولري نو د برېښنايز ساحې سمت اود برېښنايز قوې سمت سره يوشان دی . خوڅرنګه چې الکترونونه منفي چارج لري نوکله چې دلومړی فضاء يي خونې سوريوترمنځ واټن کې gape برېښنايز ساحه مخالف سمت ځانته غوره کړي نود برېښنايز ساحې سمت اود برېښنايز قوې سمت مخالف جهت لري .
پايله يې داده چې الکترونونه دلومړی فضاء ېې خونې سوريوترمنځ واټن کې gape تعجيل مومي . خوکله چې دلومړی فضاء يي خونې سوريوترمنځ واټن کې gape د برېښنايز ساحې سمت دالکترونوسرعت سمت سره هم غړی شي نوالکترونونه تعجيل نه مومي .

دپام وړ :

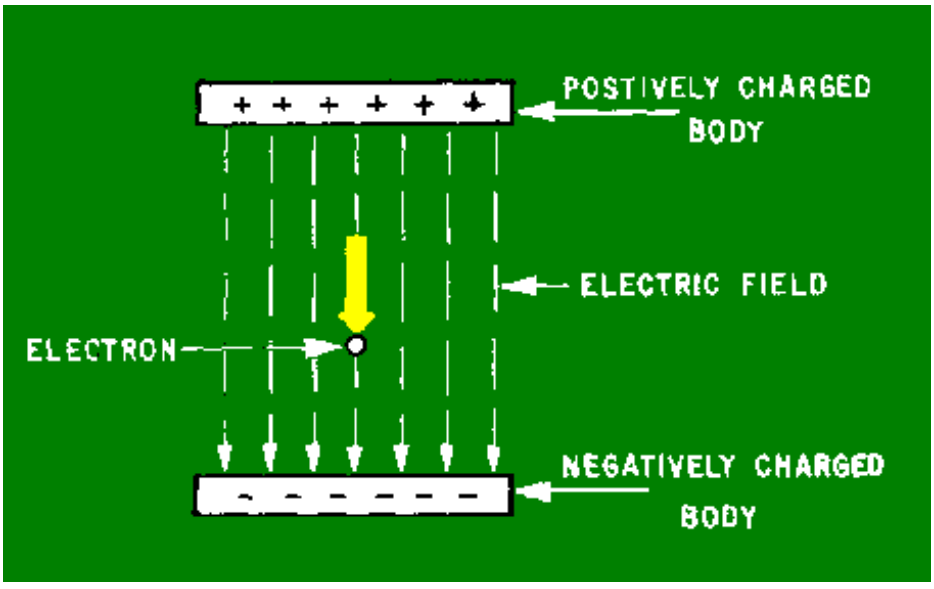
څرنګه چې الکترونونه منفي چارج شوي بڅرکي دي نو په يوه برېښنايز ساحه کې الکترونونه هغه مهال تعجيل مومي کله چې دالکترونوحرکت سمت د برېښنايز ساحې سمت سره مخالف جهت ولري.

Figure 2-2. - Moving electron gaining velocity and energy.

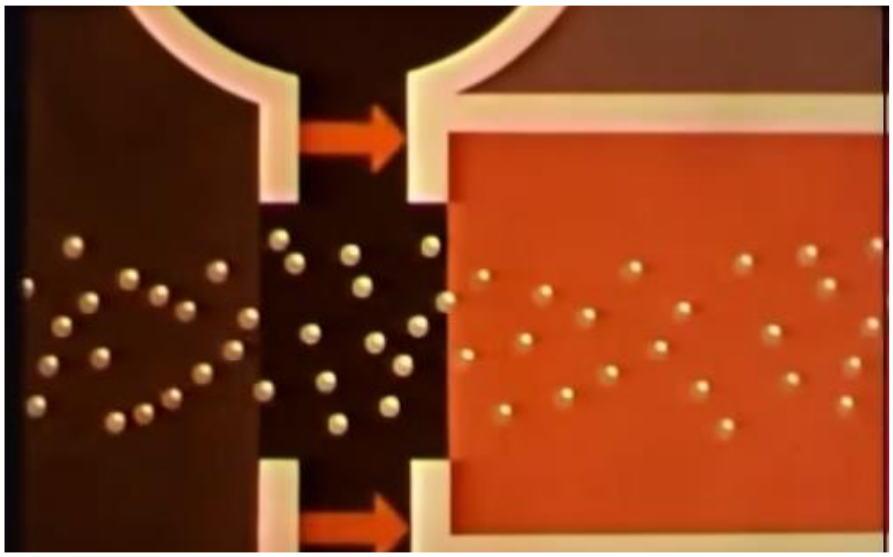


۱۳- ۱۰ الف شکل : يوخاذن کښل شوی دی چې دمثبت چارج شوې لوحې څخه د برېښنايز ساحې خطونه راوځي اومنفي چارج شوې لوحې ته ورننوځي . دخاذن لوحوپه منځ کې يوالکترون حرکت کوي چې دحرکت سمت يې د برېښنايز ساحې سمت سره مخالف جهت لري . په پايله کې په الکترون باندې يوه برېښنايز قوه اغيزه کوي چې دالکترون حرکي انرژي ډيرښت مومي اودخاذن مثبت لوحې ته تعجيل مومي . په نوموړې کړنلاره کې الکترون د برېښنايز ساحې څخه انرژي ترلاسه کوي . الکترون په يوه غټ ټکي اود برېښنايز ساحې سمت په وکټورونوکښل شوی دی .

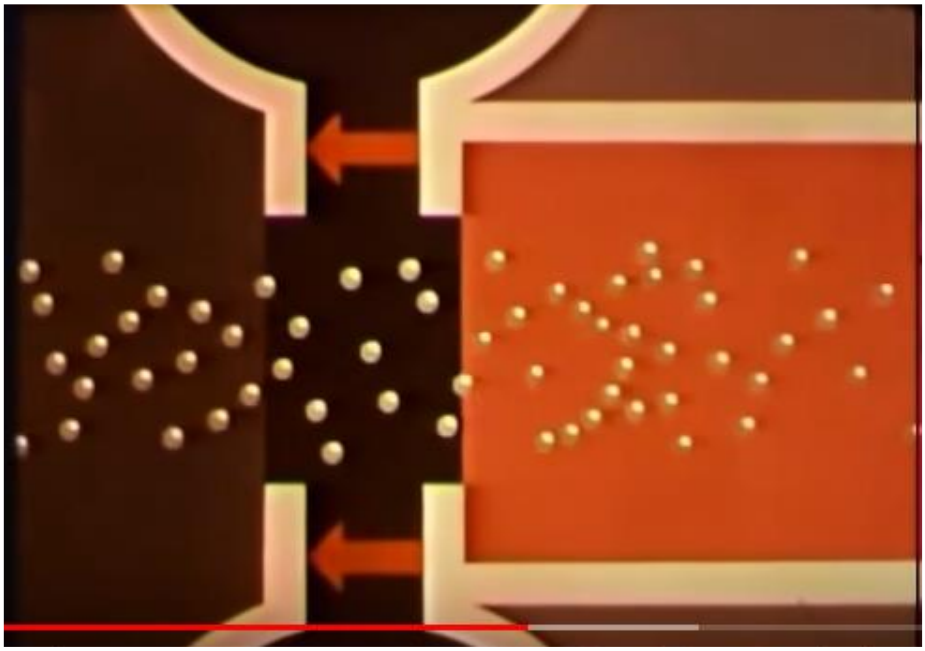
- کله چې په يوه برېښنايز ساحه کې دالکترونوحرکت سمت د برېښنايز ساحې سمت سره يوشان جهت ولري نوالکترونونه منفي تعجيل مومي اوخپله ګټلې حرکې انرژي دلاسه ورکوي . نوموړې کړنلاره په لاندې شکل کې ښوول شوې ده .



۱۳- ۱۰ ب شکل : يوخاذن کښل شوی دی چې دمثبت چارج شوې لوحې څخه د برېښنايز ساحې خطونه راوځي اومنفي چارج شوې لوحې ته ورننوځي . دخاذن لوحوپه منځ کې يوالکترون حرکت کوي چې دحرکت سمت يې د برېښنايز ساحې سمت سره يوشان جهت لري . په پايله کې په الکترون باندې يوه برېښنايز قوه اغيزه کوي چې دالکترون حرکي انرژي يې کمښت مومي اودخاذن منفي لوحې ته منفي تعجيل مومي . په نوموړې کړنلاره کې الکترون خپله حرکي انرژي ضايع کوي . داځکه چې الکترون په نوموړې ساحه کې په ټپه دريږي يعنې بريک Break کيږي . په پايله کې دالکترون حرکي انرژي برېښنايز ساحې ته انتقال کيږي . الکترون په يوه غټ ټکي اود برېښنايز ساحې سمت په وکټورونوکښل شوی دی .



۱۳- ۱۱ شکل: دکينې خواڅخه دکتودڅخه آزادشوي الکترونونه لومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ورننوځي چې په گردو کروي شکله غونډارو باندې ښوول شوي دي . څرنگه چې د فضاء يي خونې ښي خوا ديوال اوکينې خواديوال سوريوپه منځ کې د برېښنايز ساحې سمت دالکترونودحرکت سمت سره يوشان دی نوله دې کبله الکترونونه منفي تعجيل deacceleration مومي اوشاخواته تمبول کيږي . په پايله کې دالکترونوسرعت دپخواپه پرتله کمښت مومي .



۱۳- ۱۲شکل: دکين خواڅخه دکتودڅخه آزادشوي الکترونونه لومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ورننوځي چې په گردو کروي بڼه باندې ښوول شوي دي . څرنگه چې د فضاء يي خونې ښي خوا ديوال اوکين خوادیوال سوريوپه منځ کې gapes د برېښنايز ساحې سمت دالکترونودحرکت سمت سره مخالف جهت لري نوله دې کبله الکترونونه تعجيل Acceleration مومي اوسرعت يې ډيرښت مومي . د برېښنايز ساحې سمت په يوه وکټورکښل شوی دی .

څرنگه چې دلومړی فضاء يې خونې د ښي خواسوری اوکين خواسوری لکه ديوه خاذه لوحې په شان کارکوي نو فضاء يي خونې ته د داخل شوې مايکروڅپې فريکونس سره سم دسوريو gape ترمنځ دمتناوب برېښنايز ساحې سمت په خپل وارسره تغيرکوي .

د ښلگې په توگه که د فضاء يي خونې په منځ کې دمايکروڅپې په مټ توليدشوې برېښنايز ساحې سمت دکين خواسوري څخه دښی خواسوري خواته وي نود برېښنايز ساحې سمت د الکترونو حرکت سمت سره يوشان دی ا و الکترونونه تعجيل نه مومي .

خو که برعکس دمتناوب برېښنايز ساحې سمت دنوموړوسوريوترمنځ دالکترونوحرکت سره مخالف سمت ولري نوالکترونونه تعجيل مومی . پايله يې داده چې الکترونونه دلومړی فضاء يي خونې دشي ديوال سوري اوکين خوادیوال سوري ترمنځ دمتناوب برېښنايز ساحې سمت سره مطابق، کله تعجيل مومي accelerated اوکله تعجيل نه مومي deaccelerated اوسرعت يې تغيرکوي .

خوکله چې دتعجيل شووالکترونو اوغيرتعجيل شووالکترونوجريان ددواړو فضاء يي خونوترمنځ تيوب Drift tube ته ورننوځي نودنوموړي تيوب په اوږدوکې تعجيل شوي الکترونونه دغير تعجيل شوو الکترونوڅخه مخ ته کيږي overtake . پايله يې داده چې دلومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity اودويمې فضاء يي خونې Catcher ترمنځ تيوب Drift tube په اوږدوکې د الکترونوبنډلونه منځ ته راځي . خوکله چې دالکترونو بنډل دويمې فضاء يي خونې Catcher ته دکين خواسوري له لارې ورننوځي نوهلته دمايکروڅپې يوه زوروره برېښنايز ساحه توليدکوي چې فريکونس يې دلومړی فضاء يې خونې ريزونانس فريکونس سره يوشان دی . په پايله کې کولای شوچې ددويمې فضاء يي خونې څخه يوه زوروره الکترومقناطيسي ساحه ديوه کيبل cable اوياڅپې انتقال کوونکې جوړښت Waveguide په مټ بهرخواته راوباسو.

اوس پوښتنه داده چې د کوم فزيکي قانون په اساس ددويمې فضاء يي خونې الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) زيگنال د لومړی فضاء يي خونې دالکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) زيگنال په پرتله لوړقيمت لري اوزوروره ده High power ؟

دنوموړي پوښتنې ځواب په لاندې ډول دی . کله چې دکتودڅخه دالکترونو لوړانرژي اوثابت شمېر جريان لومړی فضاء يي خونې ته ورننوځي نوهلته دتوليدشوې برېښنايز ساحې سمت سره مطابق تعجيل مومي اوياتعجيل نه مومي . پايله يې داده چې دکثافت dencity په تړاو په ثابت شمېر الکترونونه تعجيل مومې اوپه همغه ثابت شمېر الکترونونه تعجيل نه مومي . بلخوالومړی فضاء يي خونې ته دورننوتونکوالکترونوحرکي انرژي دنوموړې فضاء يي خونې څخه دخروج الکترونوحرکې انرژي په متوسط توگه ثابت پاتې کيږي .

پايله يې داده چې کله دکتودڅخه ازادشوي الکترونونه لومړی فضاء يي خونې ته ورننوځي نو د مايکروڅپې برېښنايز ساحې څخه چې په لومړي فضاء يې خونه کې اهتزازکوي الکترونونه انرژي نه شي ترلاسه کولا ی . دائکه چې هلته ثابت شمېر الکترونونه دمتناوب برېښنايز ساحې دسمت سره مطابق په خپل وارسره په همغه اندازه کله تعجيل مومې اوکله په همغه اندازه تعجيل نه مومي . پايله يې داده چې الکترونونه دمايکروڅپې برېښنايز ساحې دپريود period په يوه برخه

وخت کې هغه حرکي انرژي چې ترلاسه کوي دپريودپه بله برخه وخت کې ښرته بايلي . په دې معنی چې په لومړۍ فضاء يي خونه کې دکتودځخه آزادشوي الکترونونه دمايکروځپې ځخه انرژي نه شي ترلاسه کولای .

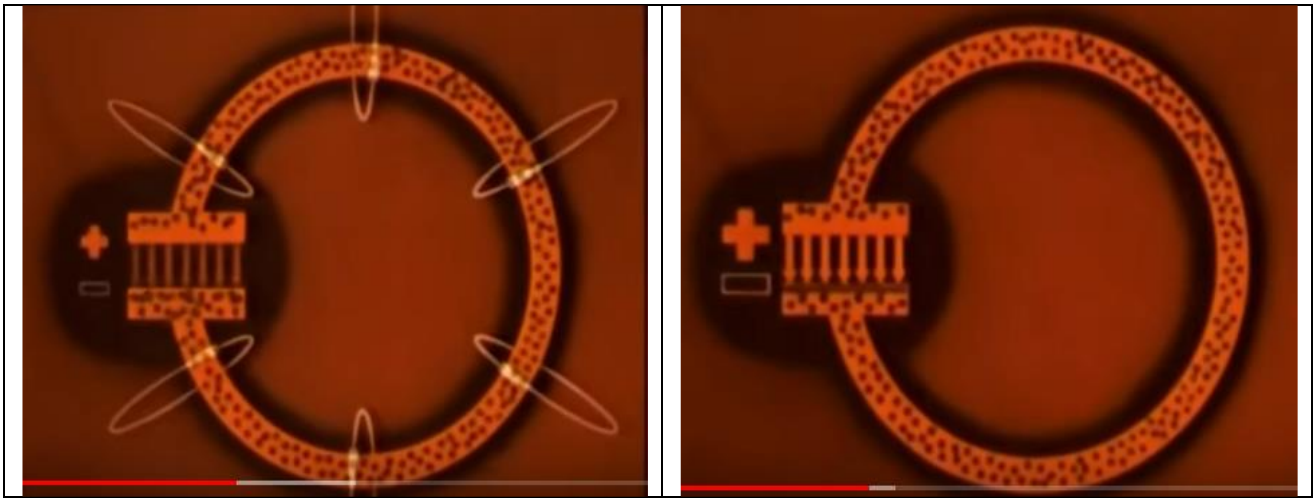
کله چې الکترونونه دکتودځخه ازادشي نودتعجيل ځخه وروسته په خورالوړه حرکي انرژي سره لومړۍ فضاء يي خونې ته ورننوځي . بلخوا همدغه لومړۍ فضاء يي خونه دهغې مايکروځپې په مټ چې دپورته خواځخه ورننوځي تحريک کيږي اود ريزونانس په فرکونس سره اهتزازکوي . داځکه چې په لومړۍ فضاء يي خونه کې ولاړې ځپې توليدکيږي چې فريکونس يې ددخول مايکروځپې Low Level Microwaves سره يوشان دی اوله دې کبله لومړۍ فضاء يي خونه د ريزونانس په فريکونس سره اهتزازکوي . پايله يې داده چې دالکترونوجريان دسرعت په تړاو موجوليشن Modulation کيږي اوددډريفت تيوب Drift tube په اوږدوکې دالکترونوبنډلونه منځ ته راځي .

خوپه دويمه فضاء يي خونه کې حالت بل ډول دی . کله چې دالکترونوبنډلونه ددډريفت تيوب اخر برخې ته ورسيږي نوورپسې دويمې فضاء يي خونې ته ورننوځي خوهلته تعجيل نه مومي بلکې بريک brake کيږي . داځکه چې د الکترونوبنډلونو اوددويمې فضاء يي خونې دسوريوترمنځ واټن کې gape د برښنايز ساحې سمت دالکترونوجريان سمت سره يوشان دی .

پايله يې داده چې په دويمه فضاء يي خونه کې دالکترونودبنډلونوټوله حرکي انرژي په الکترومقناطيسي (مايکروځپې) انرژي باندې اوړي . ورپسې په دويمه فضاء يي خونه کې همدغه توليدشوې زوروره الکترومقناطيسي انرژي (مايکروځپې انرژي) ديوه کيبل cable په مټ بهرخواته ايستل کيږي .په پايله کې هغه کمزورې مايکروځپې Low energy microwave چې لومړۍ فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ورننوتلې وې په دويمه فضاء يي خونه کې Catcher Cavity تقويه کيږي اوبهرخواته په لوړقدرت سره High power microwave ايستل کيږی . ددويمې فضاء يي خونې په منځ کې تقويه شوې مايکروځپې ديوه کيبل Cable اويا دځپوهدايت کوونکي جوړښت waveguide په مټ خطي تعجيل کوونکې ماشين ته انتقال کيږي .

هغه لږ شمېر الکترونونه چې په دويمه فضاء يي خونه کې تعجيل مومي سم سيخ دکوليکتر يعنې انودخواته حرکت کوي اوهلته جذب کيږی .

دکلا يسترن تيوب ريزونانس فضاء يي خونه په الکترونيکې تړاو کټ مټ لکه ديوه برښنايز اهتزازکوونکي سرکټ oscillating circuits په شان کارکوي چې ديوه خاذن اويوگوټک ځخه جوړه ده .

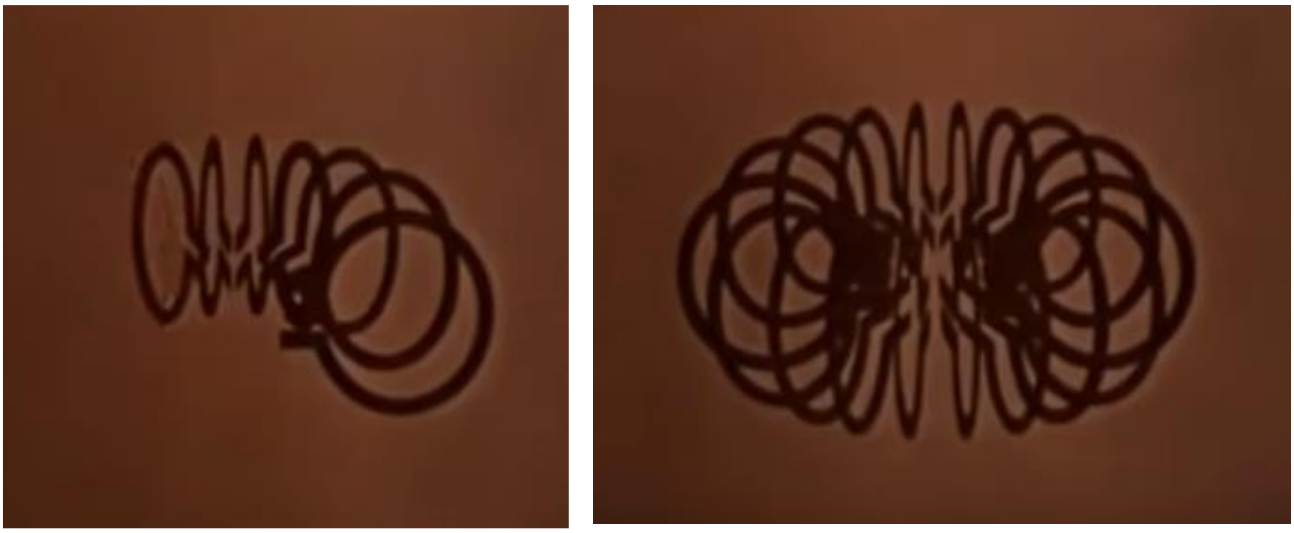


۱۳- ۱۳ شکل : یو برېښنایز اهتزازکوونکی سرکټ ښوول شوی دی چې دیوه خاذن اودګوټک یوې حلقې څخه جوړدی . دحلقي په منځ کې دالکترونو متناوب جریان بهیږي اودخاذن لوحې په خپل وارسره مثبت اومنفي چارج ځان ته غوره کوي . دګوټک حلقي په شاوخواکې دمقناطیسي ټرلو دایروي شکله ساحوښه هم ښوول شوې ده چې په حلقه کې د برېښنایز جریان په مټ منځ ته راځي . هریو برېښنایز اهتزازکوونکی سرکت په ټاکلي ریزونانس فریکونس ω_0 سره اهتزازکوي چې دګوټک اندکتنس L اودخاذن ظرفیت C تابع دی . په نوموړې حلقه کې په خپل وارسره مقناطیسي انرژي په برېښنایز انرژي اوبرعکس برېښنایز انرژي په مقناطیسي انرژي باندې اوړي .

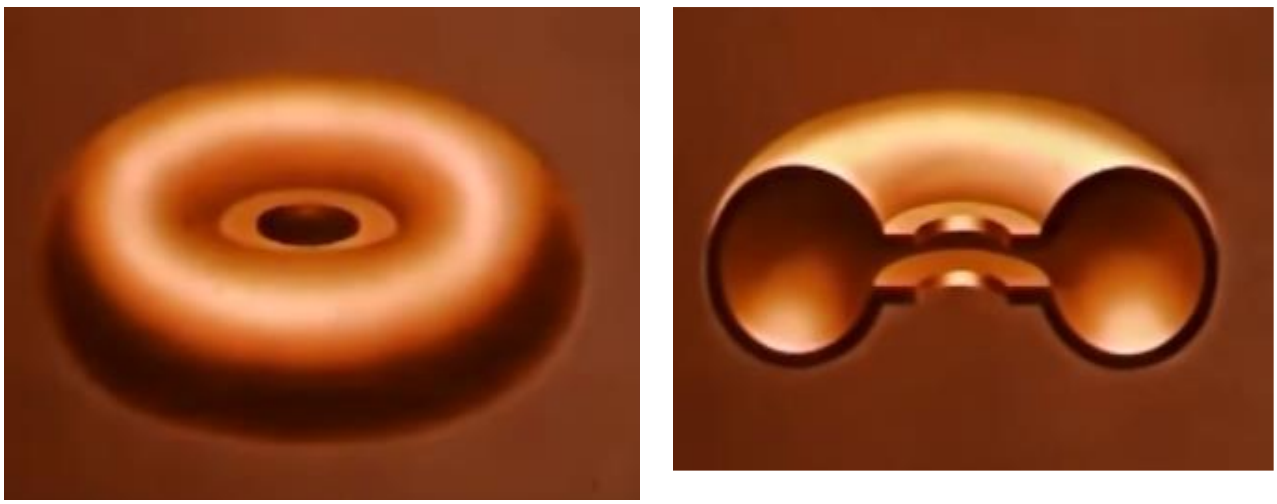
دیوه اهتزازکوونکي برېښنایز سرکت oscillating circuits فریکونس ω_0 دلاندې معادلې په اساس ټاکل کیږي .

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

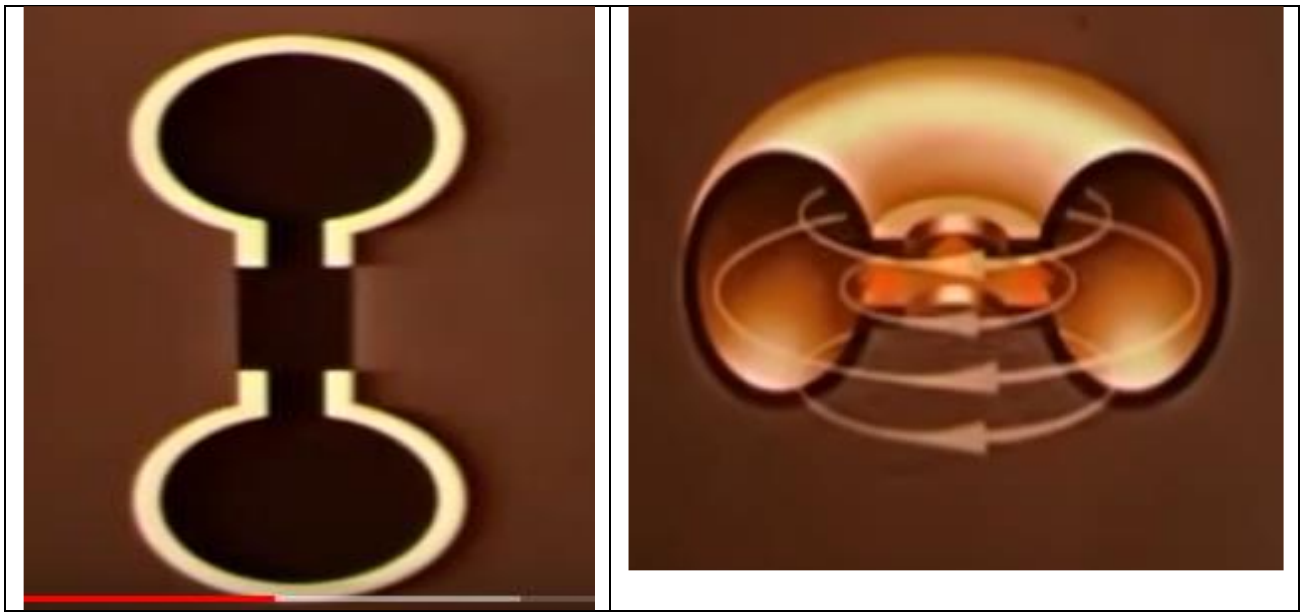
هریو برېښنایز اهتزازکوونکی سرکت په ټاکلي ریزونانس فریکونس ω_0 سره اهتزازکوي چې دګوټک اندکتنس L اودخاذن ظرفیت C تابع دی .



۱۳- ۱۴ شکل : کله چې دګوټک اودخاذن ګڼ شمېر حلقې سره یوځای کړونوپه پایله کې د ریزونانس فضاء یې خونې Cavity resonance جوړښت منځ ته راځي



۱۳-۱۵ شکل : دمایکروڅپې ریزونانس فضاء یې خونې Microwave resonant cavitiy جوښت ترلاسه کیږي کله چې دګوټک ګڼ شمېر فلزي حلقې دخاذن سره یوځای څنګ په څنګ وتړو. په ښې خواشکل کې دنوموړې فضاء یې خونې پرې شوی جوړښت کښل شوی دی .



۱۳-۱۶ شکل : ښې خواکې یوه فضاء یې ریزونانس خونه کښل شوې ده چې په منځ پرې شوې برخه کې یې الکترومقناطیسي څپې اهتزازکوي . کیڼ خواته د نوموړې فضاء یې خونې عمودي بڼه کښل شوې ده .

په پیل کې دراډیوفریکونس سرچینې RF څخه ټیټ قدرته مایکروڅپې چې انرژي یې لږده Low energy microwaves راوځي اودیوه کیبل سیم اویادڅپې انتقال کوونکي جوړښت Waveguide په مټ لومړۍ فضاء یې خونې ته ورننوځي . نوموړې ټیټ قدرته مایکروڅپې دلومړۍ فضاء یې خونې په منځ کې Buncher Cavity الکترومقناطیسي څپې تولیدکوي induce . لومړۍ فضاء یې خونه Buncher Cavity دتولیدشوې الکترومقناطیسي څپې په مټ په تحریک راځي اوکټ مټ لکه دیوه ریزونانس سرکټ resonator circuit په ډول اهتزازکوي .

په بله معنی لومړۍ فضاء یې خونه دیوه برېښنایز اهتزازکوونکي سرکټ oscillating circuits په ډول کارکوي چې دیوه خاذن capacitor اویوه ګوټک coil څخه جوړوي اود ریزونانس په فریکونس سره اهتزازکوي . کله چې دکتودڅخه ازادشوي الکترونونه دلومړۍ فضاء یې خونې څخه تیریږي نو په لومړۍ فضاء یې خونه کې دتولیدشوې induced الکترومقناطیسي څپې متناوب برېښنایز ساحه دکتودالکترونوسره برېښنایزغبرګون کوي اوپه پایله کې دالکترونوسرعت موجیلیشن Modulation کیږي .

کله چې دالکترونوبنډلونه Bunches دویمې فضاء یې خونې ته وروړسیږي نوهلته یوه بله الکترومقناطیسي څپه تولیدکوي چې کټ مټ همغه فریکونس لري کوم چې دلومړۍ فضاء یې خونې الکترومقناطیسي څپه یې لري . په دویمه فضاء یې خونه Catcher cavity کې دتولیدشوې الکترومقناطیسي څپې ساحه دومره زوروره ده چې په یوه کیبل سیم کې برېښنایز جریان تولیدکوي اودهمدغه کیبل په مټ ددویمې فضاء یې خونې څخه بهرخواته ایستل کیدلا ی شي .

په پایله کې د فضاء یې خونې ریزوناتر cavity Resonator ترلاسه کیږي چې فریکونس یې دلومړۍ فضاء یې خونې فریکونس سره یوشان دی خو د برېښنایز څپې قدرت یې خورالوړدی . بلخوا دریزوناتر Resonator د ابعادواوهندسې جوړښت په اساس کولا ی شوچې دواړه فضاء یې خونې کټ مټ یوشان فریکونس ولري .

په يوه تړلي ريزوناتر Resonator کې برېښنايز ساحه اوهمدارنګه مقناطيسي ساحه دريزوناتر په داخلې سطحه کې محدوده پاتې کيږي . اړونده برېښنايز چارجونه او برېښنايز جريانونه دريزوناتر داخلې سطحې په يوه ډيرنري پټ کې شتون لري اواهتزازکوي .

کلايسترن دمايکروځپې تقويه کوونکی تيوب دی چې عمده برخه يې دوه فضاء يي خونې جوړوي ، په ۱۳- ۹ شکل کې دکلايسترن محور z په اوږدوکې پرې شوې مقطع cross-section کښل شوې ده .دنوموړي شکل کينې خواته دکلا يسترن لپاره دالکترونوسرچينه ده چې دکتوديا دالکترونوتوپک Injector په نوم يادېږي دکتودسرچينه منفي پلس ولټيج negative Pulse Votage باندې تړلې ده

دمنفي پلس ولټيج په مټ الکترونونه دکتودڅخه لومړی فضاء يي خونې ته تعجيل ورکول کيږي . لومړی فضاء يي خونه دکتودپه پرتله مثبت پوتنشل لري اود Buncher Cavity په نوم يادېږي .

په پيل کې لومړی فضاء يي خونې Buncher Cavity ته دبهرخواڅخه دکيبل په مټ ډيرټيټ قدرته مايکروځپې ورننوځي چې د فضاء يي خونې په ښي خواديوال سوري اوکينې خواديوال سوري ترمنځ واټن کې متناوب برېښنايز ساحه توليدکوي . نوموړې متناوب برېښنايز ساحه دوخت په تړاو دساين ډوله ګراف په توګه تغيرکوي اوپه ۱۳- ۹ شکل کې کښل شوې ده.

ځرنګه چې دکتودالکترود دلومړی فضايي خونې په پرتله منفي برېښنايز پوتشل لري نو کله چې الکترونونه دکتودڅخه راوځي نولومړی فضاء يي خونې ته تعجيل مومي . هغه الکترونونه چې دمايکروځپې ددورې ياسايکل په لومړي وخت کې لکه د a او b په ترڅ کې لومړی فضاء يي خونې سوريو ته ورننوځي په ټپه دريږي ، بريک brake کيږي يعنې شاخواته ټمبول کيږي اوله دې کبله دهغوی سرعت کمښت مومي . داڅکه چې په لومړی فضايي خونه کې Buncher Cavity دمايکروځپې اهتزازښه په همدې ترڅ کې منفي دامنه لري اودالکترونوسرعت راکموي .

خودهغوالکترونوپه سرعت کې بدلون نه راځي چې د b په وخت کې لومړی فضاء يي خونې سوريو ته ورننوځي داڅکه چې هلته برېښنايز ساحه E صفرده .

هغه الکترونونه چې د b او c مودې په ترڅ کې ناوخته دلومړی فضاء يي خونې سوريوته ورننوځي دمنفي برېښنايز ساحې په مټ تعجيل مومي .

نوموړې کړنلاره ددې لامل ګرځي چې دالکترونوجريان په بنډلونو Bunches واوړي او دسرعت موجوليشن velocity modulation په نوم يادېږي داڅکه چې دالکترونوپه جريان کې دالکترونوسرعت تغيرکوي خو دالکترونو شمېر تغيرنه کوي . ورپسې الکترونونه ددريفت تيوب Drift tube په اوږدوکې په توپيرلرونکي سرعت سره حرکت کوي اودالکترونوبنډلونه تشکيلوي لکه چې په ۱۳- ۹ شکل کې ښوول شوي دي .

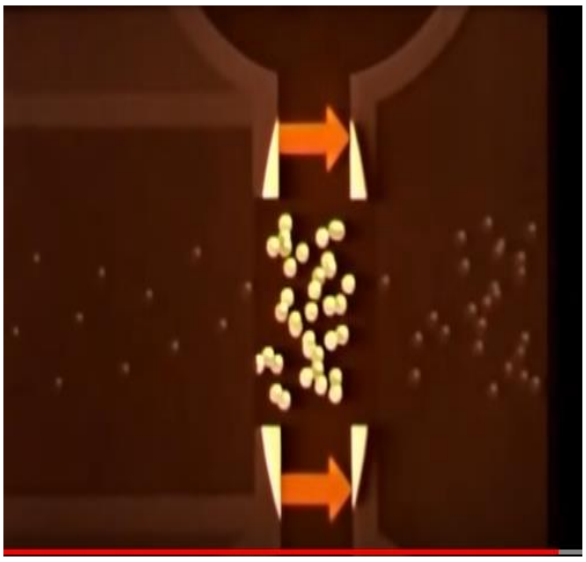
کله چې دالکترونوبنډلونه دويمې فضاء يي خونې Catcher Cavity ته ورسيږي نوهمدغه فضاء يي خونه دالکترونوبنډلونوپه فريکونس سره په اهتزازپيل کوي

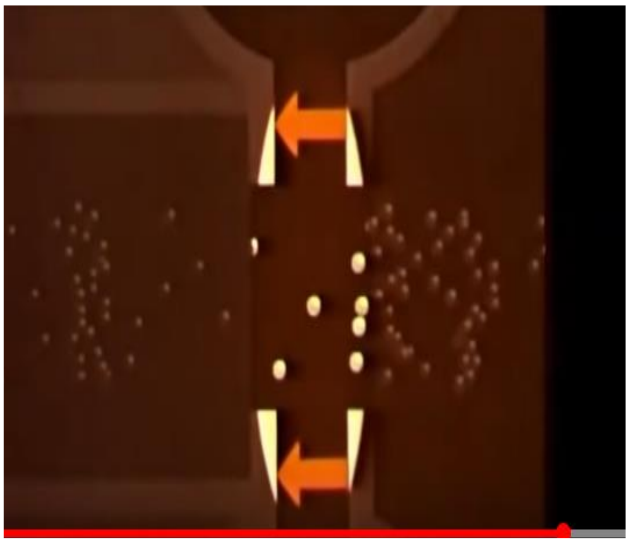
خوکله چې دالکترونوبنډلونه ددويمې فضاء يي خونې ښي خوا اوکينې خوا سوريو څخه تيريږي نودسوريوپه منځ برخه کې Cavity gape بريک کوونکې برېښنايز ساحه retarding electric field وربانديې عمل کوي . داڅکه چې د فضاء يي خونې په اخرې څوکوکې برېښنايز چارجونه توليدکيږي اودانرژي بدلون کړنلاره پيل کوي . دنوموړې کړنلار ې په اساس په دويمه فضاء يي خونه کې دالکترونوحرکې انرژي په يوه زوروره الکترومقناطيسي انرژي باندې اوړي .

په پايله کې لوړقدرته الکترومقناطيسي څپې يا په بله معنی لوړقدرته مايکروڅپې منځ ته راځي چې دخطي تعجيل کوونکو جوړښتونوته ورننوځي اوهلته دالکترونوجريان ته انرژي انتقال کوي .

دکتودځينوالکترونو هغه حرکې انرژي چې ددويمې فضاء يي خونې Catcher Cavity په منځ کې په مايکروڅپوباندې نه ده اوښتې دانودياکوليکترپه برخه کې په حرارت اوړي کوم چې دکلايسترن په اخر برخه کې شتون لري

څرنګه چې په کوليکټرکې خوراډيرحرارت جذب کيږي نوله دې کبله اړين ده چې داوبواوياتيلوجريان په مټ سوړوساتل شي.

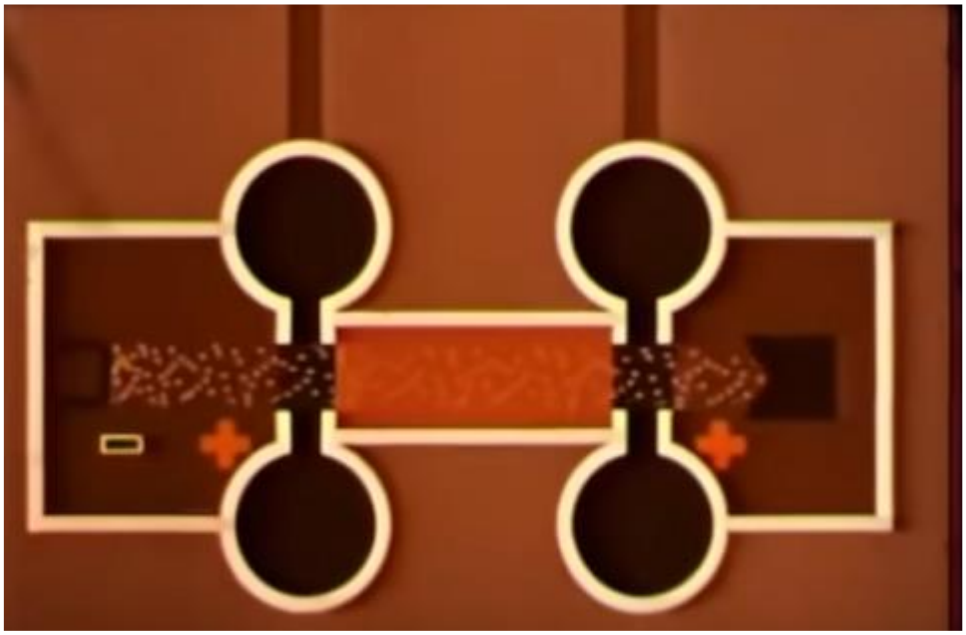




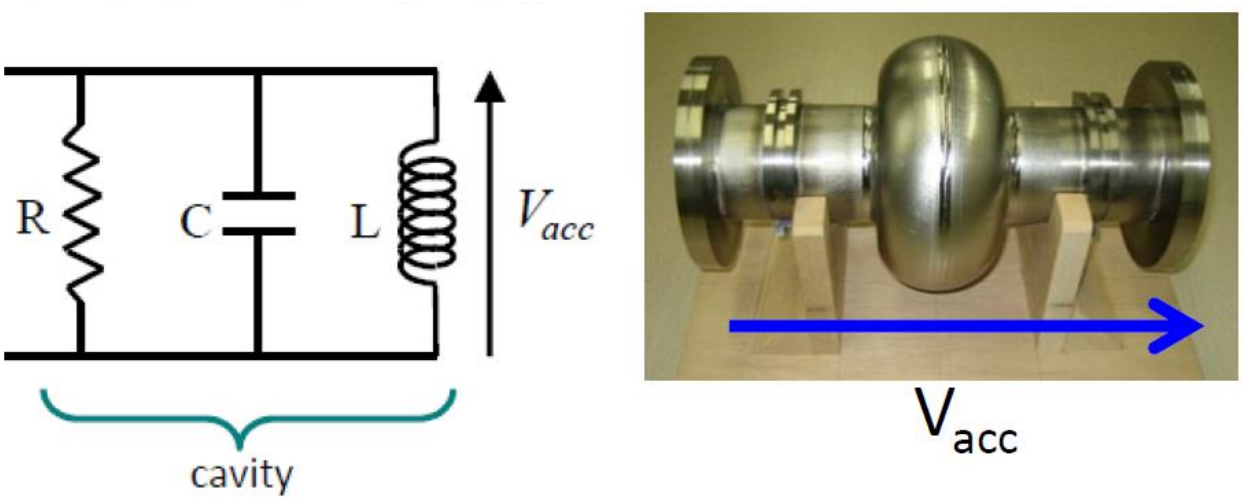
۱۳- ۱۷ شکل : دکلايسترن دويمه فضاء يي ريزونانس خونه Catcher Cavity کښل شوې ده کله چې دالکترونويوبنډل Bunch ورڅخه تيريږي اوپه پايله کې په نوموړې فضايي خونه کې الکترومقناطيسي څپې توليدکوي . دتوليدشوې برېښنايزساحې induced field سمت داهتزاز سره سم يوځل بېي خواته اوبل ځل کېنې خواته اهتزازکوي . په بېي خواشکل دالکترونويوبنډل ښوول شوی دی چې ددويمې فضاء يي خونې دښی خوا اوکېنې خوا سوريوترمنځ واټن Cavity gape کې تيريږي . کله چې دالکترونوبنډلونه Bunches دويمې فضاء يي خونې ته ورننوځي نوهلته دانډکشن قانون په اساس induction يوه بله الکترومقناطيسي څپه توليدکوي چې کټ مټ همغه فريکونس لري کوم چې دلومړی فضاء يي خونې الکترومقناطيسي څپه يې لري .

کله چې دالکترونويوبنډل ددويمې فضاء يي خونې بېي خوا اوکېنې خوا سوريو څخه تيريږي نودسوريوپه منځ برخه کې Cavity gape دتوليدشوې induced الکترومقناطيسي ساحې بريک کوونکې برېښنايز ساحه retarding electric field وربانديې عمل کوي . داځکه چې دالکترونوجريان حرکت سمت اودتوليدشوې برېښنايز اهتزازکوونکي ساحې سمت سره يوشان دی . په پايله کې دويمه فضاء يي خونه Catcher Cavity هم دکتودالکترونوبنډلونوپه فريکونس سره په اهتزازپيل کوي او دهغوی الکترونوحرکې انرژي په يوه زوروره الکترومقناطيسي انرژي باندې اوړي .

کېنې خواشکل کې ددويمې فضايي خونې هغه حالت ښوول شويدی چې لږشمير الکترونونه پاتې شوي دي اوله دې کبله يوخوادالکترونوبنډل شتون نه لري اوبلخوا ډيرلږالکترونونه تعجيل مومي داځکه چې دالکترونوجريان حرکت اودمايکروڅپې برېښنايز ساحې سمت يودبل سره مخالف جهت لري اودکوليکتر Collector خواته حرکت کوي چې هلته دهغوی حرکې انرژي په حرارتي انرژي باندې اوړي.



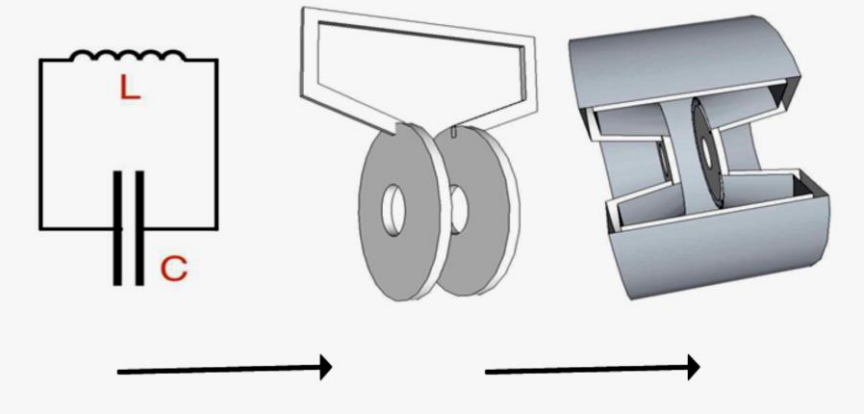
۱۳- ۱۸ شکل : دکلا يسترن تيوب دواړوفضايي خونو بشپړجوړښت په اوږدو پرې شوې بڼه کښل شوې ده . دمنفي چارج شوې کتودالکترودځخه الکترونونه ازادکيږي اودمثبت چارج شوې لومړۍ فضاء يې ريزونانس خونې خواته تعجيل مومي اوورپسې ددويمې فضايي خونې دسوريو ځخه تيريږي . دکلايسترن تيوب په اخر برخه کې دمثبت چارج شوي کوليکتر **Collectror** يايانودالکترودځخه الکترونونه جذب کيږي. الکترونونه په توروټکوباندې کښل شوي دي.



۱۳- ۱۹شکل : ديوې فضاء يې تعجيل کوونکې خونې Accelerating Cavity معادل برښنايز سرکټ کښل شوی دی چې ديوه ګوټک يوه خاذن اويومقاومت ځخه جوړدی . د فضاء يې خونې په اوږدوکې تعجيل کوونکی راډيوفريکونس ولټيج V_{acc} اهتزازکوي او برښنايز انرژي $E = q.V_{acc}$ دراډيوپه فريکونس سره دګوټک اوخاذن ترمنځ تبادله کيږي .

دپام وړ:

ددې لپاره چې يولوړفريکونس اولوړقدرته ريزونانس برېښنايز سرکټ electric circuit ترلا سه کړونواړين ده چې دبرېښنايزسرکټ خاذن او گوتک هندسي جوړښت ته داسې تغيرورکړو چې يوه فضاء يي ريزونانس خالیگاه Resonance Cavity منځ ته راشي . په ۱۳-۱۸ الف شکل کې ښوول شوې ده چې څرنگه ديوه خادن اويوه گوټک څخه يو ه لوړفريکونس اولوړقدرته فضاء يې ريزونانس خالیگاه ترلاسه کيږي .



۱۳-۱۸ الف شکل : په کينې خواکې ديوه خاذن **C** اويوگوټک **L** ريزونانس برېښنايز سرکت کښل شوی دی . کله چې نوموړي ريزونانس برېښنايز سرکت ته پرلپسې هندسي تغيرورکړونوپه پايله کې يوه زوروره ريزونانس فضاء يي خونه **Resonance Cavity** منځ ته راځي چې فريکونس يې آن ددرې گيگاهرڅ **3 GHz** څخه هم اوړي .

لنډيز :

- کلايسترن Klystron يوډول ځانگړی الکترونيکي تيوب دی چې ديوې سرچينې څخه دکيبل Cable په مټ لږ انرژي راډيوڅپې (مايکروڅپې) Low energy microwaves ورننوځي اوپه پايله کې نوموړې څپې تقويه کيږي اوپه لوړ برېښنايز قدرت Amplified high power microwaves سره ورڅخه راوځي .

- په داسې حال کې چې دماگنترون آله Magnetron دمايکروڅپې سرچينه تشکليوي خو برخلاف په يوه کلايسترن تيوب کې يوازې مايکروڅپې تقويه کيږي خودمايکروڅپې سرچينه نه ده

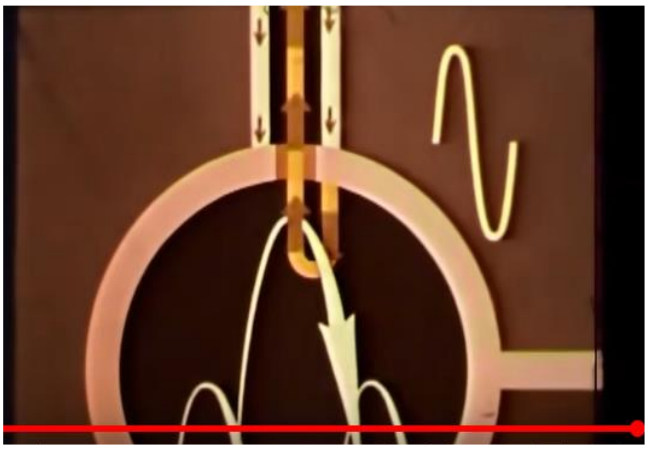
- په پيل کې دکتودالکترودهادي سيم لکه ولفرام فلز ته حرارت ورکول کيږي اوالکترونونه ورڅخه آزادکيږي اودمثبت چارج شوې لومړۍ فضاء يي ريزونانس خونې خواته تعجيل مومي .

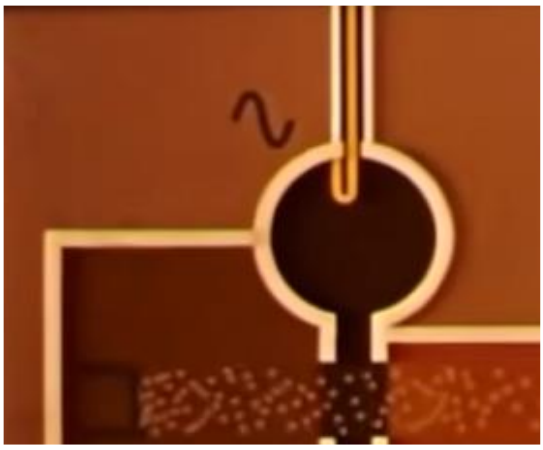
- لږ انرژي مايکروڅپې Low level microwaves لومړۍ فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ورننوځي او په لومړۍ فضاء يي خونه کې ولاړې الکترومقناطيسي څپې توليدکيږي . دلومړۍ فضاء يي خونې ښې خواديوال سوري gape اوکين خواديوال سوري ترمنځ متناوب دتوليدشوې الکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحه په اهتزازپيل کوي

- کله چې دکتودڅخه ازادشوي الکترونونه دلومړۍ فضاء يي ريزونانس خونې سوريوڅخه تيريږي نوسرعت يې دتوليدشوي الکترومقناطيسي برېښنايز ساحې فريکونس سره سم دالکترونوسرعت تغيرکوي اود سرعت موجيليشن Velocity Modulation کړنلاره ترسره کيږي .
- هغه لوړانرژي سريع الکترونونه چې دکتودڅخه راوځي اودکلا يسترن لومړۍ فضاء يي خونې Buncher Cavity ته وختي رسيږي اود وخت په تړاود ۱۳- ۹ شکل a اوb په ترڅ کې حرکت کوي ، په نوموړوالکترونوباندې دتوليدشوې الکترومقناطيسې څپې يوه بريک brake کوونکې برېښنايز ساحه Retarding electric field عمل کوي اوپه پايله کې دهغوی سرعت کمښت مومي . داځکه چې د برېښنايز ساحې سمت دالکترونوجريان حرکت سمت سره يوشان دی اوله دې کبله تعجيل نه مومي deacceleration په بله معنی منفي تعجيل مومي .
- هغه الکترونونه چې دوخت په تړاو b نقطې ته رسيږي دهغوی په سرعت کې بدلون نه راځي داځکه چې هلته دلومړۍ فضاء يي خونې په منځ کې دتوليدشوې متناوب برېښنايز ساحې قيمت صفردی ،
- هغه غيرسريع الکترونونه يعنې‌سوکه الکترونونه چې دکلايسترن تيوب لومړۍ فضاء يي خونې Buncher Cavity ته ناوخته رسيږي اود وخت په تړاو د b اوC په ترڅ کې حرکت کوي ، په نوموړوالکترونوباندې يوه تعجيل کوونکې Accelerating electric Field برېښنايز ساحه عمل کوي اوپه پايله کې دهغوی سرعت ډيرښت مومي . داځکه چې د برېښنايز ساحې سمت دالکترونوجريان حرکت سمت سره مخالف جهت لري . څرنګه چې الکترونونه منفي برېښنايز چارج لري نو له دې کبله تعجيل مومي . په پايله کې داسې ويلا ی شوچې په لومړۍ فضاء يي خونه کې په همغه شمېر الکترونونه مثبت تعجيل مومي اوپه همغه شمېر الکترونونه منفي تعجيل مومي .
- پايله يې داده چې په متوسط ډول دهغوشميرالکترونوحرکي انرژي چې دلومړۍ فضاء يي خونې سوري څخه بهر خواته Drift tube راوځي تقريباً مساوي ده له هغوشميرالکترونوحرکي انرژي سره چې لومړۍ فضاء يې خونې سوري ته ورننوځي . همدالامل دی چې الکترونونه دلومړۍ فضاء يي خونې په منځ کې داهتزازکوونکې مايکروڅپې برېښنايز ساحې څخه انرژي نه شي ترلاسه کولای .
- خوکله چې سريع او ناسريع الکترونونه دکلايسترن تيوب Drift tube برخې ته ورننوځي نوسريع الکترونونه دناسريع الکترونوڅخه مخ خواته ځان رسوي Overtake اوپه بنډلونوباندې اوړي . په پايله کې دډريفت تيوب Drift tube په اوږدوکې دالکترونوسرعت تغيرکوي اودالکترونوبنډلونه منځ ته راځي . په فزيک کې نوموړې کړنلاره دسرعت ميوجوليشن Velocity Modulation په نوم ياديږي.
- دکلايسترن تيوب Drift tube په اوږدوکې دالکترونوجريان په بنډلونوباندې اوړي Bunches اوالکترونونه په ګروپ ډوله شکل اويوشان سرعت سره دويمې فضاء يې خونې Catcher Cavity ته دکيڼ خواسورې له لا رې ورننوځی . ديادولووړده چې دويمه فضاء يي ريزونانس خونه دلومړۍ فضاء يي خونې په پرتله په يوه داسې واټن کې موقعيت لري چې هلته دالکترونوبنډل کثافت ترټولوډيروي .
- کله چې دالکترونوبنډلونه Electron Bunches دکلايسترن تيوب ددويمې فضاء يي خونې Catcher Cavity دکيڼ خواديوال سورې اوښی خواديوال سوري ترمنځ واټن په اوږدوکې تيريږي ، نودکلا يسترن دويمې فضاء يي خونې Catcher Cavity په اخر برخوکې يوه بريک کوونکې برېښنايز ساحه Retarding electric field توليدکوي ،کټ مټ داسې لکه چې يوشان برېښنايز چارجونه يوبل سره دفع کوي اوله دې کبله دانرژي بدلون کړنلاره پيل کيږي. په پايله کې دويمه فضاء يي خونه کټ مټ دلوموړۍ فضاء يي خونې په ريزونانس فريکونس سره تحريک کيږي اوپه اهتزازپيل کوي .
- نوکله چې دالکترونوبنډلونه دويمې فضاء يي خونې سوريوڅخه تيريږي نوهلته ګڼ شميرالکترونونه دبريک کوونکي برېښنايزساحې په مټ منفي تعجيل مومي . په داسې حال کې چې ډيرلږ شمېر الکترونونه تعجيل مومي . پايله يې داده چې دبريک brake شووالکترونوبنډلونوټوله حرکې انرژي په الکترومقناطيسي انرژي باندې اوړي
- په پايله کې ددويمې فضاء يي خونې دديوالونوپه منځ برخه کې دکتودڅخه ازادشووالکترونوبنډلونو او دبريک کوونکې برېښنايز ساحې Retarding electric field ترمنځ برېښنايز غبرګون ترسره کيږي . په پايله کې دالکترونوبنډلونو ټوله حرکي انرژي دمنځه

ځي او په لوړقدرته high power الکترومقناطيسي څپولکه مايکروڅپې باندې اوړي . نوموړې کړنلاره دتقويه شوواو لوړقدرته مايکروڅپې Amplified high power microwaves په نوم يادېږي . په دې معنی چې دکلايسترن څخه دخروج مايکروڅپوزيګنال ددخول مايکرڅپوزيګنال په پرتله څوځله غټ دی .

- څرنګه چې د لومړۍ فضاء يي خونې اودويمې فضاء يي خونې ابعاد سره يوشان دي نوله دې کبله دويمه فضاء يي خونه په همغه ريزونانس فريکونس سره اهتزازکوي لکه چې لومړۍ فضاء يي خونه اهتزازکوي خودهغوی دامپليتودقيمت يودبل سره توپيرلري
- ديوه کيبل اويادڅپې انتقال کوونکي جوړښت په مټ کولا ی شوچې دکلا يسترن دويمې فضاء يي خونې Catcher Cavity څخه لوړقدرته تقويه شوې مايکروڅپې بهرخواته راوباسواودانرژي سرچينې په توګه خطي تعجيل کوونکې ماشين ته انتقا ل کړو





۱۳- ۲۰شکل : په ښي خواشکل کې دويمه فضاء يي خونه Catcher Cavity کښل شوې ده . کله چې دنوموړې فضاء يي خونې څخه دالکترونوبنډل تيريږي نود فضاء يي خونې په اخر برخوکې چارجونه توليدکوي induce charges داچارجونه په خپل وارسره يوه بريک کوونکې برښنايز ساحه retarding electric field منځ ته راولي . همدارنګه دويمه فضاء يي خونه د لومړۍ فضاء يي خونې مايکروڅپې په فريکونس سره په اهتزاز پيل کوي . ددويمې فضاء يي خونې دښي خوادیوال اوکيڼ خوادیوال سوريوترمنځ متناوب بريک کوونکې برښنايز ساحه retarding Electric field دمايکروڅپې په فريکونس اهتزازکوي اودالکترونوبنډل سره برښنايز غبرګون کوي. په پايله کې دالکترونوبنډل ټوله حرکې انرژي په يوه زوروره تقويه شوې مايکروڅپې باندي اوړي . ديوه کيبل په مټ کولا ی شوچې تقويه شوې مايکروڅپې دنوموړې فضاء يي خونې څخه تعجيل کوونکي ماشين ته انتقال کړو.

دنوموړي شکل کيڼ خواته لومړۍ فضاء يي خونه کښل شوې ده چې د مايکروڅپې يوکمزورى زيګنال ورننوځي خوددويمې فضاء يي خونې په مټ تقويه کيږي .

اتمه برخه

څوارلسم څپرکی

دمایکروڅپې انتقال کوونکي جوړښتونه :

(Microwave Transmission waveguide)

په ۱۴- ۱ شکل کې دمایکروڅپې انتقال کوونکي جوړښتونه ښوول شوي دي . نوموړي جوړښتونه لکه یوتش فلزي تیوب دی چې الکترومقناطیسي څپوته هدایت ورکوي اویا په بله معنی الکترومقناطیسي څپې انتقال کوي . دفلزي تیوب دیوال لکه دګوټک inductance په شان اودتیوب منځ تشه برخه لکه دخاذن capacitance په شان کارورکوي .

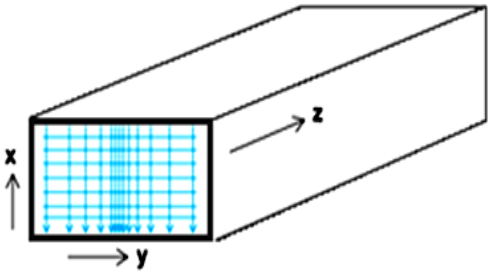
کله چې دمګنیترون Magnetron په آله کې دمایکروڅپې تولیدشي نوورپسې دمایکروڅپوانتقال کوونکي تیوب په واسطه دالکترونوتعجیل کونکي ماشین ټیوب ته انتقال کیږي . دمایکروڅپې انتقال کوونکی یوتش قایم الزاویه فلزي تیوب اویایوسلنډرشکله ټیوب دی چې په ۱۴- ۱ شکل کې ښوول شوی دی



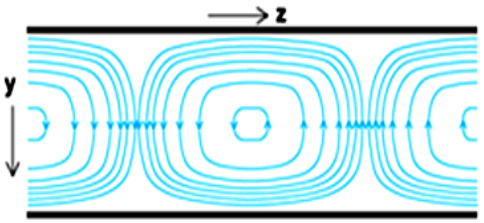


۱۴- ۱ شکل : په کین خواکې دالکترومقناطیسي څپو انتقال کوونکی قایم الزاویه فلزي تیوب ښوول شوی دی. کله چې دکلایسترون منبع څخه دمایکروڅپې راووځي نودنوموړي هادي جوړښت په مټ تعجیل کوونکي تیوب ته انتقال کیږي . په ښي خواکې دمایکروڅپې یوسلنډرشکله انتقال کوونکی جوړښت ښوول شوی دی چې دتعجیل کوونکي تیوب یوه برخه تشکیلوي . (8)

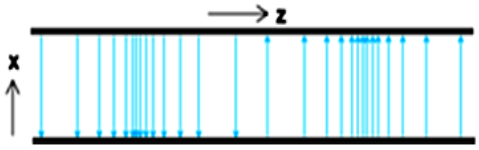
کله چې الکترومقناطیسي څپې په یوه ټرلې فضاء کې ایساریږي یعنې بندې وساتل شي نوپه توپیرلرونکي موډ mode سره خپریږي . د ساري په ډول په ۱۴- ۲ شکل کې دالکترومقناطیسي څپې هغه موډ ښوول شوی دی چې مقناطیسي ساحه B دڅپې دخپریدلوپه اوږدوکې اهتزازکوي اوبرقي ساحه E دڅپود خپریدلوپه عمودخواکې اهتزازکوي . دنوموړي عرضي بربښنایز ساحې موډ Transverse electric mode لنډیزیي په TE01-mode سره ښوول کیږي دمګنیټرون جنراټورپه مټ تولیدشوې مایکروڅپې عرضي بربښنایز ساحې موډ، د قایم الزاویه څپوانتقال کوونکي تیوب په اوږدوکې خپریږي اوورپسې دالکترونوتعجیل کوونکي ټیوب ته انتقال کیږي.



A : په يوه قائم الزاويه مستطيل شكله څپوهادي كې دمايكروڅپې عرضاني برقي ساحې موډ TE01-mode ښوول شوی دی چې د z محورپه اوږدوكې خپريږي.



B: د قائم الزاويه مستطيل څپوهادي ته دپاس خواڅخه ليدل كيږي . دمقناطيسي ساحې خطونه ټرلي حلقي دي چې د z محورپه اوږدوكې خپريږي



C : دقائم الزاويه مستطيل څپوهادي ته دڅنګ خواڅخه ليدل كيږي. دمايكروڅپې عرضاني برقي ساحې خطونه ښوول شوي دي چې دڅپود خپريدنې په محور z باندي عمودولاړ دي.

۱۴- ۲شكل : په يوه قائم الزاويه مستطيل شكله مايكروڅپوهدايت كوونكې جوړښت كې د عرضي برېښنايز ساحې موډ TE01- mode ښوول شوی دی . عرضي برېښنايز ساحه د z محورپه اوږدوكې عموداً اهتزازكوي او دبرېښنايزساحې خطونه يې د xz په سطحه كې په عمودي وكټورونوښوول شوي دي . دمقناطيسي ساحې خطونه د yz په سطحه كې ټرلې حلقي تشكيلوي .

■ دالكترونو تعجيل كوونكي جوړښتونه : (Electron accelerating structures)

دالكترونو تعجيل كوونكي جوړښتونه د راډيو تراپي ماشين هغه عمده برخه ده چې ديوسلسله فضاء يي خونوCavity cells څخه جوړه ده . دخطي تعجيل كوونكي تيوب په اوږدوكې مايكروڅپې Microwaves دماكسول معادلو Maxwell equations په اساس خپريږي اوالكترونونه دمايكروڅپې څخه انرژي ترلاسه كوي .

دسرطاني ناروغيو ددرملنې په موخه اړين ده چې الكترونونه آن تريوويشت ميګاالكترون ولټ 21 MeV پورې انرژي ولري ترڅوپه بدن كې ژورتومورونوته اكس وړانګې ورسيږي . نومورې كړنلاره دالكتروستاتيک برېښنايز ساحې په كارولوسره ناشونې ده . داځكه چې كه د اكس وړانګو x-ray په توليدوونكې دستګاه كې د انوداوكتود الكترودونه په فزيكي تړاو يودبل سره لنډواټن ولري اودهغوی ترمنځ دبېلګې په توګه دبرېښنايزپوتنشل تفاوت يوويشت ميګاالترون ولټ وټاكل شي نوپه پايله كې دالكترودونوترمنځ هوا آيونايز كيږي اوبرقي قوس منځ ته راځي . دحل يوه لاره يي داده چې الكترونونه ګام په ګام دلوړفريكونس متناوب برېښنايز ساحې لكه دمايكروڅپې په مرسته تعجيل مومي .

د اكس وړانګو x-ray په دوديزه دستګاه كې په اعظمي توګه يوازې ترڅلورسوه كيلوالكترون ولټ 400 kV پورې متمادي ولټيج توليد كيږي چې دنومورې متمادي ولټيج په مټ الكترونونه د انودالكترود(+) anode او دكتود Cathode الكترود ترمنځ واټن كې تعجيل وركول كيږي . په داسې حال كې چې په يوه طبي خطي تعجيل كوونكي ماشين كې انودالكترود(+) anode اوكتود Cathode الكترودګردسره شتون نه لري بلكې پرځای يي ديوه تش تيوب په اوږدوكې دمايكرو څپې په مټ الكترونو ته تعجيل

ورکول کيږي . دنومورې موخې لپاره په لومړي ګام کې دمايکروځپوانتقال کوونکي جوړښت ته دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې دمګنيترون سرچينې څخه ورننوځي چې فريکونس يې درې ګيګاهرځ 3 GHz قيمت لري . په دويم ګام کې دمايکروځپوانتقال کوونکي جوړښت له لارې درې ګيګاهرځ 3 GHz مايکروځپې دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين تيوب ته ورننوځي اودنومورې تيوب په اوږدوکې دکتودځخه آزادشوي الکترونونه د درې ګيګاهرځ 3 مايکروځپې په مټ تعجيل مومي .

- **دتعجيل کوونکې تيوب موډونه (Modes) :**

په ۳-۱۴ شکل کې دراډيو تراپې ماشين دتعجيل کوونکې ټيوب موډونه modes ښوول شوي دي .
کله چې دتعجيل کوونکې تيوب په اوږدوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې خپريږي نودځپودامنه هغه مهال اعظمي قيمت ځانته غوره کوي کله چې ديافراګم ډوله تعجيل کوونکو جوړښتونوترمنځ واټن دځپې طول نيمايي $\lambda/2$ قيمت ولري . نومورې موډ ته دپای موډ π mode ويل کيږي . په دې معنی چې دپرمخ تلونکې څپې اودانعکاس شوې څپې ترمنځ دفازتفاوت يوسلواتيادرجه ($\pi = 180^0$) دی .
په نومورې موډکې تعجيل کوونکي فضاء يې خونې accelerating cavity cells د راډيوفريکونس څپو په واسطه تحريک کيږي او درېزونانس resonance خواص ځانته غوره کوي .

- کله چې الکترومقناطيسي څپې ديوه تش فلزي تيوب په منځ کې خپريږي نودبرېښنايزساحې E اومقناطيسي ساحې H ساحې دکرښوويش نمونې lines patern هراړخيزتوپيرلرونکي شکلونه منځ ته راځي. دنومورۍوساحوتوپيرلرونکوشکلونونمونې ته دالکترومقناطيسي څپې mode ويل کيږي

دپام وړ :

ددې لپاره چې په تعجيل کوونکوجوړښتونوکې Accelerating Structures برېښنايز چارجونه تعجيل ومومي نواړين ده چې لاندې دوه شرطونه پوره شي .

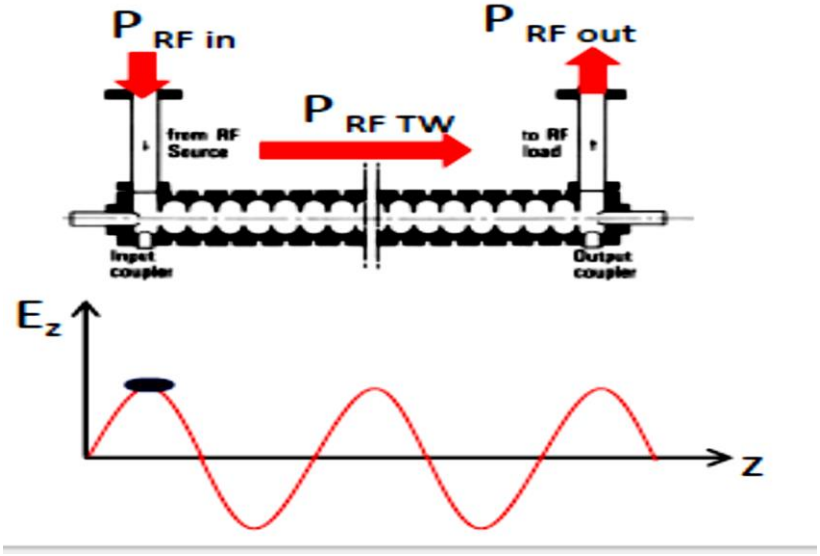
- دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې ساحه د برېښنايز چارجونودحرکت سمت په اوږدوکې عمل وکړي
- دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې فاز سرعت Phase velocity د برېښنايز چارج شوو بڅرکو سرعت $V_{particle}$ سره هم غږی او synchronous وي .

- دوه ډوله خطي تجيل کوونکي ماشينونه شتون لري چې چارج شووبڅرکوته تعجيل ورکوي :

لومړی : دمتحرکو څپوتعجيل کوونکي جوړښتونه (Travelling Wave Structures) :

دمتحرکو څپوتعجيل کوونکی ماشين داسې ډول تعجيل کوونکي جوړښتونه لري چې په جوړښتونوکې دچارج شوو بڅرکوسرعت دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې فاز سرعت سره هم غږی synchronous وي . په پايله کې برېښنايز چارج شوي بڅرکي کولا ی شي چې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې څخه انرژي ترلاسه کړي اوتعجيل ومومي . په تعجيل کوونکوجوړښتونوکې ددياڤراګم ترمنځ واټن دمايکروځپې طول څلورمه $\lambda/4$ برخه وي. کله چې

دمايکروڅپې يوځل دتعجيل کوونکوټيوبونوپه اوږدوکې خپرې شي اودتعجيل کوونکي تيوب اخر برخې ته ورسيږي نوبيا بېرته انعکاس نه کوي بلکې دمنځه ځي .



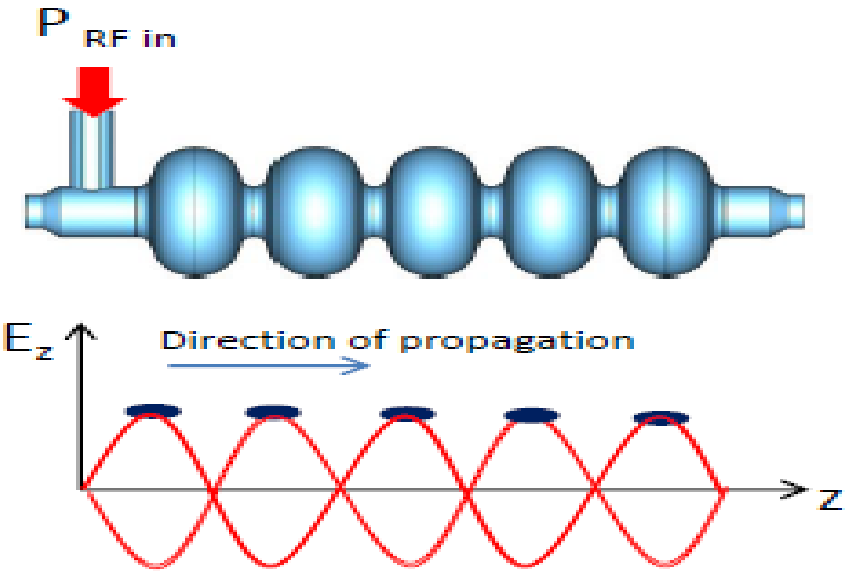
۱۴- ۳ شکل : په پورتني شکل کې دمتحرکوڅپوتعجيل کوونکي ماشين جوړښتونه کښل شوي دي چې درايوفريکونس منبع RF source څخه لکه مګنيترون Magnetron اويا کلا يسترن Klysstron څخه دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې $P_{RF\ in}$ ورننوځي input coupler اودتعجيل کوونکوجوړښتونوپه اوږدوکې $P_{RF\ TW}$ حرکت کوي . دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې د output coupler په مټ بهرخواته خپريږي $P_{RF\ out}$ او RF load ته ورننوځي چې هلته له منځه ځي .

په لاندې شکل کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې E_z ځايزويش کښل شوی دی چې چارج شووبڅرکوته دمحور z په اوږدوکې تعجيل ورکوي . چارج شوی بڅرکی دنوموړې څپې مثبت دامني په اعظمي ځوکه کې موقعيت لري اوپه يوه تورغت ټکې باندې کښل شوی دی.

دويم : دولاړو څپوتعجيل کوونکي جوړښتونه (Standing Wave Structures)

دولاړو څپوتعجيل کوونکی ماشين داسې ډول تعجيل کوونکي جوړښتونه لري چې په جوړښتونوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې دوخت په تړاو اهتزازکوي اودحرکت سمت z په اوږدوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې ځايز ولاړې څپې برېښنايز ساحې $E_{RF}(z)$ = field profile په مټ برېښنايز چارجونه تعجيل مومي . دوخت t اودځای Z په تړاودتعجيل کوونکي برېښنايز ساحې معادله په لاندې دول ده

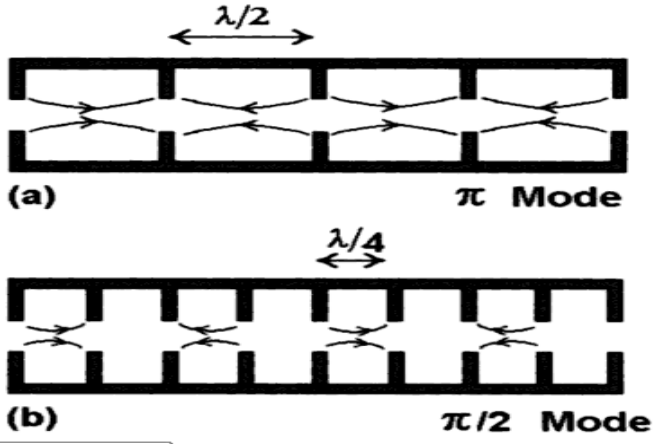
$$E_z(z,t) = \underbrace{E_{RF}(z)}_{\text{field profile}} \overbrace{\cos(\omega_{RF} t)}^{\text{Time oscillation}}$$



۱۴- ۴ شکل : په پورتني شکل کې دولاړوخپوتعجيل کوونکي ماشين جوړښتونه کښل شوي دي چې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې $P_{RF\ in}$ ورننوځي . په لاندې شکل کې دولاړې راډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې E_z ځايزويش کښل شوی دی چې چارج شووبځرکوته دمحور z په اوږدوکې تعجيل ورکوي . چارج شوي بځرکي دنوموړې څپې مثبت دامنې په اعظمي څوکه کې موقعيت لري اوپه توروټکوکښل شوي دي .

دتعجيل کوونکو فضاء يې جوړښتونوپه اوږدوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې شکل لکه دساين څپې اودکوساين څپې په شان وي اودهغوی فاز ديوبل څخه نوي درجه $\pi/2 = 90^0$ توپيرلري . نوموړې موډته دنيمايي پای موډ π /2 mode ويل کيږي .

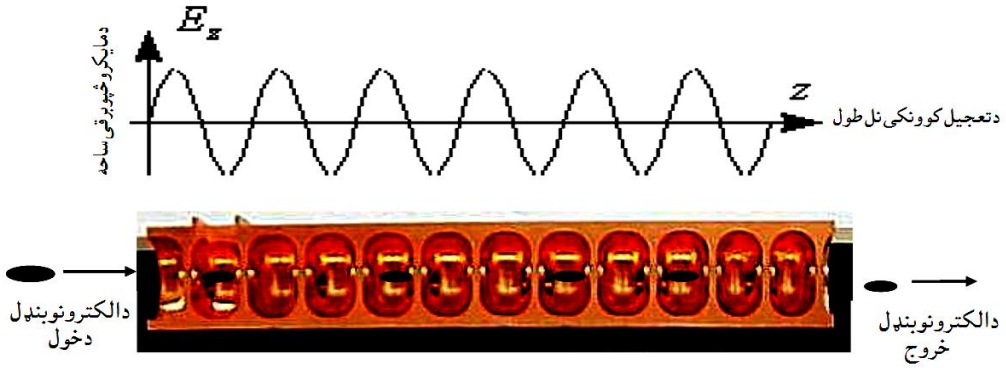
په ۱۴- ۵ شکل کې دواړه موډونه يعنې د (π /2 = 90^0) اودپاې (π= 180^0) موډ بڼه ښوول شوې ده .



۱۴- ۵ شکل : د راډيو تراپي ماشين دتعجيل کوونکې تيوب دوه ډوله جوړښتونه ښوول شوي دي چې د نيمايي پای موډ (π/2 = 90^0) اودپاې موډ (π= 180^0) په نوم يادېږي . دپام وړده چې دنوموړوتعجيل کوونکوجوړښتونوپه منځ کې د برېښنايز ساحې داهتزازبڼه تغيرکوي اويوشان نه ده .

په ۱۴- ٦ شکل کې دزيمنس Siemens فابريکي داونکورپه نوم Oncor راډيو تراپي ماشين تعجيل کوونکو فضاء يې جوړښتونه ښوول شوي دي چې الکترونوته دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) په مټ تعجيل ورکول کيږي . نوموړي جوړښتونه استوانه يې ډوله تيوب لري اودهغوی په منځ تشه فضاء کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) خپريږي .

دمايکروڅپې وکټور vector دتيوب محور z په اوږدوکې دبرقي ساحې Ez يو جزلري چې دهغې په مټ الکترونوته تعجيل ورکول کيږي . نوموړی مود mode دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) د TM01 مودپه نوم يادیږي .



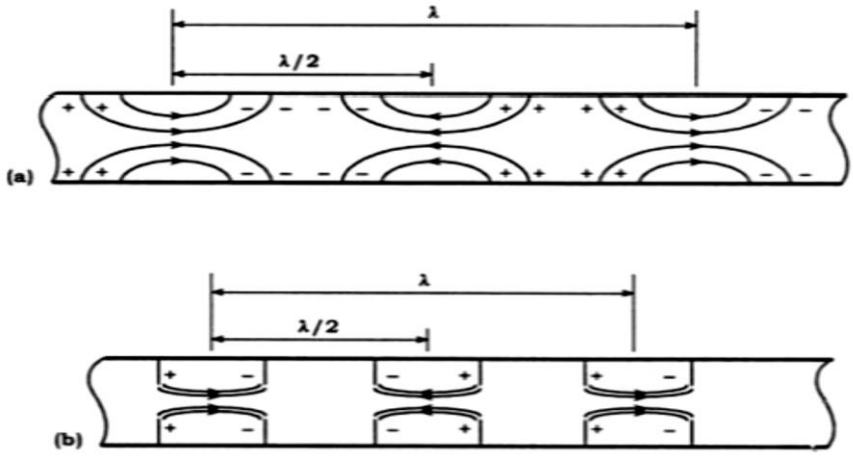
۱۴-٦ شکل : دزيمينس اونکورOncor ماشين دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) هدايت کوونکي فضاء يي جوړښتونه اوهمدارنګه دالکترونو تعجيل کونکي فضاء يي جوړښتونه ښوول شوي دي چې دمحورپه اوږدوکې دمايکروڅپې برښنايز ساحه E_z پکې خپريږی . په پورتني ګراف کې دمايکروڅپې برښنايز ساحې امپليتودشدت E_z د تعجيل کوونکوجوړښتونو دمحور Z په تابع سره ښوول شوی دی چې دساين تابع $\sin\varphi$ په شان اهتزازکوي . دتعجيل کوونکي تيوب طول ديومترڅخه تردوه متره پورې رسيږي . په برښنايزترڅاودنومورې تيوب ديوالونه لکه داندکتنس inductance يعنې ګوټک اودمنځ خاليګاه يې لکه دخاذن په شان کارکوي .

دزيمينس اونکورOncor ماشين دمايکروڅپوهدايت کوونکي جوړښتونه اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب منځ برخه يوسلسله رېزونانس تشې فضاء يي خونې resonant cavity cells تشکيلوي چې دمسوفلزڅخه جوړې دي . دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) ساين ډوله برښنايز ساحه E_z دتعجيل کوونکي تيوب کينې خواڅخه ښي خواته حرکت کوي . کله چې الکترونونه دکينې خواڅخه تعجيل کوونکي تيوب ته ورننوځي نو په هره فضاء يي تشه خونه کې RF cavity cell دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) برقي ساحې E_z څخه انرژ ې ترلاسه کوي . کله چې يوالکترون دتعجيل کوونکي تيوب څخه راوځي نوترلاسه شوي حرکي انرژي W مساوي ده له :

$$W = e\int_0^1 E_{z0}\sin\varphi(z)dz \qquad (14,1$$

په (14,1) معادله کې ℓ دڅپوهدايت کوونکي اودالکترونوتعجيل کوونکي تيوب طول دی او E_{z0} دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) برښنايز ساحې اعظمي امپليتوده. په پايله کې دبرقي ساحې شدت په يوه متروانټن کې لږڅه يوملیون ولټ ته رسيږي.

په ۱۴- ۷ شکل کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) هدايت کوونکي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب په اوږدوکې دمايکرو څپې دبرقي ساحې اودبرقي چارجونو(-،+) شيبه ايزوښ ښوول شويدی .

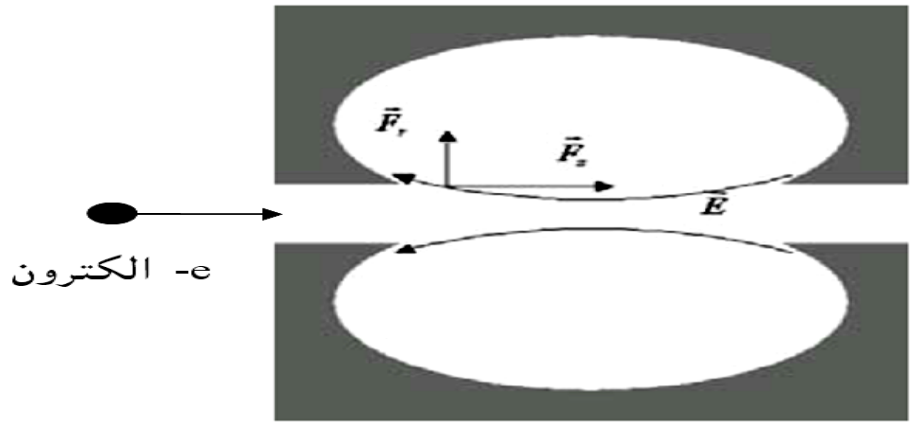


۱۴- ۷ شکل :

a) دتعجيل کوونکي تش تيوب په اوږدوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) دبرقي ساحې خطونو اودبرقي چارجونو(-،+) شيبه ايزوېش ښوول شوی دی کله چې دتعجيل کوونکي تش تيوب په داخلي سطحه کې هيڅ ډول جوړښتونه موجودنه وي او دمايکروڅپې متحرکه څپه دڅپوانتقال کوونکي تش تيوب په اوږدوکې خپره شي .دپام وړه چې دبرقي ساحې سمت وروسته له هرې نيمايي څپې طول λ/2. څخه تغيرکوي اوپه وکټورونوښوول شوی دی ..

b) : خوکله چې دتيوب په داخلي سطحه کې ډيسک ډوله جوړښتونه ("disc-loaded waveguide") ونښلول شي نو دتعجيل کوونکي تيوب په منځ کې دبرقي ساحې شدت اوپه ديوالونو کې دبرقي چارجونووېش da) شکل په پرتله تغيرکوي . دهرډيسک فضاء يي خونې ديوالونه دمحورپه برخه کې سوري لري اولکه ديوې ديافراګم په شان دنده ترسره کوي . په بله معنی دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې تشې فضاء يي خونې ("cavities") منځ ته راځی چې اوږدوالی يي دڅپې طول څلورمه λ/4 برخه ده . ددياڤراګم په کارولوسره ديوې خواپه فضاء يي خونوکې دبرقي ساحې شدت ډېرښت مومی اوبلخواپه هره دويمه فضاء يي خونه کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) دبرقي ساحې شدت صفرکيږي .

په ۱۴- ۸ شکل کې دمايکروڅپوهادي waveguide اودالکترونو تعجيل کونکي تيوب يوواحد پايپ ښوول شوی
دی چې د رېزونانس تشې فضاء يي خونې په نوم يادېږي . کله چې يوالکترون نومورې خونې ته ورننوځي نودمحورپه اوږدوکې دمايکروڅپې برېښنايز قوې Fz په مټ ښي خواته تعجيل مومي .



۱۴- ۸ شکل: دمايکروڅپوهدايت کوونکی اودالکترونو تعجيل کونکی تيوب ديوې ځانګړې رېزونانس تشې فضاء يي خونې ميخانيکي جوړښت ښوول شوی دی. دمحورz په اوږدوکي دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) برېښنايز ساحه

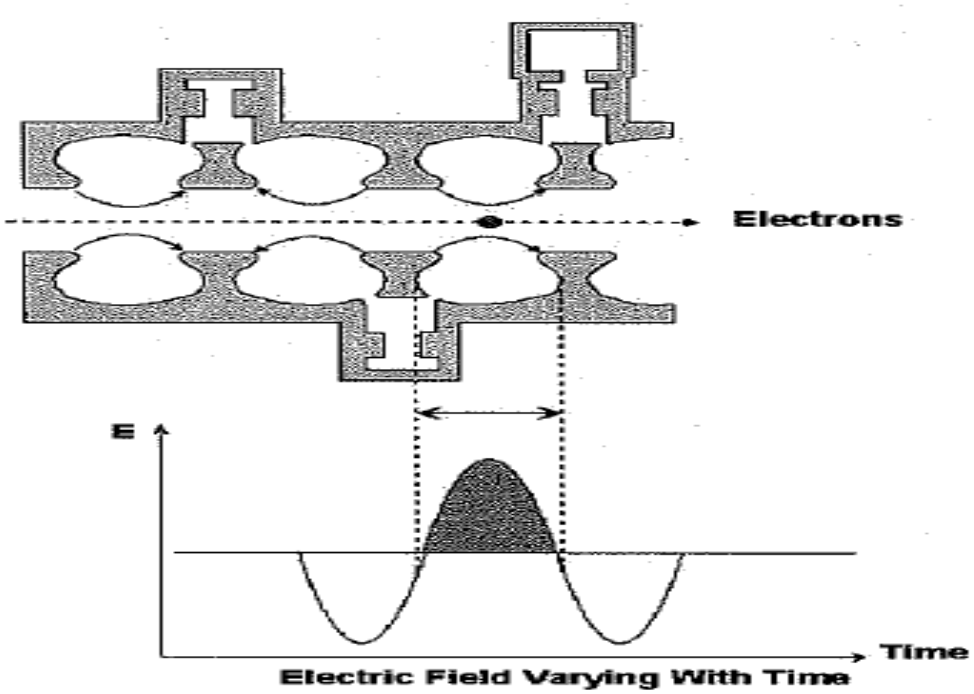
E په الکترون e- باندې اغيزه کوي اودبرقي قوې F_z په واسطه ښي خواته تعجيل ورکول کيږي . دپام وړه چې دالکترونودجريان حرکت سمت اود برېښنايز ساحې سمت يودبل سره مخالف جهت لري .

ځرنګه چې د برېښنايز قوي عمودي برخه F_r صفرده نوله همدې لا مله په الکترون e باندي کومه اغيزه نه لري . دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروځپې) په دوره کې دبرقي ساحې E شيبه ايز سمت کين خواته دی اوپه ويکټورښول شوی دی په داسې حال کې چې دبرقي قوې F_z سمت ښی خواته دی . دائکه چې برېښنايز قوه Fz مساوي ده له :

$$\vec{F}_Z = -e\,\vec{E}$$

دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروځپې) هدايت کوونکی اودالکترونو تعجيل کونکی ټيوب دوه اړينې دندې ترسره کوي .الف :- کله چې دکلآيسترن Klystron څخه لوړفريکونس مايکروځپي راووځي نو د الکترونو تعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې پرته له کمزورتيا خپريږي . دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروځپې) انتقال کوونکي اويا په بله معنی دځپوهدايت کوونکي جوړښتونه لکه ريزونانس تشې فضاء يي خونې دمايکرو ځپوانرژي ته د بل هرهادي جسم لکه دکيبل سيم په پرتله پرته له خنډاوځنډ ډيرښه انتقال ورکوي .

ب : کله چې دالکترونوتعجيل کوونکي تيوب ته دالکترونوجريان ورننوځي نو دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروځپې) برېښنايز ساحې په مټ تعجيل مومي اوپه پايله کې دالکترونوجريان دهريوه تعجيل کوونکې جوړښت په منځ کې انرژي ترلاسه کوي .

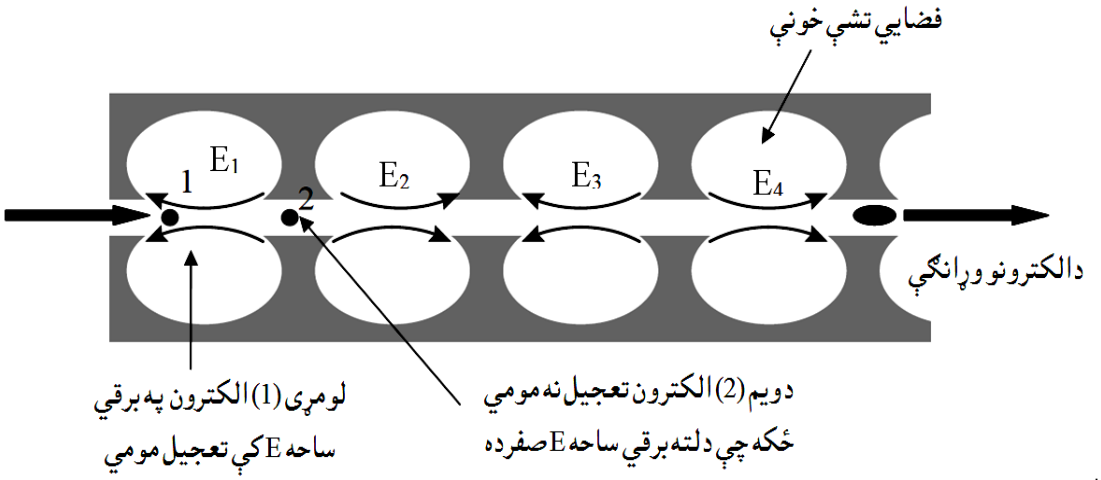


۱۴-۹ شکل : ديوې واحدې تعجيل کونکي فضاء يي خونې جوړښت په منځ کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروځپې) برېښنايز ساحې E شيبه ايزدامنه کښل شوې ده . دالکترونو جريان په تورغټ ټکي کښل شوی دی اود برېښنايز ساحې کرښې په وکټورونوکښل شوې دي .دپام وړه چې ځينې تعجيل کوونکې فضاء يي خوني دمحورڅخه بهرخواته ايستل شوې دي . دائکه چې هلته برېښنايز ساحه صفرده.

کله چې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) دامنه مثبت قيمت ولري نوالکترونونه Electrons تعجيل مومي . په لاندې شکل کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) متناوب برېښنايز ساحه دوخت په تابع سر کښل شوې ده. په دريمه فضاء يې خونه کېدالکترونوجريان دنوموړې برېښنايزساحې مثبت دامنې په مټ تعجيل مومي اوپه تورنگ موښل شوې ده

په ۱۰-۱۴ شکل کې د برېښنايز چارج شووبڅرکو تعجيل کونکو فضاء يې خونويوبل ډول جوړښت ښوول شوی دی اوهمدارنگه دهغوی په منځ کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) برېښنايز ساحې E شيبه ايزاهتزازهم کښل شوې دی .

دمايکروڅپې هدايت کوونکي او تعجيل کوونکي تيوب په داخلي سطحه کې دمسو يوسلسله ډيسک Disc ډوله رېزونانس تشې فضاء يې خونې نښلول شوې دي چې دمايکروڅپوطول λ په څلورمه برخه واټن کې(2.5 cm) يوپه بل پسې موقعيت لري . ډيسک ډوله فضاء يې خونې ديوبل څخه ديوه ديوال په واسطه بيلې کيږي چې په محوربرخه کې سورې لري دهرډيسک په ښي خوله اوکينې خواخوله کې دمحورپه اوږدوکې دلس سانتي متروپه اندازه گردسورې شته دي چې دمايکروڅپوطول λ سره سمون خوري .



۱۰-۱۴شکل : دمايکروڅپوهدايت کوونکي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب څلور تشې فضاء يې خونې اودمايکروڅپې برېښنايز ساحې شيبه ايزاوځايزوښ ښوول شوی دی . همدارنگه دڅلورتشې فضاء يې خونوپه داخلي برخو کې دمايکروڅپې برېښنايز ساحې E1,E2,E3,E4 اهتزازسمتونه په وکټورونو ښوول شوي دي .

د فضاء يې خونو دسوريوپه منځ واټن کې دمايکروڅپې برېښنايز ساحه صفرده . دکينې خواڅخه دالکترونوجريان دمايکروڅپوهادي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب ته ورننوځي . دالکترونوجريان څخه ددووالکترونوشيبه ايزموقعيت په پام کې نيسوچې په توروټکوباندې ښوول شوي دي .

لومړی الکترون په لوموړی فضاء يې خونه کې اودويم الکترون دلومړی اودويمې فضاء يې خونې په منځ سوريوکې قرارلري . لومړی الکترون دمايکروڅپې برېښنايز ساحې E1 په مټ تعجيل مومي خودويم الکترون تعجيل نه مومي ،داڅکه چې هلته دمايکروڅپې برېښنايز ساحه هيڅ شتون نه لري يعنې په همدې شيبه کې صفرده (E = 0) . نوموړې کړنلاره په پاتې فضاء يې خونوکې همداسې تکرارکيږي . په دې معنی چې دمايکروڅپې برېښنايز ساحې E سمت پرلپسې داسې تغيرکوي چې هغه الکترنونه چې دويمې

،درېيمې اوځلورمې فضاء يې خونې ته ورننوځي دبرقي قوې $\vec{F}_z = -e\vec{E}$ په واسطه تعجيل مومي خوالکترونونه دسوريوپه منځ واټن کې خپل سرعت ساتې اوتغيرنه کوي .

دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) هدايت کوونکي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب د منځ برخه دهواڅخه تشه ده ترڅودالکترونوجريان دهواداټومونوسره وه نه لګيږي او خداى مه کړه خپله ګټلې انرژى دلاسه ورنکړى . دمايکروڅپوهادي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب په جوړښتونوکې دبرقي ساحې شدت په يوه سانتې مترکې آن تراتياکيلو ولټ 80 kV/cm پورې رسيږي . که چيرته دمايکروڅپوهادي اودالکترونو تعجيل کونکي ټيوب طول يومتروي نودمايکروڅپوبرقي ساحې په مټ يوالکترون اته زره کيلوالکترون ولټ انرژى 8000 keV = 8 MeV ترلاسه کوي .

په تخنيکي تړاو دمايکروڅپوهدايت کوونکى اودالکترونو تعجيل کونکى ټيوب دوه ډوله جوړښتونه لري چې دمحورپه اوږدوکې الکترونونه دمايکروڅپې څخه انرژي ترلاسه کوي اوپه پايله کې تعجيل مومي . کله چې دالکترونوسرعت دمايکروڅپې فاز سرعت سره برابرشي نوالکترونونه پرلپسې تعجيل مومى اودمتحرکې مايکروڅپې سره په هم غږى کې مخ په وړاندې حرکت کوي. کټ مټ لکه چې يوسرفرSurfer داوبوڅپو دڅوکې ځوړبرخه باندې سپوروي همدارنګه الکترون هم دمايکروڅپې برېښنايز ساحې دڅوکې ځوړبرخه باندې سپورمخ په وړاندې حرکت کوي. داځکه چې دڅوکې ځوړبرخه ترټولوثابت ځاى دى .

دنوموړې موخې لپاره په تخنيکي تړاوداسې هڅه کيږي چې الکترونونه د برېښنايز ساحې ددامنې اعظمې ځوکې مخ برخي ته راوستل شي .

همدالامل دى چې په تخنيکي تړاو اوسمهال دراډيو تراپې دوه ډوله خطي تعجيل کوونکو ماشينو نوڅخه ګټه پورته کيږي چې دهغوى ترمنځ دالکترونوتعجيل کوونکوجوړښتونه يودبل سره توپيرلري .

دولاړې الکترومقناطيسي څپې خطي تعجيل کوونکى ماشين

(Standing Electromagnetic wave linear accelerator)

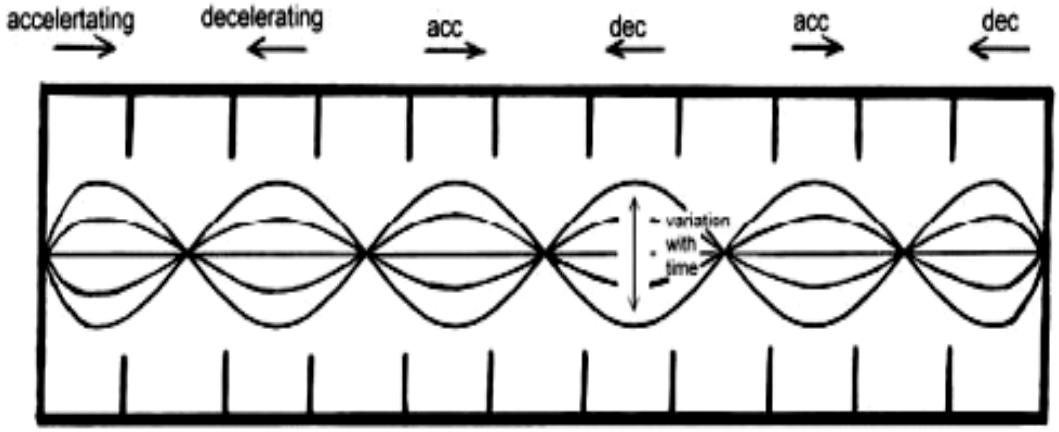
د سرطاني ناروغيوراډيو تراپې په ځانګه کې ددوه ډوله خطي تعجيل کوونکوماشينونوڅخه ګټه پورته کيږي چې دمتحرکې څپې (Travelling wave linear accelerator) او دولاړې څپې خطي تعجيل کوونکي ماشين (Standing wave linear accelerator) په نوم يادېږي .

په ۱۴- ۱۱ شکل کې دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين دکارکولوکړنلاره کښل شوې ده اوځانګړتياوي يې په لاندې ډول بيان کولا ى شو:

- دتعجيل کوونکي ماشين په مرکزي برخه کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) ورننوځي
- دانعکاس څخه وروسته د فضاء يې خونو cavity cells په منځ کې ولاړې څپې توليدکيږي

په نوموړي تعجيل کوونکي ماشين کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (دمايکروڅپې) حرکت نه کوي بلکې دولاړې څپې داهتزازغوټه (غوړاشه node) دځاى په تړاوثابت موقعيت لري خوداهتزازخيټه (anti-node) دوخت په تړاواهتزازکوي.

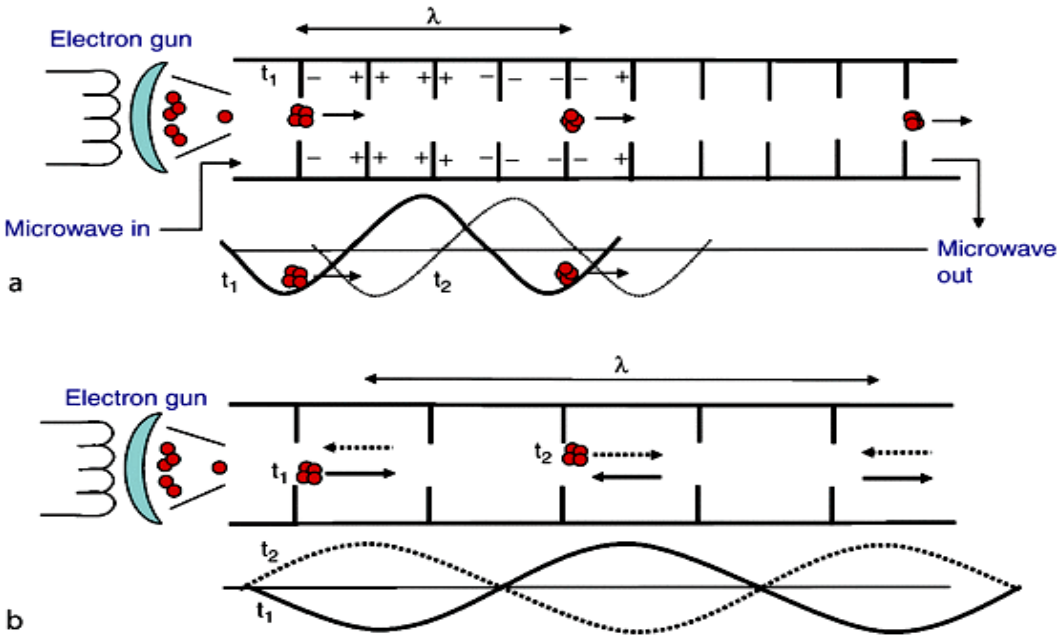
- دولاړي څپې ډيره ښه بيلگه دويولين موسيقي آلې Violin ته ورته ده چې دتارونودواړه اخري څوکې يې کلکې ټرلې وي خودمنځ برخه ښکته اوپورته اهتزازکوي. په پايله کې دموسيقي اوازمنځ ته راځي.
- که چېرته دولاړي څپې داهتزازپريود period اود فضاء يي خونې دمنځ څخه دالکترونودتيريدنې وخت ترمنځ هم غړي موجوده وي نو الکترونوته په هره دويمه فضاء يي خونه کې تعجيل ورکول کيږي.
- په تخنيکي ټراو اوسمهال دراډيو تراپي دوه ډوله خطي تعجيل کوونکو ماشينو نوځخه گټه پورته کيږي چې دهغوی ترمنځ دالکترونوتعجيل کوونکوجوړښتونه يودبل سره توپيرلري



۱۴- ۱۱ شکل : دولاړي څپې تعجيل کوونکي ماشين په منځ کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (دمايکروڅپې) برښنايز ساحې شيبه ايزاهتزازښه ښوول شوې ده. دولاړي څپې غوټې Nodes اوخيټه Antinode دمکان په ټراوپه خپل ځای ثابت پاتې کيږي خوداهتزازخيټه دوخت په ټراو داعظمي مثبت دامنې اواعظمي منفي دامنې ترمنځ اهتزازکوي.

.

په ۱۴- ۱۲شکل کې دمتحرکې څپې اودولاړي څپې تعجيل کوونکوماشينونودجوړښت اوکارکولوتوپيرښوول شوی دی



۱۴-۱۲شکل :

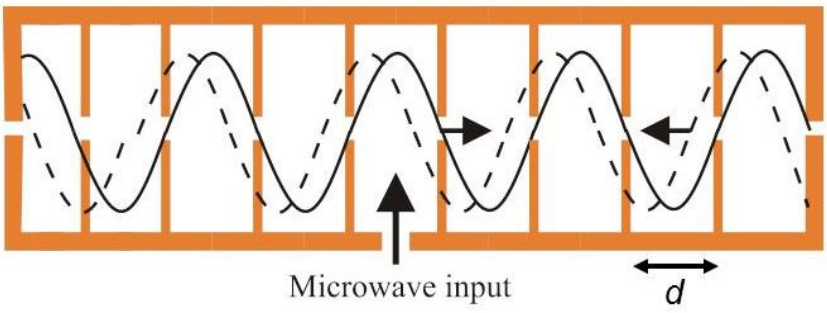
a) په پورتني شکل کې دمتحرکې څپې خطي تعجيل کوونکي ماشين دکارکولوکړنلاره ښوول شوې ده. دمتحرکې څپې شيبه ايزموقعيت دوخت t_1 اوخه موده وروسته t_2 په ترڅ کې دتعجيل کوونکي تيوب محورپه اوږدوکې ښوول شوی دی . دالکترونوسرچينې Electron gun څخه دالکترونويوبنډل راوځي اودمتحرکې مايکرو څپې په مټ دوخت t_1 اولړځه موده وروسته ،دوخت t_2 په ترڅ کې تعجيل ورکول کيږي. دالکترونوبنډل دحرکت خوا اودمايکروڅپې داهتزازخواپه وکټورونوښوول شوې ده.

b) په لاندې شکل کې دولاړوڅپوتعجيل کوونکي ماشين دکارکولوکړنلاره ښوول شوې ده. دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې لوړفرکونسي څپې لکه دمايکروڅپې ورننوځي چې دوخت په تړاوپه خپل ساکن ځای کې دوخت t_1 اولړځه موده وروسته ،دوخت t_2 په ترڅ کې اهتزازکوي اودانعکاس څخه وروسته t_2 ولاړې څپې توليدکيږي. دالکترونوسرچينې څخه دالکترونويوبنډل راوځي اودمايکروڅپې په فريکونس ساکنې څپې په مټ په شيبه ايزوخت t_1 او t_2 کې پرلپسې تعجيل ورکول کيږي. دالکترونوبنډل دحرکت خوا اودمايکروڅپې داهتزاخواپه وکټورونوښوول شوې ده.

دهرې دويمې فضاء يې خونې په منځ کې دڅپې غوټې Nodes پرتې دي اوله دې کبله هلته دالکترونوبنډل تعجيل نه مومي. داځکه چې په هره دويمه فضاء يې خونه کې برېښنايز ساحه صفرده. دانعکاس شوې څپې گراف دوخت په تړاو t_2 په پرې شووکرښوکښل شوې دي .

دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين اودمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين ترمنځ يواړين توپيردادی چې دولاړې څپې ماشين ته دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (دمايکروڅپې) دتعجيل کوونکي ټيوب په هرځای کې ورننوتلای ښي په داسې حال کې چې دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين کې دسرپه برخه کې ورننوځي اوبه په اخر برخه جذب کيږي.

دولاړې څپې ماشين گټه داده چې اوږدوالي يې دمتحرکې څپې ماشين په پرتله لنډدی.



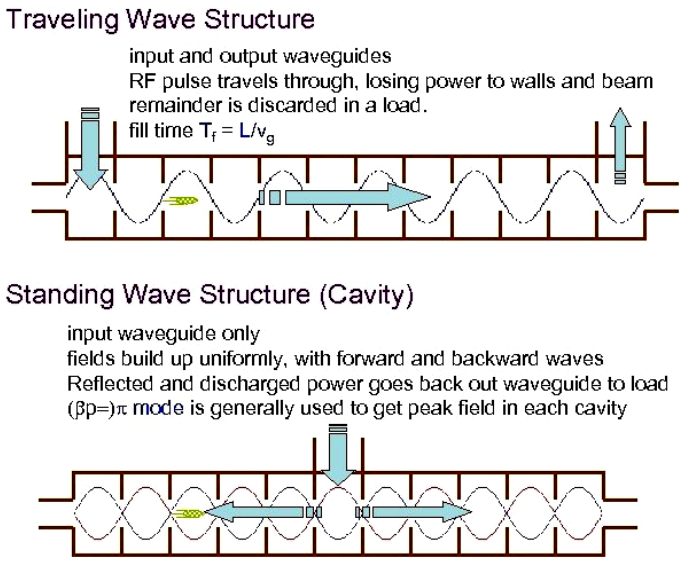
۱۴-۱۳ شکل : دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين ټيوب په منځ برخه کې مايکروڅپې microwaves input ورننوځي اود فضاء يې جوړښتونو په اوږدوکې خپريږي . دتعجيل کوونکي تيوب په اخر برخه کې دمايکروڅپې ډېرته انعکاس کوي چې دامنه يې په پرې شووکرښوکښل شوې ده . په پايله کې دمايکروڅپې ولاړې څپې يوځانګړی موډ mode منځ ته راځي چې په $(0;\ \pi - mode)$ ښوول کيږي .

✍ په پيل کې دالکترونوجريان دالکترونوسرچينې څخه راوځي Electron gun اودتعجيل کوونکي ماشين محورپه اوږدوکې دتعجيل کوونکوجوړښتونوپه منځ کې ښي خواته خپريږي اوپه لاره کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې په مټ تعجيل مومي . کله چې نوموړې څپې دتعجيل کوونکي ماشين تيوب اخرې جوړښت ته ورسيږي نو ډېرته بشپړ انعکاس کوي .

✍ راډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې دانعکاس څخه وروسته دتعجيل کوونکي ماشين په جوړښتونوکې دولاړې څپې په ډول اهتزازکوي چې گراف يې پرلپسې دغوټې Nodes اوخيټې Antinodes په بڼه شکل لري

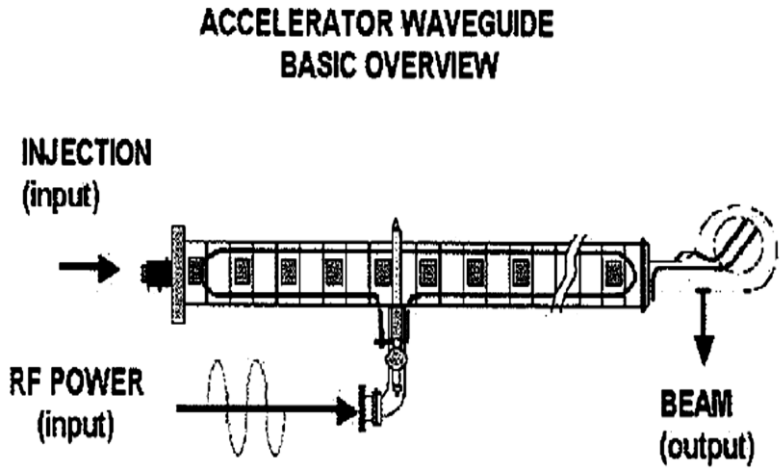
- دپر مخ تلونکې څپې forward wave او بېرته انعکاس شوې څپې backward wave دامنې ديوبل سره تداخل کوي.اوپه پايله کې $(0;\ \pi - mode)$ منځ ته راځي .

- دولاړوخپوتعجيل کوونکي ماشين Standing wave Accelerator بله ګټه داده چې په هره يوه فضاء يې خونه کې دالکترونوجريان دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې څخه انرژي ترلاسه کوي اوپه پايله کې تعجيل مومي . برسېره پردې دولاړې څپې ماشين بله ګته داده چې دتعجيل کوونکوجوړښتونواودماشين په ديوالونوکې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې دامنه او انرژي دومره نه ضايع کيږي لکه چې دمتحرکوخپوتعجيل کوونکي ماشين په تيوب کې چې ضايع کيږي



۱۴-۱۴ الف شکل : په پورتنۍ شکل کې دمتحرکې څپې خطي تعجيل کوونکي ماشين دکارکولوکړنلاره ښوول شوې ده. دنوموړي ماشين دسربرخې څپې انتقال کوونکي جوړښت ته (input waveguide) دراډيوفريکونس سرچينې څخه الکترومقناطيسي څپې ورننوځي اودتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې مخ په وړاندې حرکت کوي . په پايله کې دتعجيل کوونکي تيوب د اخري څپې انتقال کوونکي جوړښت output waveguide له لارې بهرخواته راوځي . دنوموړي ماشين نيمګړتياداده چې دالکترونوتعجيل کونکي تيوب په ديوالونوکې د بربښنايز غبرګون په اساس دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپوانرژي په لوړه کچه ضايع کيږي .

۱۴-۱۴ ب شکل : په لاندې شکل کې دولاړې څپو خطي تعجيل کوونکي ماشين دکارکولوکړنلاره ښوول شوې ده. دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين تيوب په منځ برخه کې مايکروڅپې microwaves input ورننوځي اودتعجيل کوونکو فضاء يې جوړښتونه په اوږدوکې شي خواته اوکيږ خواته خپريږي . دتعجيل کوونکي تيوب په اخر برخه کې دمايکروڅپې بېرته انعکاس کوي . په پايله کې ولاړې څپې توليدکيږي . ددې لپاره چې په هريوه تعجيل کوونکي جوړښت کې دولاړې څپې زوروره دامنه توليدشي نواړين ده چې دپای موډ $(0;\ \pi - mode)$ څخه ګټه پورته کړو.



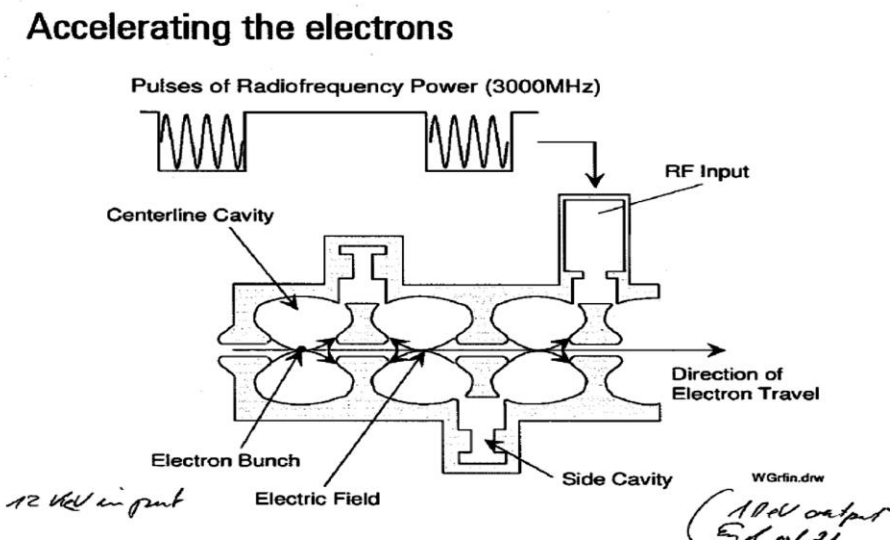
۱۴- ۱۵ شکل : دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين شيماتيک بڼه ښوول شوې ده. دپام وړه چې لوړفريکونس مايکروڅپې RF power دتعجيل کوونکي ټيوب ته په مرکزي برخه کې ورننوځي.

دکلايسترون klystron جنراتور څخه دمايکروڅپې راوځي چې فريکونسي يې (3 GHz) دی اودڅپوهادي جوړښت waveguide په مټ دالکترونوتعجيل کوونکي ماشين تيوب منځ برخې ته ورننوځي . ورپسې مايکروڅپې دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې دمتحرکې څپې په توګه خپريږي Accelerating tube او دتعجيل کوونکي ټيوب په اخر اوسر برخه کې پرلپسې انعکاس کوي . دپر مخ تلونکې څپې forward wave او بېرته انعکاس شوې څپې backward wave دامنې ديوبل سره تداخل کوي . نوموړې دواړه ډول څپې د پينځومايکروثاينو 5 microsecond په ترڅ کې سل ځله دتعجيل کوونکي دسر او اخر برخې په منځ کې انعکاس کوي .

دراډيوفريکونس څپې پلسونه pulses چې فريکونس يې 3 GHz قيمت لري دهرو پينځومايکروثاينوڅخه وروسته دتعجيل کوونکي ماشين يوه جوړښت ته ورننوځي RF input اودتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې دانعکاس څخه وروسته ولاړې څپې توليدکوي . دتعجيل کوونکي تيوب کينې خواڅخه دالکترونوجريان يوبنډل Electron Bunch دانجکټرپه مټ ورداخل کيږي اودمرکزي فضاء يې خونو Centerline Cavity په منځ داخلي برخه کې دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې برېښنايز ساحې Electric Field په مت دنوموړي تيوب ښي خواته تعجيل مومي Direction of Electron Travel .

دپام وړه چې دتعجيل کوونکي تيوب شاخواته ايستل شوو فضاء يي خونوکې Side Cavity دالکترونوجريان Bunch بنډل تعجيل نه مومي .

که چېرته د فضاء يي خونوابعادو اودمايکروڅپې طول ترمنځ مناسب قيمتونه وټاکل شي نو په پايله کې د تعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې يوه ولاړه څپه توليدکيږي چې دامنه amplitude يې دځانګړې څپې په پرتله دوه چنده شدت لري . دولاړې څپې داهتزازخيټه اوداهتزازغوټه دمکان په تابع سره په خپل ځای کې ثابت موقعيت لري. خوداهتزازخيټه دوخت په تړاو داعظمي مثبت دامنې اواعظمي منفې دامنې ترمنځ اهتزازکوي.

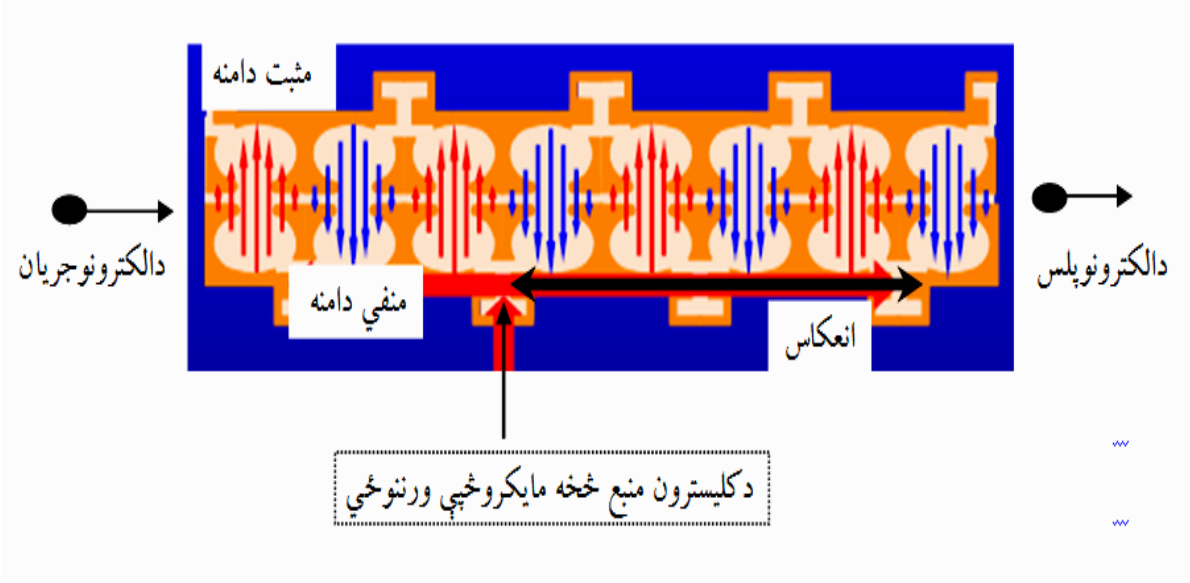


۱۴- ۱۶شکل : دولاړي څپې تعجيل کوونکي ماشين د فضاء يي خونويوه برخه شوول شوې ده چې دالکترونوبنډل Bunch ته دمايکروڅپې (3GHz) په مټ تعجيل ورکول کيږي .

دياډولووخبره خوداده چې که دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې په ټاکلي شمېر لکه N-Cavities فضاء يي تشې خونې موجودې وي نو په همغه اندازه موډونه N-modes هم منځ ته راځي. هريوموډخپل ځانګړي فريکونسي f_n اود برېښنايز څپې ځانګړي بڼه لري. ديوې فضاء يي خونې Cavities څخه بلې فضاء يې خونې پورې د فاز توپيرموجودوي. دولاړوڅپوتعجيل کوونکي ماشين کې د ريزونانس فضاء يي خونې پرلپسې په ځنځيرې بڼه يوپه بل پسې ترلې دي چې په ټاکل شوی ريزونانس موډ resonant mode کې کارکوي.

د بېلګې په توګه که چېرته نهه فضاء يې تشې خونې Cavities موجودې وي نوکولای شوچې په نهه ډوله الکترومقناطيسي موډونو modes باندې نوموړې خونې تحريک کړواوپه پايله کې چارج شووبځرکوته تعجيل ورکړو. که چېرته اوس دبهرخواڅخه دکلايسترن مايکروجنراتور په مټ دمايکروڅپې تحريک کوونکي فريکونس داسې وټاکو چې د فضاء يې تشې خونې Cavities دنهو موډونو څخه ديوه موډ فريکونسي سره هم غږی وي نوکولای شوچې دهمدغه ټاکلي فريکونسي په کارولو سره چارج شووبځرکوته تعجيل ورکړو.

په ۱۴- ۱۷ شکل کې دولاړي څپې طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين ټيوب تخنيکي جوړښت ښوول شوی دی .

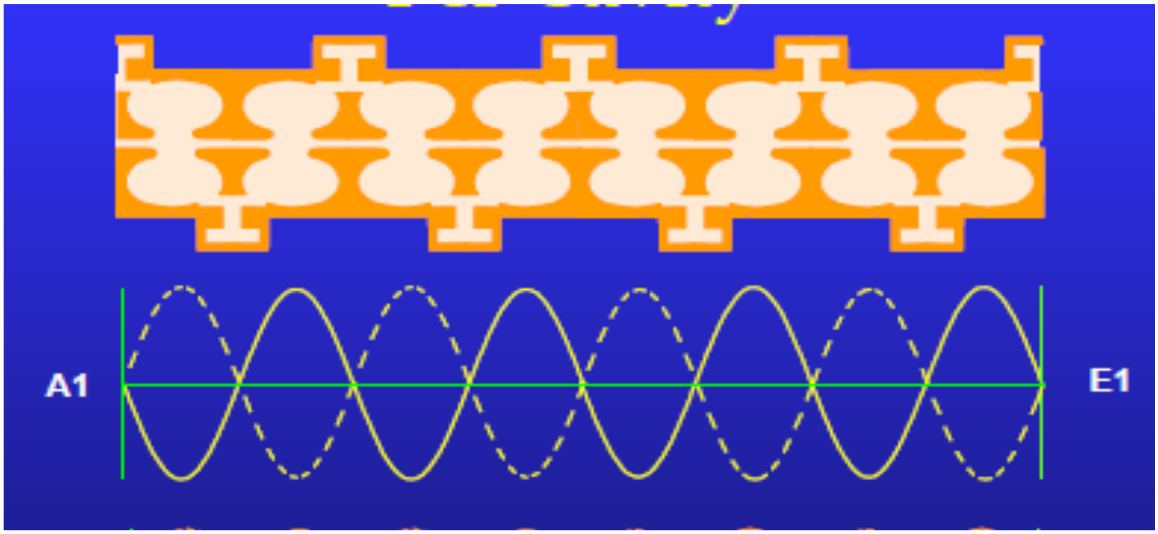


۱۴- ۱۷ شکل : دولاړي څپې طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين تيوب دنښتو ريزونانس فضاء يي خونو coupled resonant cavities په منځ کې دمايکروڅپې برېښنايز ساحې اهتزازشيبه ايزښه ښوول شوی ده .

- په لومړي گام کې دکلايسترن klystron منبع څخه دمايکروڅپې راوځي اودڅپوهادي جوړښتونو waveguide په مټ د عرضي برېښنايز ساحې موډ TE10 په توگه دتعجيل کوونکي ټيوب مرکزې برخې ته انتقال کيږي. د عرضي برېښنايز ساحې موډ TE10-mode(Ez = 0; Mz ≠ 0) يوه ولاړه څپه ده چې عرضي برېښنايز ساحه Ez = 0 يې صفرده او طولي مقناطيسي ساحه Mz ≠ 0 يې خلاف دصفرده .

- په دويم گام کې کله چې د عرضي برېښنايز ساحې موډ TE10 دتعجيل کوونکي ټيوب مرکزي برخې ته ورننوځي نوهلته دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې دمايکروڅپې عرضي مقناطيسي ساحې موډ TM01-mode په توگه خپريږي. داهتزازنوموړي موډ TM01-mode (Mz = 0; Ez ≠0) يوه ولاړه څپه ده چې عرضي مقناطيسي ساحه Mz = 0 يې صفرده او طولي برقی ساحه Ez ≠0 يې خلاف دصفرده .

- په پايله کې دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې يوه ولاړه څپه منځ ته راځی چې دوخت په تړاواهتزازکوي. د برېښنايز ساحې اهتزازدامنه په ښکته خواوپورته خواوکټورونوکښل شوې ده. دگاونډيو فضاء يي خونوداهتزازدامنې ديوبل سره مخالف جهت لري . دمثبت اومنفي دامنې ترمنځ کوچنی فضاء يي خونه کې دمايکروڅپې برېښنايز ساحه صفرده . داڅکه چې هلته دولاړي څپې غوټې پرتې دي

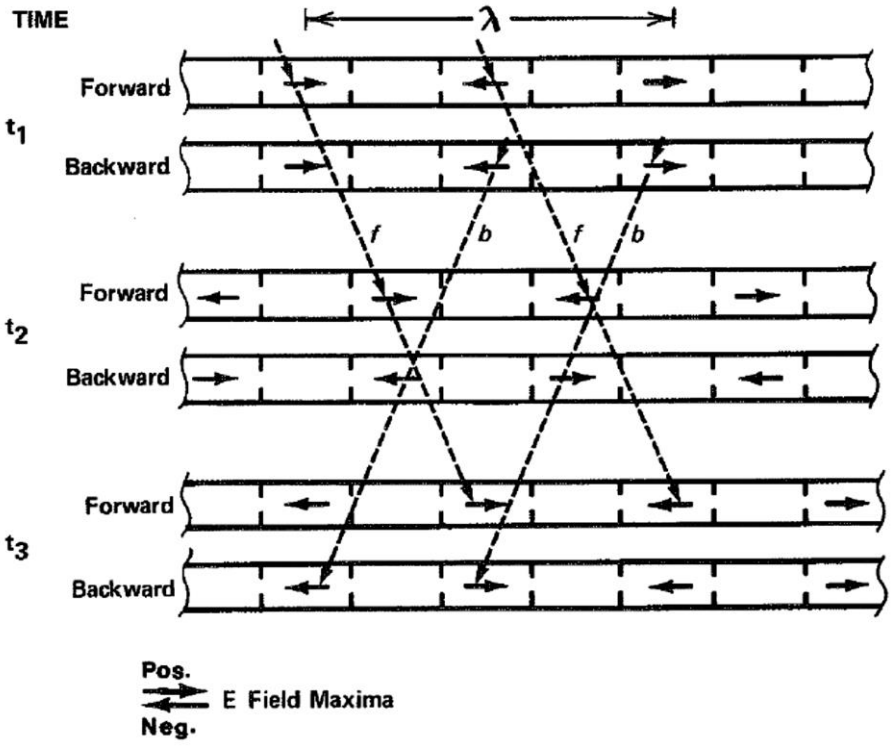


۱۴- ۱۸شکل : دتعجيل کوونکو فضاء يي خونو Cavities محورپه اوږدوکې دولاړي برېښنايز ساحې E داهتزازدامنه ښوول شوې ده. دسايډوله برېښنايز ساحې پرې شوې کرښې څه موده وروسته داهتزازښه رابښي. دولاړي څپې داهتزازدامنه دمکان په تړاوثابت پاتې کيږي خودوخت په تړاومثبت خواته اومنفي خواته اهتزازکوي. دهرې فضاء يي خونې طول دمايکروڅپې څلورمې برخې طول په اندازه ټاکل کيږي ترڅواغيزمن تعجيل صورت ونيسي .

- په درېيم گام کې دالکترونو پلسيزجريان دانجکټر Injector په مټ دکينې خواڅخه دتعجيل کوونکي ماشين سربرخې ته ورننوځي. څرنگه چې دتعجيل کوونکي ټيوب په لومړی فضاء يي خونه Cavity کې دمايکروڅپې مثبت دامنه برقرارشوي ده نوله دې کبله دالکترونوجريان مخ په وړاندې تعجيل مومي. ورپسې دغوټې لرونکي کوچنی فضاء يي خونې څخه ($E_z = 0$) په ثابت سرعت تيريږي چې هلته دولاړي څپې غوټه Node شتون لري اوگاونډی فضاء يي

خونې ته ورننوځي . په همدې ترڅ کې دمایکروڅپې فریکونس داسې تغیرکوي چې په ګاونډی فضاء يې خونه کې دمنفي دامنې پرځای مثبت دامنه منځ ته راشي . په پایله کې دالکترونوجریان یوځل بیاتعجیل مومي . نوموړې کړنلاره په نورو فضاء يې خونو Cavities کې همداسې درواخله.

- که چېرته دمایکروڅپې داهتزازپریود Period اودانجکټر Injector په مټ دالکترونوپلس مودې ترمنځ هم غږي موجوده وي نوپه هره فضاء يې خونه کې الکترونونه انرژي ترلاسه کوي. د بېلګې په توګه که چېرته دالکترونوپلس موده دمایکروڅپې داهتزازپریود period څلورمه برخه وي $t = \frac{1}{4}T$ ،نو په نوموړی حالت کې دهرې فضاء يې خونې Cavity په منځ برخه کې دمثبت چارجونوویش یوخوا اودمنفي چارجوونویش بلخواداسې اعیارکیږي چې دبهرنی تحریک کوونکې مایکروڅپې فریکونسي 3 GHz سره په هم غږي کې تغیرکوي . کله چې نوموړی شرط پوره شي نودریزونانت Resonant حالت منځ ته راځي. همدالامل دی چې دانجکټر Injector په مټ دالکترونوپلسیزجریان یوخوا اودکلایسټرون Klystron سرچینې څخه راوتونکې مایکروڅپې بلخوادواړه په یوه وخت کې دتعجیل کوونکي ټیوب منځ برخې ته ورننوځي نوپه پایله کې دهغوی ترمنځ هم غږي منځ ته راځي .



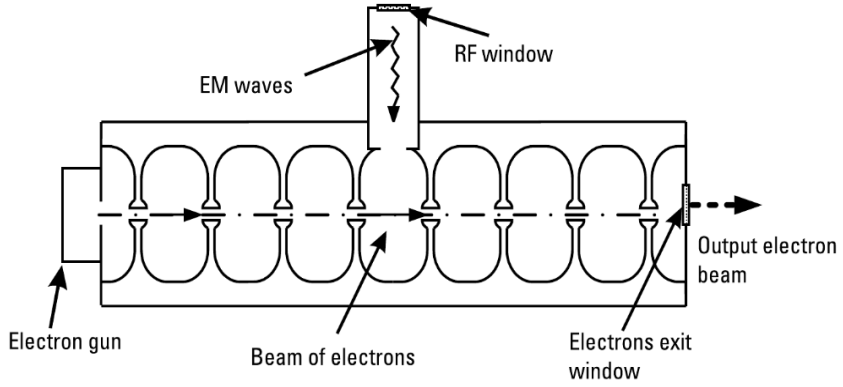
۱۴- ۱۹شکل : دولاړې څپې طبي تعجیل کوونکي ماشین په جوړښتونوکې دراډیوفریکونس څپې برېښنایز ساحې داهتزازبنه اوځایز ویش ددریوپرلپسې شیبه ایزوختونو $t_1;t_2;t_3$ په ترڅ کې ښوول شوې ده. ښي خواته دپرمخ تلونکې forward اوکین خواته دانعکاس شوي backward برېښنایز څپې اعظمي دامنه E Field Maxima په خپل وارسره په مثبت خواوکټوراوپه منفي خواوکټور کښل شوی ده.

په ۱۴- ۲۱ شکل کې دولاړې څپې تعجیل کوونکي ماشین تیوب ښوول شوی دی چې دیوسلسله تشومایکروڅپو ریزونانت فضاء يې خونو (Microwave Resonant Cavities) څخه جوړدی .

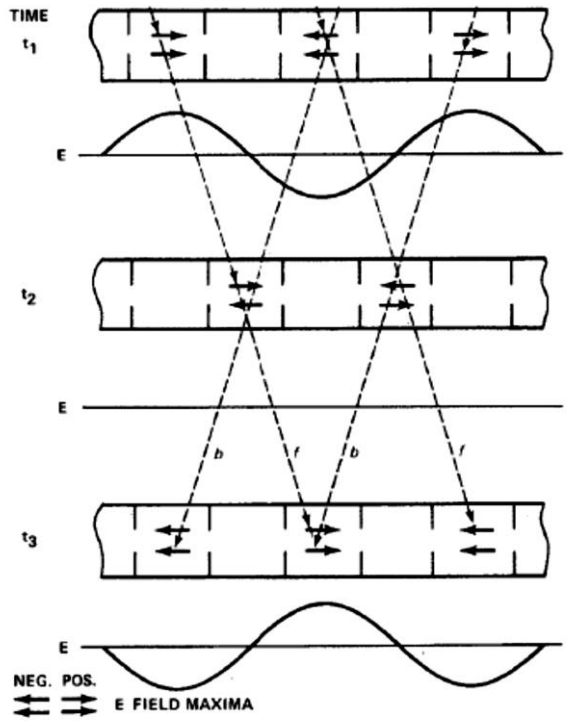
- په تشو فضاء يي خونوکې ولاړې څپې په ريزونانس راوستل کيږي . نوموړې کړنلاره هغه مهال منځ ته راځي کله چې دتشې فضاء يي خونې ريزونانس فريکونس دمايکروځپې تحريک کوونکی فريکونس 3 GHz سره بيخې همغاړی "tuned" شي . په پايله کې د ريزونانس کړنلارې له امله دمايکروځپې ډيره زوروره برېښنايز ساحه منځ ته راځي . د برېښنايز ساحې دامنې شدت لږځه دوه سوه کيلوولټ دی 200 kV

- د ريزونانس شرط هغه مهال پوره کيږی کله چې دتعجيل کوونکو فضاء يي خونوطول دمايکروځپې طول څلورمه $\frac{\lambda}{4}$ برخه وټاکل شي. کله چې د ريزونانس حالت منځ ته راشي نودتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې دچارجونوويش داسې اعيارکيږي چې دمايکروځپې فريکونس سره په هم غږی کې تغيرکوي.

دمايکروځپې فريکونس درې ګيګاهرځ دی چې دځپې طول يې لس سانتې متره کيږي.



۱۴- ۲۱ شکل : دولاړې څپې تعجيل کوونکي ماشين فضاء يي خونې Cavities ښوول شوې دي چې لوړفريکونسي الکترومقناطيسي څپې EM waves ورننوځي اوالکترون جريان Beam of electrons ته تعجيل ورکوي . دالکترونوتوپک Electron gun څخه الکترونونه راوځي اوتعجيل کوونکو فضاء يي خونوته ورننوځي . دالکترونوجريان دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې تعجيل مومي اودخروج کړکۍ Exit window څخه بهرخواته راوځي . (45)



۱۴- ۲۰ شکل : ددريوپرلپسې شيبه ايزوختونو $t_1;t_2;t_3$ په ترڅ کې دولاړې برېښنايز محصله ځپې داهتزازاعظمي دامنه مثبت خوا ⇉ اومنفي خوا ⇇ په غبرګووکټورونو کښل شوی دی . په لومړی شيبه t_1 کې يوه سايډول څپه دتعجيل کوونکي ټيوب په منځ کې توليدکيږي چې برېښنايز دامنه يې دوه چنده ده اومثبت خواته اهتزازکوي. په دويمه شيبه t_2 کې د برېښنايز ساحې دامنه صفرکيږي داځکه چې دپرمخ تلونکې اوپه شاتلونکې (انعکاس) څپې دامنې يودبل سره تداخل کوي اوپه پايله کې محصله دامنه صفرکيږي. په همدې فضاء يې خونه کې د برېښنايز ساحې غوټې Nodes منځ ته راځي. په دريمه شيبه کې t_3 سايډوله برېښنايز ساحه E دلومړی شيبې په پرتله برخلاف منفي خواته اهتزازکوي اوپه خپل وارسره په مثبت خواوکټوراوپه منفي خواوکټور کښل شوی دی. دپرمخ تلونکې څپې f اعظمي مثبت دامنه اودانعکاس شوې څپې b منفي خوااعظمي دامنه دتداخل څخه وروسته ولاړې څپې توليدکوي .

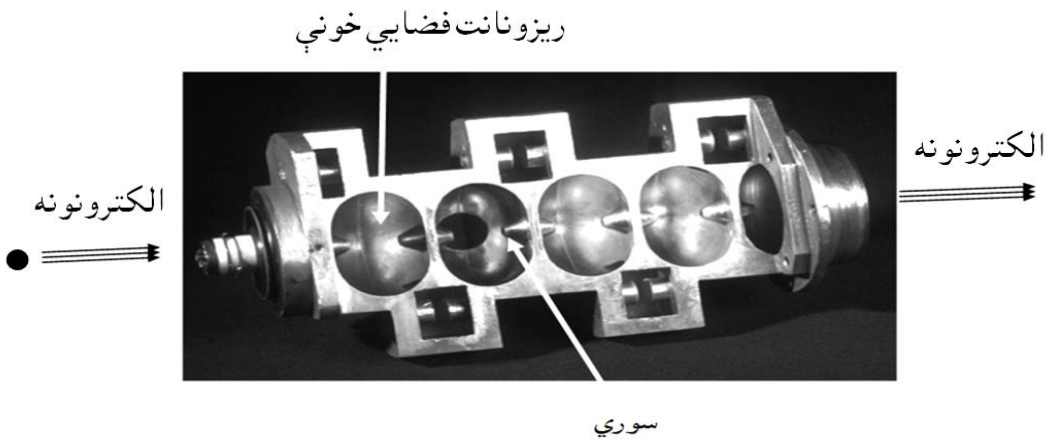
دپام وړ :

الکترونونه بايدپه تعجيل کوونکو فضاء يې خونو Cavities کې هغه مهال شتون ولري کله چې هلته دمايکروڅپې برېښنايز ساحه بشپړخپره شي او خپل مثبت اعظمی قيمت ته ورسيږي . يوازي په نومورې حالت کې دالکترونوترټولومساعدتعجيل کړنلاره ترلاسه کيدلای شي.

- څرنګه چې دپرمخ تلونکې مايکروڅپواودانعکاس شوې مايکروڅپې دامنې سره جمع کيږي نوله همدې لا مله دولاړې څپې تعجيل کوونکی تيوب دمتحرکې څپې تعيجيل کوونکي تيوب په پرتله دوه چنده برېښنايز ساحې شدت لري
- بلخوادولاړې څپې تعجيل کوونکي تيوب په هره دويمه فضاء يې خونه کې برېښنايز ساحه دتل لپاره صفروي . د ساري په ډول که چېرته په لومړی تشه فضاء يې خونه کې دځپې مثبت اعظمي دامنه وي نوپه په دويمه فضاء يې خونه کې برېښنايز ساحه صفرده اوپه درېيمه ګاونډی فضاء يې خونه کې منفي دامنه موقعيت لري . په ټولوهغو فضاء يې خونوکې چې برېښنايز ساحه صفرده هلته دمايکروڅپې غوټيNode پرتې دي . څرنګه چې دولاړې څپې تيوب په هره دويمه رېزونانس تشه فضاء يې خونه کې برېښنايز ساحه $E = 0$ صفرده اودلته الکترونونه تعجيل نه مومي، نوله همدې لا مله هره دويمه فضاء يې خونه دتعجيل کوونکي تيوب محورڅخه دشا بهرخواته ايستل کيږي .
- دنومورې تخنيکي کړنلاري په کارولوسره ديوې خوا دتعجيل کوونکي تيوب طول آن ترنيمايي پورې کوچنی کيږي اودبلې خواڅخه کله چې الکترونونه دمحورپه برخه کې دهرې رېزونانس تشې فضاء يې خونې څخه تيريږي نوهلته دبرقي ساحې مثبت دامنه وينې اوله همدې لا مله تعجيل مومي. د ساري په ډول دولاړې څپې تعجيل کوونکي تيوب طول د سل سانتي متر څخه نه اوړي چې دالکترونوانرژي يې شل ميګاالکترون ولټ 20 MeV وي . په بله معنی په يوه مترکې دبرقي ساحې شدت 20 MeV/m دی .

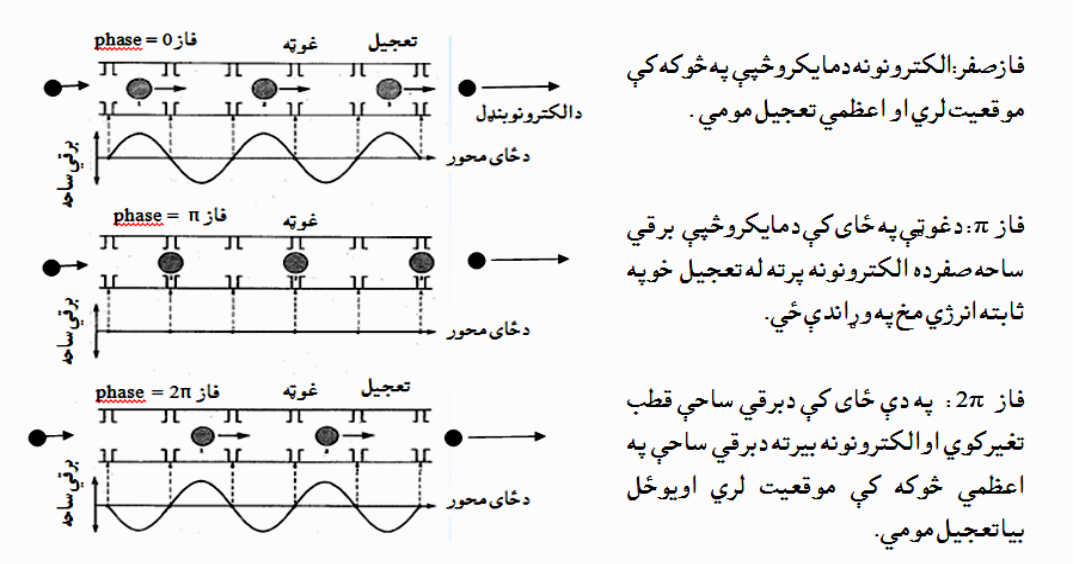
ددې لپاره چې دتعجيل کوونکي تيوب اوږدوالی لانورهم لنډشي نو په تخنيکي تړاوديوې ډيرې اغيزمنې طريقې څخه ګټه پورته کيږي . په دې معنی چې ټولې هغه رېزونانس تشې فضاء يې خونې چې هلته دمايکروڅپې برېښنايز ساحه صفرقيمت لري($E(Z) = 0$) دتعجيل کوونکي تيوب محورشا خواته راوه ايستل شي .

په ۱۴- ۲۲ شکل کې نومورې تخنيکی کړنلاره عملي شوې ده .



سوري

۱۴-۲۲ شکل : دولاړي څپې شپږمیګاالکترون ولټ 6 MeV linac خطي تعجیل کوونکی تیوب ښوول شوی دی چې دځلورتعجیل کوونکوتشې فضاء يي خونوaccelerating cavity اوپینځه نښلوونکو فضاء يي خونو coupling cavity څخه جوړدی. د رېزونانس تشې فضاء يي خونې دمحورپه اوږدوکې پرې شوې بڼه لري . دپام وړده چې هغه فضاء يي خونې چې هلته دمایکروڅپې بربښنایز ساحه صفرده coupling cavity دمحورشا خواته ایستل شوې دي . دکینې خواڅخه الکترونونه دالکترونوتوپک electron gun په مټ لومړی رېزونانس تشې فضاء يي خونې ته ویشتل کیږی اودځلورو فضاء يي خونومحورپه اوږدوکې دمایکروڅپې په واسطه تعجیل مومي. دټولو فضاء يې خونو په مرکزي برخه کې یوسوری شتون لري چې الکترونونه دتعجیل کوونکي تیوب څخه سم سیخ بهرته راوځی اوپه هدف x-Ray Target باندې لګیږي. ددویمې فضاء يي خونې له لارې دځنګ خواڅخه تعجیل کوونکي تیوب ته دمایکروڅپې ورننوځي (RF input) اوالکترونوته تعجیل ورکوي .

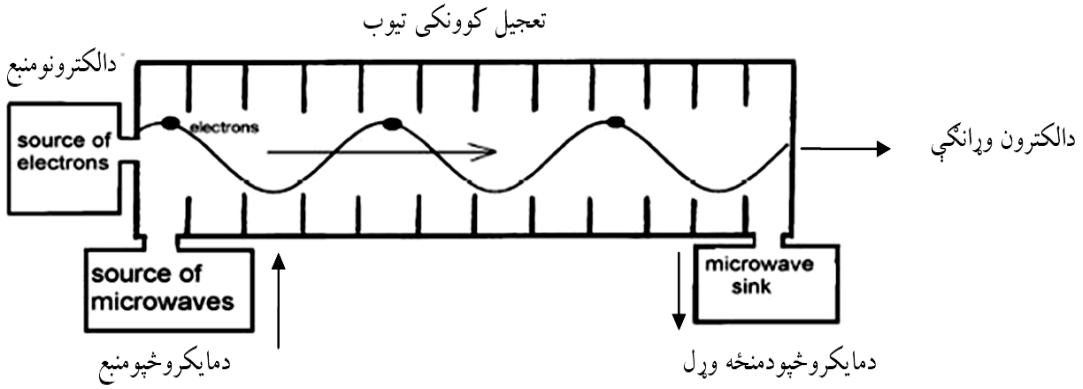


۱۴-۲۳ شکل : دولاړي بربښنایز څپې تعجیل کوونکي ماشین تیوب په اوږدوکې دبرقي ساحې شدت د توپیرلرونکو فاز phase لکه $(0.\pi; 2\pi)$ لپاره ښوول شوې دی . دساین ډوله مایکروڅپې په مټ دالکترونوبنډل په هره دویمه فضاء يي خونه کې تعجیل مومي . دالکترونوبنډل Electron Bunch په توره دایره اودحرکت سمت يې په وکټور → ښوول شوی دی .

دمتحرکې څپې خطي تعجيل کونکی ماشين :

(Travelling wave linear accelerator)

په ۱۴- ۲۴ شکل کې دمتحرکې څپې خطي تعجيل کونکي ماشين شيماتيک بڼه ښوول شوې ده. نوموړی ماشين دالکترونوسرچينې source of electrons، دلوړفريکونسی 3GHz مايکروڅپې سرچيني klystron اوديوسلسله ډيسک ډوله تعجيل کوونکو جوړښتونو (Disk loaded wave guide) څخه جوړدی .

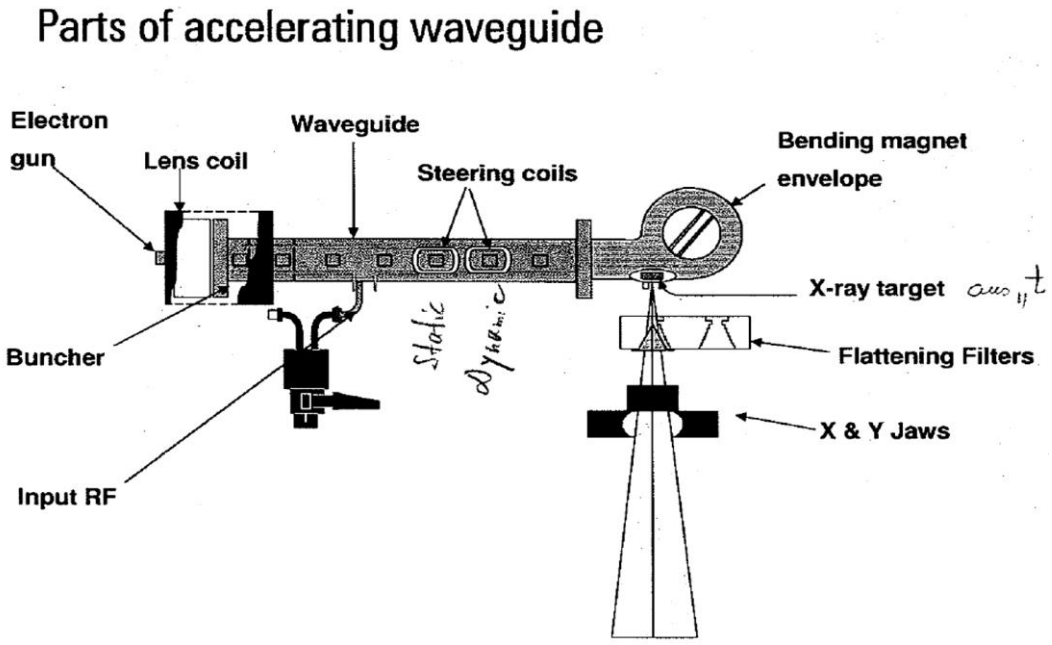


۱۴- ۲۴ شکل : دمتحرکې څپې خطي تعجيل کوونکي ماشين په ډيسک ډوله جوړښتونو کې دالکترونوبنډل حرکت سمت ښوول شوی دی . دالکترونوبنډل دمتحرکې څپې په څوکه سپوردی اودواړه په هم غږی کې ښي خواته حرکت کوي.

دنوموړي ماشين دکارکولوکړنلاره په لاندې ډول ده.

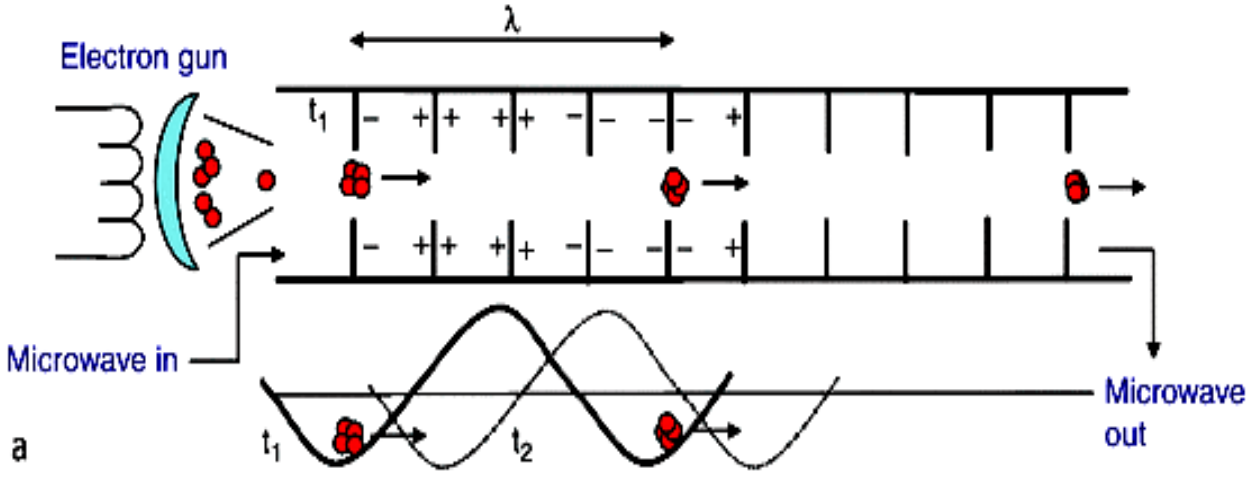
- په لومړي ګام کې دکلايسترن klystron منبع څخه لوړفريکونسي مايکروڅپې 3GHz راوځي اودځلورکونجه څپو انتقال کوونکي waveguide په مټ دتعجيل کوونکي ټيوب سربرخې Buncher Cavity ته ورننوځي.
- په دويم ګام کې دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې دمايکرومتحرکې څپې د عرضي مقناطيسي ساحې موډ TM01 په توګه خپريږي .خو کله چې دمايکرومتحرکې څپې دتعجيل کوونکي تيوب اخر برخې ته ورسيږي نوهلته داوهم ohm مقاومت په واسطه (resistive load) جذب کيږي اويادا چې دتيوب په اخر برخه کې د څنګ خواته بېرته راوځي .دمتحرکې څپې دحرکت سمت په وکټور ښوول شوی دی.
- په دريم ګام کې همزمان دانجکټرInjector سرکټ په مټ د انودالکترود(+) anode او دکتود Cathode ترمنځ پلسيز ولټيج pulsing voltage په کارپيل کوي اودالکترونوپلسيزجريان د انودالکترود(+) anode Anode سوري له لارې دتعجيل کوونکي تيوب سربرخې ته ورشړي يعنې تزريق (injection) کوي.
- دتعجيل کوونکي تيوب په لومړی فضاء يې خونه کې Buncher Cavity دمايکروڅپې يوخوا اودالکترونوپلسيزجريان بلخواپه يوه وخت کې سره يوځای کيږی.
- دتعجيل کوونکي ټيوب په لومړی برخه کې چې دبنچر Buncher Cavity په نوم يادېږي دالکترونوپلسيزجريان په يوه بنډل اوړی electron bündling اودمتحرکې مايکروڅپې برېښنايز ساحې څخه انرژي ترلاسه کوي.
- دتعجيل کوونکي ټيوب په دويمه برخه کې دمتحرکې مايکروڅپې فاز سرعت په هره فضاء يې خونه کې پرلپسې ډيرښت مومي . څرنګه چې دالکترونوبنډل دمتحرکې مايکروڅپې برېښنايز ساحې E سره يوځای په لړځه مساوي سرعت $V_{wave} \approx V_{particle}$ حرکت کوي نوله دې کبله دالکترونوبنډل دمتحرکې مايکروڅپې څخه انرژي ترلاسه

کوي اود فضاء يي خونوپه اوږدوکې پرلپسې تعجيل مومي. په پايله کې دالکترونوبنډل دمايکروڅپې سره په هم غږی کې دتعجيل کوونکي تيوب تر اخر ه پورې دلږڅه نورپه سرعت حرکت کوي .



۱۴- ۲۵ شکل : دمتحرکې څپې طبي تعجيل کوونکې ماشين بنسټيزتخنيکي جوړښت کښل شوی دی .

دمتحرکې څپې خطي تعجيل کونکی تيوب دمسوفلزڅخه جوړدی او طول يي په دې پورې اړه لري چې په کومه اندازه اعظمي انرژی ته اړتياشته ده . په عادي صورت کې دنوموړي تيوب طول ديومترڅخه ترپنځه متره پورې رسيږي . د تعجيل کوونکي تيوب منځ برخه په يوسلسله سورې لرونکو رېزونانس تشې فضاء يي خونو microwave resonance cavities ډک شوی دی چې د متحرکې مايکروڅپې په مټ دالکترونوبنډل ته تعجيل ورکوي .



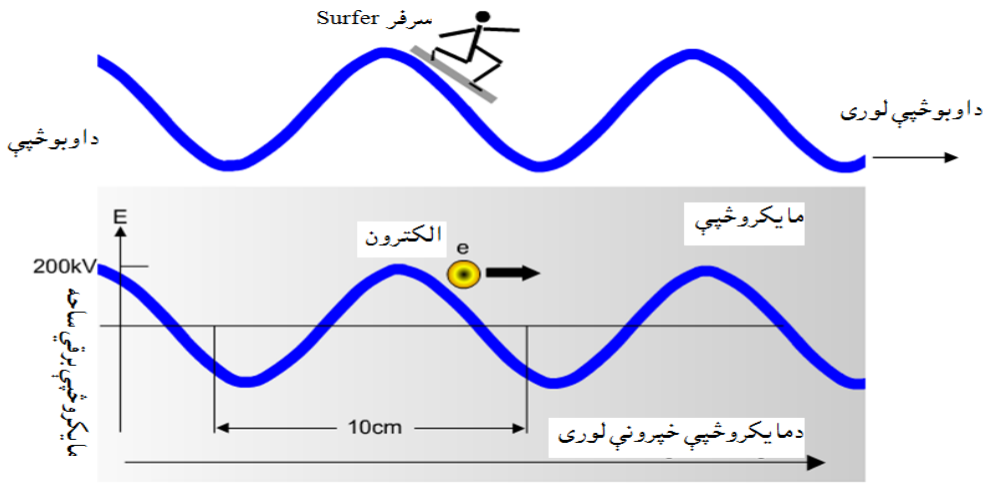
۱۴- ۲۶شکل : دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين ډيسک ډوله فضاء يي خونوپه منځ کې دمثبت اومنفي چارجونوشيبه ايزويش ښوول شوی دی چې دمتحرکې مايکروڅپې برېښنايز ساحې E_z داغيزې پر اساس منځ ته راځي. په لاندې برخه کې ددووشيبه ايزوختونو t_1 او t_2 لپاره دمتحرکې مايکروڅپې موقعيت ښوول شوی دی چې د ښي خواڅخه کيڼې خواته حرکت کوي اودالکترونويوبنډل ته تعجيل ورکوي.

دمتحرکې څپې خطي تعجيل کونکی تيوب دمايکروځپوپه طول λ داسې وېشل شوی دی چې دمايکروځپې په هريوه طول $\lambda = 10\ cm$ کې څلور ربړونانس تشې فضاء يي خونې منځ ته راځي . په نوموړي شکل کې دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي تيوب فضاء يي خونو يوه برخه ښوول شوی ده چې دمايکروځپو يوه طول $\lambda = 10\ cm$ سره سمون خوري .

دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي تيوب محور z په اوږدوکې دمتحرکې مايکروځپې بربښنايز ساحه E_z داسې اهتزازکوي چې په هره څلورمه فضاء يي خونه کې دانجکټرپه مټ تزريق شوو الکترونوبنډل ته تعجيل ورکولای شی .

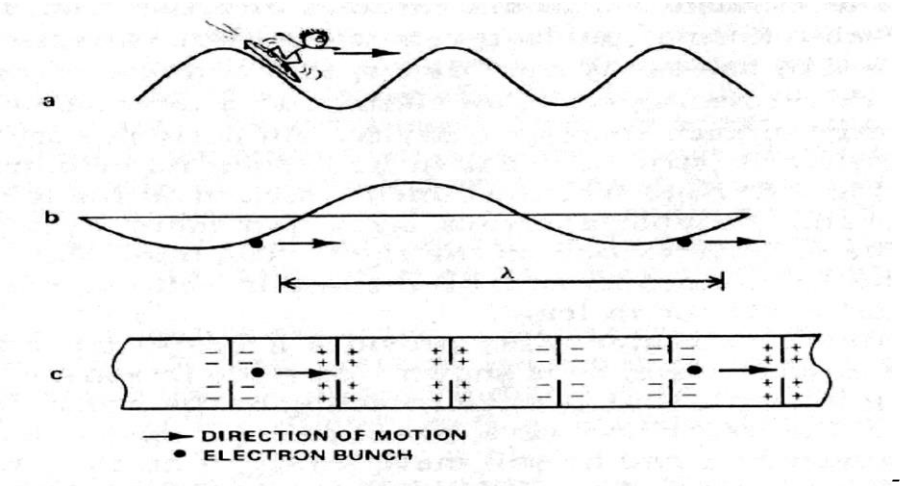
دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين کې دالکترون يوبنډل electron bunch ته دمايکروځپې په مټ کټ مټ داسې تعجيل ورکول کيږي لکه چې داوبومتحرکې څپې په مټ يوه سرفرSurfer ته تعجيل ورکول کيږي .

په ۱۴-۲۷ شکل کې داوبومتحرکې څپې اودمتحرکې مايکروځپې ترمنځ ورته والی اوشباهت ښوول شوی دی .



۱۴-۲۷ شکل : داوبومتحرکې څپې اودمايکرومتحرکې څپې ترمنځ ورته والی ښوول شوی دی . په پورته شکل کې يو سرفرSurfer داوبوځپوځوکې ته نږدې په ځوړبرخه کې ولاړ دی اوپه لاندني شکل کې يوالکترون دمايکرومتحرکې څپې څوکې ته نږدې ځوړبرخه کې موقعيت لري . لکه څنګه چې يوسرفرداوبوځپې په مټ تعجيل مومي او ښي خواته حرکت کوي په همدې توګه يوالکترون e هم دمايکروځپې بربښنايز ساحې په مټ تعجيل مومي او ښي خواته حرکت کوي.

نوموړي کړنلاره هغه مهال شونې ده کله چې يوالکترون فضاء يي خونې ته په يوه داسې وخت کې ورننوځي چې هلته دمايکرومتحرکې څپې مساعد فاز phase سره مخامخ شي اوپه پايله کې تعجيل ومومي



۱۴- ۲۸ شکل : a) دمتحرکې مایکرو څپې تعجیل کوونکي ماشین دکارکولوطریقه ښوول شوې ده . داوبویوه څپه کښل شوې ده چې دځپې په ځورځوکه یو سرفر Surfer ولاړدی او ښي خواته یې دځان سره انتقال کوي . لکه څنګه چې داوبوځپوپه مټ یوسرفر Surfer ته تعجیل ورکول کیږي همدارنګه کټ مټ دالکترونویوبنډل ته هم دمتحرکې مایکرو برېښنایز څپې په مټ تعجیل ورکول کیږي.

b) دمتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین محور Z په اوږدو کې دمایکروڅپې ساینډوله برېښنایز ساحې مثبت اومنفي دامنې (Ez- ; Ez+) شببه ایز اهتزازبڼه ښول شوې ده . دمایکروڅپې برېښنایز ساحې Ez- منفي اعظمي دامنې ځوکې ته ورنږدې ښي خواته دالکترونوبنډل موقعیت کټ مټ دیوه سرفرSurfer موقعیت سره ورته دی چې داوبوپه څپه سپوروي او ښي خواته حرکت کوي. دالکترونوبنډل په تورټکي اودحرکت سمت یې په ښي خواوکټورکښل شوی دی.

c) د رېزونانس فضاء یې خونوپه ښي خواوکین خوادیوالونوکې د برېښنایز چارجونوشیبه ایزوېش ښوول شوی دی چې د متحرکې مایکرو طولي څپې برېښنایز ساحې (Ez- ; Ez+) اغیزې پر اساس منځ ته راځي .دلومړی اوځلورمې فضاء یې خونې په کین خوادیوال کې منفُي چارجونه دالکترونوبنډل مخ خواته ټیله کوي اود ښي خوادیوال مثبت چارجو نه دالکترونوبنډل ځانته راکش کوي. په پایله کې دالکترونوبنډل ښي خواته حرکت کوي چې په یوه وکټور(⟶ ●) ښوول شوی دی . دمایکرو برېښنایز څپې په یوه اوږدوالي λ کې ځلور فضاء یې خونې cavities شتون لري.

کله چې متحرکه مایکرو برېښنایز څپه $(3\ GHz\ ; \lambda = 10\ cm)$ دتعجیل کوونکي ټیوب سربرخې ته ورننوځي نود فضاء یې خونوپه داخلي سطحه کې دمایکروڅپې برېښنایزساحې اغیزې influence له کبله مثبت چارجونه یوخواته اومنفي چارجونه بلخواته ددداخلي سطحې په اوږدوکې ځایزحرکت کوي . له دې کبله دمثبت اومنفي چارجونوترمنځ ځایزخوځښت منځ ته راځي چې دالکتروستاتیک انډکشن Electrostatic induction په نوم یادیږي . په پایله کې د فضاء یې خونې په داخلي سطحه کې مثبت چارجونه په یوځای کې اومنفي چارجونه په بل ځای کې راغونډیږي . دمثبت اومنفي چارجونوځایزبیلتون ددې لامل ګرځي چې دنومورۍچاروجونو په منځ کې یوه بریښنایزساحه تولیدشي اوورسره سم دهدایتې برېښنایز جریان conducting current لامل ګرځي . په داسې حال کې چې متحرکه مایکروڅپه مخ په وړاندې حرکت کوي دهرې واحدې فضاء یې خونې ښي خواوکین خوادیوالونوترمنځ د الکترونو هدایتي جریان conduction electrons ښي خواته اوکین خواته په اهتزازپیل کوي کوم چې دالکتروستاتیک انډکشن اغیزې په اساس منځ ته راځي .

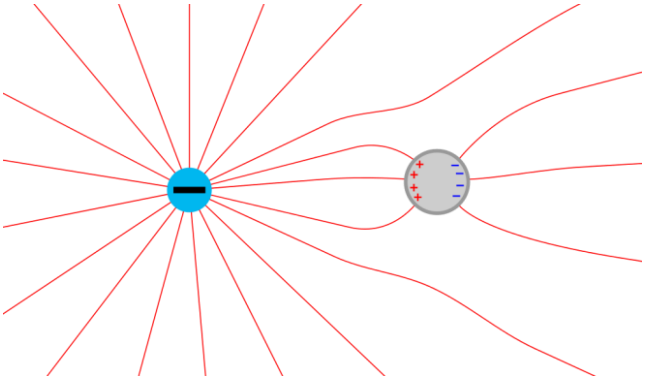
په پایله کې دهرې فضاء یې خونې محور په اوږدوکې یوه متناوب برېښنایز ساحه (E_{produced}) تولیدکیږي چې دالکترونوپه بنډل $-\mathrm{e}$ باندې برېښنایز قوه $(F_{\text{produced}} = -\mathrm{e}\,E_{\text{produced}})$ واردکوي. څرنګه چې هره فضاء یې خونه دخاذن اوګوټک برېښنایز سرکټ (LC) تشکیلوي نوله همدې لا مله دمتحرکې مایکروڅپې برېښنایز ساحې ; Ez-) (Ez+ په واسطه تحریک کیږي اوپه پایله کې دریزونانس په فریکونسي سره اهتزازکوي . همدالامل دی چې دریزونانس فضاء یې خونو په نوم یادیږی.

د ریزونانس هرې فضاء یې خونوپه محورکې تولیدشوې برېښنایز ساحه (E_{produced}) دمتحرکې مایکروڅپې برېښنایز ساحې (Ez- ; Ez+) سره په هم غږی کې د ریزونانس په درې ګیګاهرڅ فریکونسي 3 GHz اهتزازکوي.

د ببلګې په توګه په لومړی فضاء یې خونه کې په شیبه ایزه توګه ښی خوادیوال مثبت چارجونه اوکین خوادیوال منفي چارجونه لري . که چېرته په همدې ترڅ کې دانجکټر Injector په مټ دالکترونویوبنډلElectron bunch لومړی فضاء یې خونې ته ورننوځي، نو دالکترونوبنډل دکین خوادیوال منفي چارجونوپه مټ مخ په وړاندې ټیله کیږي اود ښي خوادیوال مثبت چارجونوپه مټ ځانته راکش کیږي. په پایله کې دالکترونوبنډل چې په تورټکي ښول شوی دی د فضاء یې خونې محورپه اوږدوکې تعجیل مومي او ښي خواته حرکت کوي.

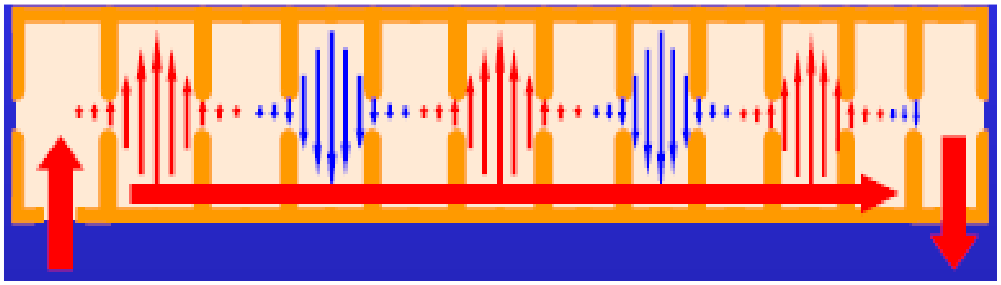
ديام وړ :

يونارمل عادي خنثی جسم په هره کوچنۍ برخه کې په مساوي شمېرمثبت اومنفي بريښنايز چارجونه لري چې يودبل سره نږدي اوخنګ په خنګ موقعيت لري . همدالامل دی چې بهرخواته خنثی خاصيت ښيي .مثبت چارج داتوم هسته ده چې په خپل ځای کې ساکن موقعيت لري اومنفي چارج داتوم الکترونونه تشکيلوي چې په يوه هادي جسم کې هرې خواته ازادحرکت کولای شي .که چيرته يوبريښنايزچارج شوی جسم يوه بل غيرچارج شوي هادي جسم ته ورنږدي شي چې دبرق جريان ته هدايت ورکوي لکه يوفلزي جسم نوپه نوموړي هادي جسم کې دکولومب قانون په اسا س Coulomb's law دمنفي چارج بريښنايزساحه وربانديې عمل کوي اومثبت چارجونه يې بې ځايه کيږي اود منفي چارج خواته رکش کيږي . په داسې حال کې چې دهادي جسم منفي چارجونه مقابل خواته راټوليږي . په پايله کې په هادي جسم نوموړي چارجونه دخپل ځای څخه بې ځايه کيږي اوهادي جسم خپل خنثی حالت له لاسه ورکوي .



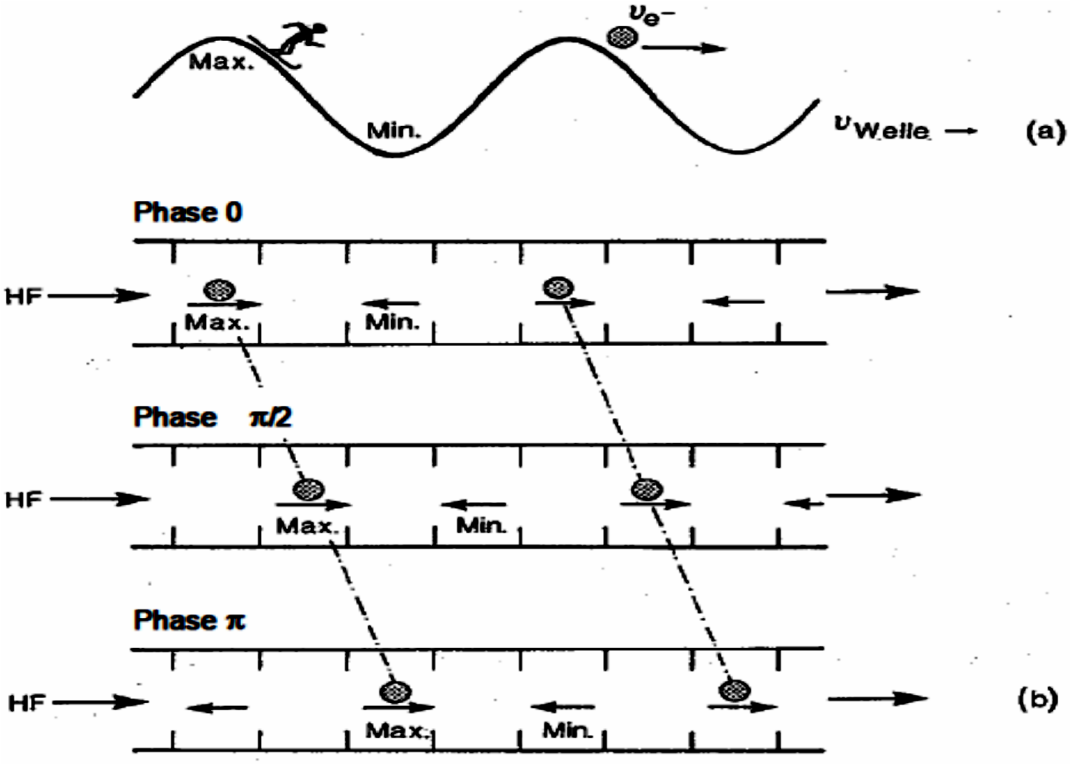
۱۴- ۲۸ الف شکل : دالکتروستاتيک اندکشن کړنلاره کښل شوې ده . کله چې يوازمايښي منفي بريښنايزچارج يوه هادي خنثی جسم ته ورنږدې شي نودازمايښي منفي چارج بريښنايزساحه په خنثی هادي جسم باندې اغيزه کوي Influence . دهادي جسم خنثی حالت له منځه ځي داځکه چې دهادي خنثی جسم مثبت چارجونه دازمايښي منفي چارج بريښنايزساحې سمت خوا ته راټوليږي اودهادي جسم منفي چارجونه مقابل خواته راټوليږي . په پايله کې په هادي جسم کې يوبريښنايزډيپول Dipole يانې دوه قطبه چارجونه منځ ته راځي . همدارنګه دهادي جسم په سطحه باندې دبې ځايه شوومثبت چارجونواومنفي چارجونوترمنځ يوه بريښنايزساحه هم توليدکيږي چې دInduced electric fields په نوم يادېږي اوپه $E_{induced}$ حرف باندې ښوول کيږي .

که چېرته ومنوچې ازمايښي منفي چارج ساکن حالت نه لري بلکې هادي جسم ته ورنږدې تيريږي او پرلپسې حرکت کوي نودتيريدلوپه ترڅ کې دهادي جسم په منځ کې مثبت اومنفي چارجونه خپل ځای ته هم پرلپسې ښي خواته اوکيڼ خواته تغيروکوي . په پايله کې دهادي جسم مثبت اومنفي چارجونوترمنځ توليدشوې بريښنايزساحه $E_{induced}$ هم په اهتزازپيل کوي .



۱۴- ۲۹ شکل : دمتحرکې مایکروڅپې برېښنایز ساحې داهتزازمثبت (E_{z+}) اومنفي (E_{z-}) دامنه ښوول شوې ده. چې دتعجیل کوونکي تیوب فضاء یي ریزونانس خونو په اوږدوکې منځ ته راځي .

دکین خواڅخه دمایکروڅپې برېښنایز ساحه دتعجیل کوونکي تیوب لومړی فضاء یي خونې ته ورننوځي اودخپریدلوڅخه وروسته داخرنی فضاء یي خونې څخه ببرته راوځي . نوموړې کړنلاره دوکټورونوپه مټ ښوول شوې ده . متحرکه مایکرو برېښنایز ساحه E_Z دتعجیل کوونکو فضاء یي خونومحور Z په اوږدوکې دکین خواڅخه ښي خواته حرکت کوي اوپه یوه غټ اوږده وکټورکښل شوې ده. دپام وړده چې په نیمایي شمېر فضاء یي خونوکې برېښنایز ساحه صفرده ($E_Z = 0$) .



۱۴- ۳۰ شکل : دمتحرکې برېښنایز څپې تعجیل کوونکي ماشین دکارکولوطریقه ددریو فاز phase په ترڅ کې ښوول شوې ده .

که څه هم دمتحرکې مایکرو برېښنایز څپې په یوه طول کې څلور فضاء یي خونې شتون لري خویوازي په هره څلورمه فضاء یي خونه کې دالکترونوبنډل تعجیل موندلای شی . په فضاء یي خونوکې دالکترونودبنډل حرکت سمت په ښي خواوکټور → ښوول شوی دی . کله چې متحرکه مایکروڅپه د $\lambda/4$ په اندازه مخ په وړاندې حرکت وکړی نودهغې سره جوخت د برېښنایز چارجونووېش دیوې ریزونانس تشې فضاء یي خونې په اندازه ښي خواته خوځیږي . همدارنګه دهرې نیمایي څپې اوږدوالي $\lambda/2$ څخه وروسته دمایکروڅپې برېښنایز ساحې سمت برعکس کیږي.

a) : دمتحرکې لوړفریکونسي برېښنایز څپې (3 GHz;λ=10 cm) اوداوبوڅپې ترمنځ دورته والي موډل model ښوول شوی دی. یوه متحرکه ساینډوله برېښنایز څپه E_z دتعجیل کوونکي تیوب ځایزمحور Z په اوږدوکې په فاز سرعت V_{welle} ښي خواته حرکت کوي. دمایکروڅپې داعظمي مثبت څوکې شیبه ایزموقعیت په $\overrightarrow{max}$ اواعظمي منفي څوکې موقعیت په $\overleftarrow{min}$ ښوول شوی دی. دمایکرو برېښنایز څپې په ښي خوامثبت اعظمي (Max) څوکه باندې دالکترونویوبنډل (e-) سپوردی اوپه کین خوا اعظمي (Max) څوکه باندې یوسرفرSurfer سپوردی. نوموړی موډل model رانښیي چې لکه څنګه چې یوسړی داوبوڅپې په څوکه سپوروي اومخ په وړاندې حرکت کوي په ورته ډول دالکترونویوبنډل هم دمایکر وبرېښنایز څپې اعظمي مثبت دامنې په څوکه باندې سپوروي او دهغې سره یوځای دتعجیل کوونکي تیوب په اوږدوکې ښي خواته

حرکت کوي .نوموړې کړنلاره په دې شرط امکان لري چې دالکترونوبنډل سرعت V_e اود مایکرو برېښنایز څپې فاز سرعت V_{welle} سره هم غږي وي اوتقریباً مساوي قیمت ولري.

: (phase = 0) : (b

په لومړي ګام کې دلوړفریکونسي مایکرو څپې متحرکه برېښنایز ساحه HF یوه بشپړه شیبه ایزدوره phase = 2 π په پام کې نیسوچې دتعجیل کوونکي تیوب په اوږدوکې دکینې خواڅخه ښي خواته → خپریږي .

کله چې دمایکرو برېښنایز څپې د فاز زاویه دصفرسره مساوي وي phase = 0 نو دمایکروڅپې متحرکه برېښنایز ساحه $E_{Z,+}$ په لومړی اوڅلورمه فضاء یې خونه کې مثبت اعظمي $\overrightarrow{max}$ قیمت لري. په عین وخت کې په دویمه فضاء یې خونه کې برېښنایز ساحه صفره $E_{Z,+} = 0$ خوپه درېیمه فضاء یې خونه کې برېښنایز ساحه منفي اعظمي $\overleftarrow{min}$ قیمت لري .

که چېرته په لومړی اوڅلورمه فضاء یې خونه کې دالکترونوبنډل شتون ولري اوسرعت یې دمایکروڅپې برېښنایز ساحې $E_{Z,+}$ سرعت سره هم غږی وي نو مایکرو څپې متحرکې برېښنایز ساحې $E_{Z,+}$ په مټ تعجیل ورکول کیږي . داڅکه چې په نوموړو فضاء یې خونو کې دمایکرو برېښنایز ساحې دامنه اعظمي مثبت $\overrightarrow{max}$ قیمت لري .

(phase = π) : (b

خوکله چې دمایکروڅپې د فاز زاویه یو پای phase = π قیمت غوره کړي نو د برېښنایز څپې اعظمي مثبت څوکه اوهمدارنګه اعظمي منفي څوکه یوه فضاء یې خونه مخ په وړاندې خوځیږي . له دې کبله په دویمه اوشپږمه فضاء یې خونه کې دمایکروڅپې برېښنایز ساحې دامنه اعظمي مثبت $\overrightarrow{max}$ قیمت لري اوسمت یې ښی خواته دی. نوموړې کړنلاره په پرې شوومایلوکرښوکښل شوې ده. په نوموړو فضاء یې خونوکې دالکترونوبنډل ته یوځل بیا تعجیل ورکول کیږي.

(phase = 2π) : (b

په اخر کې کله چې دمایکروڅپې فاز phase زاویه دوه پای phase = 2 π قیمت غوره کړي، نو د برېښنایز څپې اعظمي مثبت اومنفي څوکې یوځل بیا یوه فضاء یې خونه مخ په وړاندې خوځیږي . په همدې شیبه کې په درېیم اواوم فضاء یې خونه کې دمایکروڅپې برېښنایز ساحې دامنه مثبت اعظمي $\overrightarrow{max}$ قیمت لري اوسمت یې ښی خواته دی. له دې کبله په نوموړو فضاء یې خونوکې دالکترونوبنډل ته یوځل بیا تعجیل ورکول کیږي. نوموړې کړنلاره دخطي تعجیل کوونکي په پاتې تشو فضاء یې خونو کې همداسې درواخله اوپرلپسې ېېرته تکرارکیږي . په پایله کې دالکترونوبنډل ته په متمادي ډول اوپه هره فضاء یې خونه کې پرلپسې تعجیل ورکول کیږي.

دولاړې څپې اومتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین ترمنځ بنسټیزتوپیرپه لاندې ډول دی.

- دولاړې څپې تعجیل کوونکي ماشین ګته داده چې دتعجیل کوونکي تیوب طول دمتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین په پرتله ډیرکوچنی دی. داڅکه چې هغه فضاء یې خونې دمحورڅخه بهرخواته ایستل کیږي چې په هغوی کې دمایکروڅپې برېښنایز ساحه صفروي.
- دولاړې څپې تعجیل کوونکي ماشین دمایکروڅپوقدرت دمتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین په پرتله دوه ځله لوړدی او دڅپوامپلیتو دیې د تیوب تر اخر ه پورې ثابت پاتې کیږی . برعکس دمتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین په اوږدوکې دمایکروڅپې دامنه پرلپسې کمښت مومي . داڅکه چې دمایکروڅپې برېښنایز ساحې څخه انرژی دالکترونوبنډل ته انتقال کیږی . همدالامل دی چې دمتحرکې څپې تعجیل کوونکي ماشین لپاره دلږقدرت مګنیترون Magnetron پرځای لوړقدرت لرونکې کلیسترون klystron استعمال کیږي .

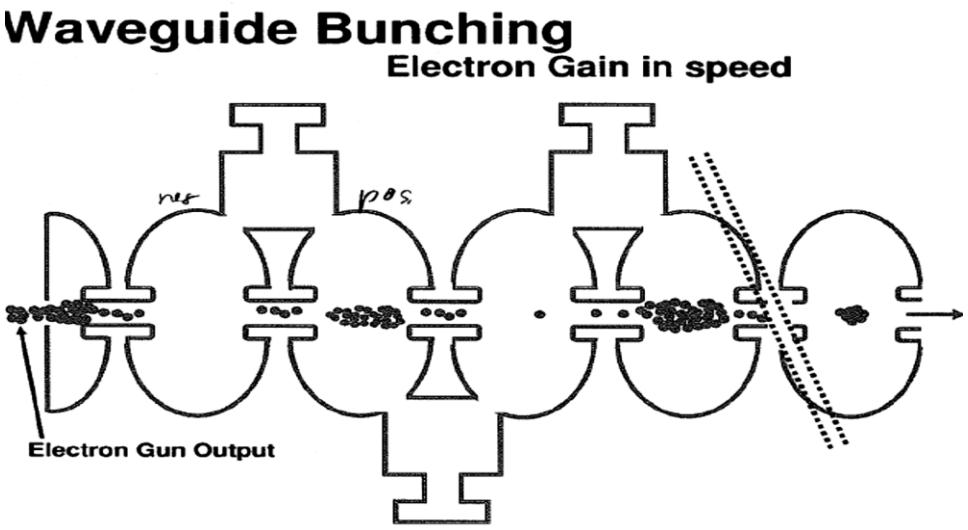
- دولاړي څپې په ماشين کې کېدای شي چې مايکروڅپې دتعجيل کوونکي ټيوب په هره برخه کې فضاء يي خونوته ورننوځي. خوپه متحرک تعجيل کوونکي ماشين کې دمايکروڅپې بايد دتيوب په سربرخه کې ورننوځي ترڅودالکترونوجريان سرعت اودمايکروڅپې فاز سرعت ترمنځ همغږی منځ ته راشي .
- برخلاف دولاړي څپې تعجيل کوونکي ماشين ، دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين کې دمايکروڅپې يوازې يوځل دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې خپريږي او بېرته انعکاس نه کوي.

دالکترون بنچر: (The electron Buncher)

دمتحرکوڅپوتعجيل کوونکي ماشين تيوب په دوه برخووېشل شوی دی .

- لومړی برخه يي دبنچر Buncher Cavity په نوم يادېږي چې دتعجيل کوونکي تيوب دسر درې فضاء يي خونې تشکيلوي . دبنچرعمده دنده داده چې ديوې خوا دتعجيل کوونکي تيوب په فضاء يي خونوکې الکترونوته تعجيل ورکړي اوبلخوا دالکترونوپلسيزجريان چې دالکترونوتوپک (انجکټر) څخه راوځي ديوه بنډل Buncher په شان راغونډ کړي . ورپسې دالکترونوتوليدشوي بنډلونه دمايکروڅپې درې ګيګاهرڅ 3 GHz فريکونس سره په هم غږي کې دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې مخ په وړاندي خوځيږي. .
- دويمه برخه يې د تعجيل کوونکو جوړښتونو accelerator structure په نوم يادېږی چې هلته په هره يوه فضاء يي خونه کې دالکترونوبنډل دمايکروڅپې څخه پرلپسې انرژي ترلاسه کوي.

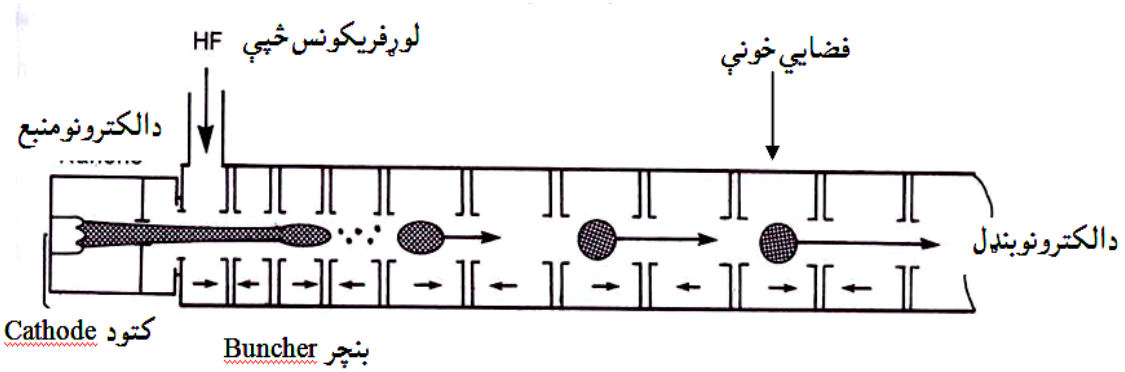
د ېبلګې په توګه دبنچرپه برخه Buncher Section کې دالکترونوبنډل ته تردوه ميګاالکترون ولټ 2 MeV پورې اودتعجيل کوونکوجوړښتونوپه برخه کې Main Section آن ترپينځه ويشت ميګا الکترون ولټ 25 MeV پورې تعجيل ورکول کيږي. خوکله چې دالکترونوسرعت دنورسرعت ته ورنږدې شي ،نودمايکروڅپوپه مټ ګټلي انرژی دالکترونوسرعت نه زياتوی بلکې دنسبې تيورې پر اساس دالکترونوکتله ډيرښت مومي .



۱۴- ۳۱ شکل: دولاړي څپې تعجيل کوونکي ماشين دبنچرلومړی اودويمه برخه ښوول شوې ده. دالکترونوجريان د electron gun output څخه راوځي اودتعجيل کوونکي ټيوب لومړی فضاء يي خونې ته ورننوځي. الکترونونه په توروټکوباندې کښل شوي دي. په هغو فضاء يي خونوکې چې دولاړي څپې د بربښنايز ساحې اهتزاز دامنه مثبت قيمت

لري، الکترونونه تعجيل مومي اوهم بنډل Bunching کيږي ، خوپه همدې تر څ کې هم مهال په هغو فضاء يي خونوکې چې دولاړې څپې د برېښنايز ساحې اهتزاز دامنه منفي قيمت لري، هلته الکترونونه ګردسره موجودنه وي اويا تعجيل نه مومي اودمحورڅخه بهرخواته شيندل کيږي .

په ۱۴- ۳۲ شکل کې دمتحرکوڅپوتعجيل کوونکي ماشين بنچربرخې فزيکي کړنلاره ښوول شوې ده .
د کلايسترن آلې څخه لوړفريکونس مايکروڅپې HF راوځي او دبنچرسربرخې ته دځنګ له خواڅخه ورننوځي. هم مهال ورسره جوخت دانجکټرپه مټ دالکترونوپلسيزجريان توليدکيږي او دکين خواڅخه دبنچرلومړی رېزونانس resonant تشې فضاء يي خونې ته لکه دالکترونوتوپک electron gun په شان ورويشتل کيږي . په بنچرکې دالکترونوپلسيزجريان دلوړفريکونس مايکروڅپې سره مخامخ کيږي . هغه الکترونونه چې دمايکروڅپې فاز phase سره په تړاوکې مساعدوخت ترلاسه کړي تعجيل مومي . خوهغه الکترونونه چې دمايکروڅپې فاز phase سره هم غږي نه وي او سرعت يې دمايکروڅپې په پرتله ډيراويالړوي تعجيل نه مومي . داډول الکترونونه دالکترونوبنډل Buncher څخه ليرې کيږي .



۱۴- ۳۲شکل : دمتحرکوڅپوتعجيل کوونکي ماشين د بنچربرخې دکارکولوفزيکي کړنلاره ښوول شوې ده .

دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې د رېزونانس تشې فضاء يي خونو دطول پرې شوې بڼه اوهمدارنګه دالکترونو بنچر Buncher (Cavity) دکارکولوپرنسيپ ښوول شوی دی چې دمتحرکې څپې خطي تعجيل کوونکي په ماشين کې ورڅخه ګټه پورته کيږي .
دکتود Cathode يعنې انجکټرڅخه دالکترونوپلسيزجريان راوځي او دبنچرپه برخه کې دالکترونوپه بنډلونواوړي.
دالکترونوبنډولونه په توروټکوکښل شوي دي.
دبنچر Buncher Cavity دندې په لاندې ډول دي .

- دمتحرکې مايکروڅپې سرعت اودالکترونوسرعت برابروالی
- دالکترونوبنډل کول
- دالکترونوبنډل فوکس کول
- په بنچر کې دالکترونوتعجيل کول :

لومړی : دمايکروڅپې سرعت اودالکترونوسرعت برابر والی

کله چې متحرکې مايکرو برېښنايز څپې دبنچر برخې ته ورننوځي نو د فاز سرعت V_{phase} يې دنورسرعت c سره يو برابر $(v_{phase} = c)$ وي .
په ازاده فضاء کې دنورسرعت c په يوه ثانيه کې درې سوه زره کيلومتر $(c = 300\,000\ km/s)$ قيمت لري

خوکله چې دالکترونوتوپک (انجکټر) په مټ الکترونونه دتعجيل کوونکي تيوب سربرخې ته ويشتل کيږی نودالکترونوسرعت $V_{particle}$ دنورسرعت c په پرتله خورالږوي $v_{particles} \ll c$. دا ځکه چې دويشتل شووالکترونوسرعت دالکترونوتوپک (انجکټر) پلسيز ولتيج په ستروالي پورې اړه لري اودنورسرعت دريمه c/3 اويانيمای c/2 برخې ته رسيږي . په بله معنی دسل څخه تردوه سوه کيلوالکترون ولټ (100-200 keV) پورې رسيږی .

ددې لپاره چې دالکترونوبنډل د فضاء يي خونوپه اوږدو کې پرلپسې دمتحرکې مايکروڅپې برېښنايز ساحې E_z په مټ تعجيل ومومي اوانرژي ترلاسه کړي ، اړين شرط يې دادی چې دالکترونوبنډل سرعت $(V_{particle})$ اودمتحرکې څپې فاز سرعت (V_{phase}) ديوبل سره تقريباً يوبرابر $(V_{wave} \approx V_{particle})$ قيمت ولري.

نوموړې تخنيکي مشکلات په دې ډول حل کيږي چې دتعجيل کوونکي تيوب په دننه کې د مايکرو برېښنايز څپې نيمايي طول $\lambda/2$ په اندازه واټن کې ديافراګم Diaphragm ډوله جوړښتونه ونښلول شي. نوموړي جوړښتونه دڅپو انتقال کوونکي ديافراګم „Iris-loaded wave guide" اويادپسک ډوله جوړښتونوپه نوم يادېږي

ددياڤراګم اودتعجيل کوونکي تيوب فضاء يي خونومساعدوابعادو په تغيرسره د مايکرو برېښنايز څپې فاز سرعت V_{phase} ترهغه پورې راټيټ کوي ترڅوچې دالکترون سرعت $V_{electron}$ سره برابرقيمت غوره کړي .

دبېلګې په توګه که چېرته دبنچر Buncher Cavity په برخه کې ددياڤراګم دسوريوقطراودګاونډيو فضاء يي خونوترمنځ واټن دمايکروڅپوطول λ په پرتله ترټاکلي قيمت پورې کوچنی کړونوکولای شوچې د مايکروڅپې برېښنايز څپې د فاز سرعت دومره راټيټ کړوچې دتذريق شووالکترونودسرعت سره هم غږی (Vphase ≈Ve) شي هرکله چې دتذريق شووالکترونوسرعت لږڅه دنورسرعت سره برابرشي نوددې ځايه وروسته د ښې خوا فضاء يي خونوطول اودسوريوقطر ثابت پاتې کيږي .

د فضاء يي خونوپه کارولوسره ديوې خوادمحورپه اوږدوکې دمايکرو برېښنايز ساحې شدت ډيرښت مومي اوبلخوا د رزونانس resonance پديده منځ ته راځي . داځکه چې دهرې ريزونانس فضاء يي خونې هندسي ابعادداسې اعيارکيږي چې دمتحرکې مايکرو برېښنايز څپې ددرې زره ميګاهرڅ 3000MHz فريکونس سره اهتزازکوي .

دتعجيل کوونکي تيوب بنچربرخې ته د مايکرو برېښنايز څپه دڅنګ خواڅخه اودالکترونو پلسيزجريان دکښ خواڅخه ورننوځي . دالکترونوبنډل په توره دايره اودتعجيل مقداريي دويکټورپه طول ښوول شوي دی ●→ ،همدارنګه دلوړفريکونسي مايکرو برېښنايز څپې مثبت څوکې اعظمي قيمت په شي خواويکټور → اودمنفي اعظمي څوکې قيمت په کښ خواويکټور← کښل شوی دی .

دپام وړده چې دبنچر فضاء يي خونو ابعاد لکه دخونې طول دتعجيل کوونکي تيوب پاتې نورو فضاء يي خونوپه پرتله لنډدي خوپمقابل کې يي بيادديافراګم قطرلوی دی .

داځکه چې د مايکروڅپې فاز سرعت V_{phase} دڅپې فريکونس f اودڅپې طول λ حاصل ضرب سره مساوي دی. ($V_{phase} = \lambda.f$)

دويم : دالکترونوبنډل کول :

دالکترونوبنډل کيدنه دتعجيل کوونکي تيوب په لومړۍ سربرخه يعنې بنچر کې ترسره کيږي . په ۱۴- ۳۳ شکل کې دتعجيل کوونکي تيوب د بنچرپه برخه کې د مايکروڅپې برېښنايز ساحې E اهتزاز د فاز زاويې φ په تابع سره ښوول شوې دی .

کله چې دانجکټرپه واسطه دبنچرسربرخې ته الکترونونه وويشتل شي نود مايکروڅپې فاز زاويې په يوه برخه کې موقعيت ترلاسه کوي .دالکترونوموقعيت يوخوا د مايکروڅپې برېښنايز ساحې په شدت پورې اوبلخوادالکترونو سرعت اودمايکروڅپې فاز سرعت په تناسب پورې اړه لري .

په لومړي ګام کې درې الکترونونه (3e) په پام کې نيسواود A;B;C په تورو يې ښيو. نوموړي الکترونونه دانجکټر په مټ دتعجيل کوونکي تيوب بنچربرخې ته ويشتل کيږي اوهلته د مايکروځپې بربښنايز ساحې E سره غبرګون کوي . بلخواموږ منوچې په همدې شيبه کې دبنچربرخه په مايکرو بربښنايز څپه باندې داسې ډکه شوې ده چې دانجکټرالکترونونه A;B;C دبرقي ساحې ددامنې په ځوړبرخه کې پراته دي . لکه چې ۱۴- ۳۳ شکل څخه مالوميږي چې په نوموړو الکترونوباندې د مايکروځپې بربښنايز ساحې E اغيزه د فاز زاويې سره په تړاوکې توپيرلري .

د ساري په ډول په دريووارډوالکترونو A;B;C باندې په خپل وارسره بربښنايز قوه F مساوي ده له :

$$Fc = - e.E_c \quad \text{او} \quad F_B = - e.E_B \text{ او } ; \; F_A = - e.E_A$$

د ۱۴- ۳۳ شکل څخه مالوميږي چې دA په الکترون باندې بربښنايز قوه F_A نسبت B الکترون ته اوهمدارنګه د B په الکترون باندې بربښنايز قوه F_B نسبت وC الکترون ته ستره ده . نوموړی مطلب په رياضي توګه داسې ليکو: $F_A = e, E_A > F_B = e, E_B > F_c = e, E_c$

په پايله کې دA الکترون چې دB الکترون په تړاوځټ خواته پروت دی ترټولوډيرتعجيل مومي ، داځکه چې هلته دمايکروځپې بربښنايز ساحې دامنه E_A لوړه ده ، اودC الکترون چې دB الکترون په تړاومخ خواته پروت دی لږتعجيل مومي داځکه چې هلته دمايکروځپې بربښنايز ساحې شدت E_c , لږ دی . په داسې حال کې چې دB الکترون د مايکرو بربښنايز څپې سره په همغږي کې او همزمان synchron حرکت کوي . په پايله کې د C الکترون د B الکترون په پرتله تم کيږی اودA الکترون ګړندی کيږي . په اخر کې درې واړه الکترونونه دومره سره راغونډيږی چې دالکترونويوغونډمنډ Buncher بنډل A`,B`,C` ورځخه منځ ته راځی .

دالکترونونوموړی Buncher بنډل د بربښنايز ساحې ددويمې دورې $\varphi>2\pi$ څوکې په ځوړبرخه کې ليدل کيږي اود مايکرو بربښنايز څپې سره يوځای مخ په وړاندې حرکت کوی .

ديادولووړه چې A الکترون اوC الکترون دB الکترون په څنګ کې اهتزازونه ترسره کوی . خوکله چې دنوموړوالکترونو سرعت دنورسرعت ته ورنږدي کيږي نودهغوی اهتزازونه هم ختم کيږي . په پايله کې دهغوی د فاز اويه تغيرنه کوی اودالکترونوبنډل ثابت شکل ځانته غوره کوي . دبنچرپه برخه کې په الکترون B باندې د بربښنايز ساحې E_B قيمت نسبت اعظمي قيمت E_{max} ته ډيرلږدی . خودتعجيل کوونکي په عمده برخه کې ددې اړتياليدل کيږي چې په الکترون B باندې اعظمي بربښنايز ساحه اغيزه وکړي ترڅوالکترونونه اعظمي انرژي ترلاسه کړي . دنوموړي موخې لپاره کله چې دبنچرپه برخه کې يوځل دالکترونوبنډل تشکيل شي اودعمده تعجيل کوونکي تيوب ته ورننوځي ،نوپه دې ترڅ کې په تخنيکي کړنلاره سره دلږوخت لپاره د مايکروځپې فاز سرعت دنورسرعت په پرتله ډيربښت مومي . پايله يي داده چې د الکترونوبنډل د مايکروځپې(بربښنايز څپې)په پرتله ترشا پاتې کيږي اودټيټې بربښنايز ساحې E_B څخه راوځي ترڅوچې دبرقي ساحې په اعظمي څوکه E_{max} باندې پريوځي .

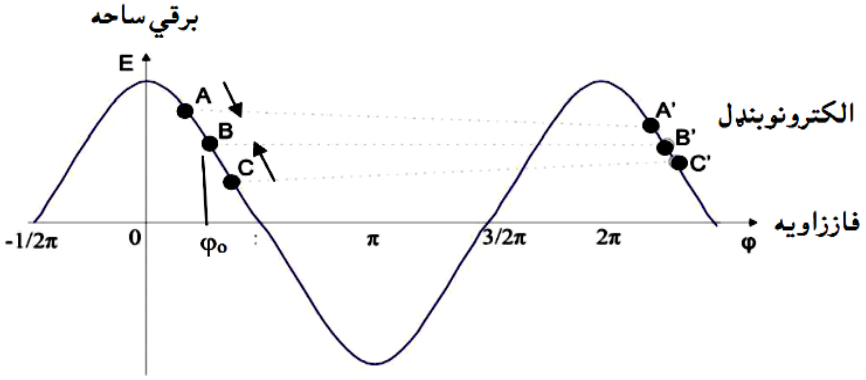
د فاز زاويې 2π دطی کولوځخه وروسته دالکترونيوواحدبنډل Buncher منځ ته راځي . په نوموړي شکل کې ويکټورونه په ډاګه کوي چې د فاز A الکترون اود فاز C الکترون د فاز B الکترون خواته تمبول کيږي .

نوموړې فزيکي کړنلارې ته فاز فوکس کول Phase focusing ويل کيږي . دلوړفريکونس تعجيل کوونکي ماشين دکارکولولپاره دالکترونو فاز فوکس کول ډيراړين او اساسي ګام دی . داځکه چې دوخت په تړاو د وړانګوټول الکترونونه په متوسط ډول

دلوړفريکونس برېښنايز ساحې فاز سرعت سره مطابق تعجيل مومي . په پايله کې د فاز په تړاو همغږي الکترونونه منځ ته راځي چې ديوه بنډل Buncher په شان لوړکثافت لري .

دالکترونوبنډلونه بايدچې دامکان سره سم د فاز زاويې په تړاومساعد موقعيت ولري . په دې معنی چې دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې تل د مايکروڅپې برېښنايز ساحې په څوکه باندې پراته پاتې شي کوم ځای کې چې ترټولواعظمي برېښنايز ساحه ده .

همدالامل دی چې په خطي تعجيل کونکي ماشين کې د مايکروڅپې فاز ته داسې تغيرورکول کيږی چې لوړانرژي الکترونونه بطي کيږي اولږانرژي الکترونونه تعجيل مومي .



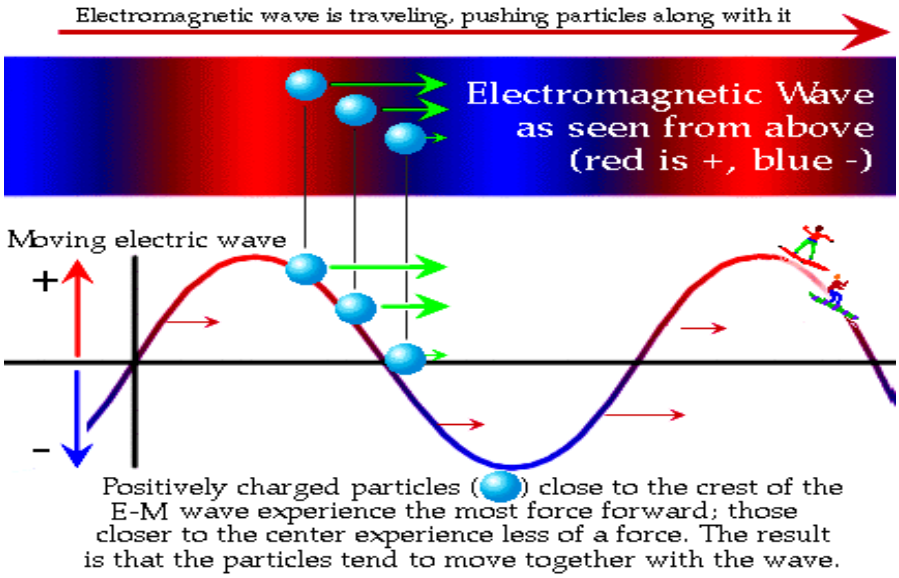
۱۴- ۳۳ شکل : دبنچرپه برخه کې د مايکروڅپې برېښنايز ساحې E اهتزاز د فاز زاويې φ په تابع سره کښل شوی دی . په شکل کې د A,B,C الکترونوشيبه ايزموقعيت يودبل څخه ليرې دی خو ديوې دورې cycle څخه وروسته دالکترونوبنډل $A^{"}$,$B^{"}$,$C^{"}$ کولوکړنلاره ښوول شوې ده اودهغوی ترمنځ واټن نږدې شوی دی. د فاز په φ_0 زاويه کې دB الکترون سرعت V_B د مايکرو برېښنايز څپې فاز سرعت V_{phase} سره لږځه يوبرابردی اوله همدې لا مله دوخت په تړاو يودبل سره همغږي دي . د φ_0 زاويې ته همزمان هم غږی فاز Synchronous ويل کيږي .

درېيم : دالکترونوبنډل فوکس کول

په ۱۴- ۳۴شکل کې درې مثبت چارج شوې بڅرکي ښوول شوي دي چې لومړی ذره د مايکروڅپې په څوکه ،دويمه مثبت ذره لږځه دلاندې اودريمه ذره دمحورپه برخه کې موقعيت لري . دمايکروڅپې برېښنايز ساحې اغيزه داسې پايلې لري چې درې واړه مثبت چارج شوي بڅرکي سره راغونډيږي اوپه گډه سره د مايکرو برېښنايز څپې‌سره يوځای مخ په وړاندې حرکت کوي. په نوموړي شکل کې دمايکروڅپې خپريدونکي حرکت اوداوبوڅپودپرمختگ حرکت ترمنځ ورته والی ښوول شوی دی .

۱۴- ۳۴ شکل : دمايکروڅپې برېښنايز ساحه دمحل محورپه اوږدوکې حرکت کوي اوپه لاره کې په درېو مثبت چارجونوباندې لگيږي. د برېښنايز ساحې په منحني باندې درې مثبت چارجونه کښل شوي دي چې په هغوی باندې توپيرلرونکې برېښنايز قوه عمل کوي . هغه مثبت چارج چې دمتحرکې برېښنايز ساحې په څوکه کې پروت دی دنورومثبت چارجونوپه پرتله وربانديې زياته برېښنايز قوه عمل کوي . خوهغه مثبت چارج چې دالکترونوبنډل مخ خواکې پروت دی ترټولولږ برېښنايز قوه وربانديې عمل کوي. د برېښنايز ساحې توپيرلرونکي اغيزه داسې پايلې لري چې دالکترونوبنډل مخ خوامثبت چارج بطي کيږي اودالکترونوبنډل ترټولوڅټ خوا مثبت چارج گړندی کيږي. خو هغه مثبت چارج چې په مرکزکې پروت دی په خپل ځای کې پاتې کيږي. په پايله کې دالکترونويوبنډل منځ ته راځي چې دمتحرکې څپې سره په هم غږی کې اويوشان سرعت مخ په وړاندې حرکت کوي. په هرمثبت چارج باندې د مايکروڅپې برېښنايز ساحې شدت دوکټورونوپه توپيرلرونکو اوږدوالي باندې کښل شوی دی.

دمايکروڅپي په ښي خواڅوکه باندې دوه سرفر Surfer سړي ښوول شوي دي چې دمايکروڅپي سره ورته ماډل رابنيي او داوبو څپوپه څوکه باندې سپاره دی . (14)



http://fafnir.phyast.pitt.edu/particles/conuni8.html

۱۴- ۳۵ شکل : يوه الکترومقناطيسي څپه دوخت په تابع سره کښل شوې ده چې دخپل ځان سره د برښنايز ساحې دامنې په څوکه **Crest** کې برښنايزچارجونوته انتقال ورکوي .په يوه خطي تعجيل کوونکي ماشين کې برښنايزچارجونه دالکترومقناطيسي څپې برښنايزساحې E_z په مټ دمحور **Z** په اوږدوکې ګرځندي کيږي. کله چې الکترومقناطيسي څپې دبرښنايزچارجونوپه يوه بنډل bunch باندې ولګيږي نوهغه چارجونه چې دبنډل په څټ خواکې موقعيت لري له يوخواوختي دتعجيل کوونکي تيوب ته ورننوتلي وي اوبلخواد متحرکې مايکروڅپې طولي برښنايز څپې په څوکه **crest** کې موقعيت لري چې هلته برښنايز ساحه زوروره ده اوله دې کبله تر ټولوډېرګرځندي کيږي . خوهغه چارجونه چې دبنډل په مخ خواکې موقعيت لري اودوخت په تړاوناوخته هلته رسيدلي وي ترټولولږګرځندي کيږي. داځکه چې هلته دمايکروڅپې برښنايز ساحه ډيره کمزورې ده . په پايله کې يوخوادبرښنايزچارجونو يوبنډل منځ ته راځي چې دمايکروڅپې سره يوځای حرکت کوي . نومورې کړنلاره کټ مټ داسې ده لکه چې يوه سرفر **Surfer** داوبوڅپې په څوکه کې موقعيت ولري اومخ په وړاندې حرکت کوي . همدارنګه دالکترونوبنډل هم دالکترومقناطيسي څپې څوکې ته ورنږدې مخ خواکې سپاره "ride" حرکت کوي.

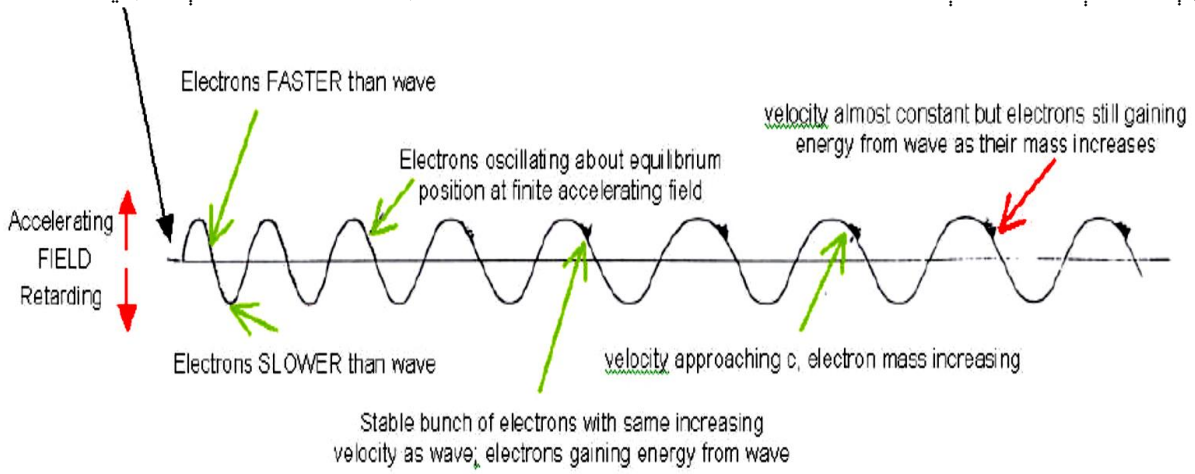
څلورم : په بنچر Buncher کې دالکترونوتعجيل کول :

دمتحرکې څپې تعجيل کوونکي ماشين لومړی فضاء يې خونه دبنچرپه نوم يادېږي چې هلته دالکترونوبنډل منځ ته راځي .هرکله چې دبنچرپه برخه کې دمايکروڅپې فاز سرعت او دالکترونو سرعت تقريبا سره يوبرابرشي ($V_{phase} \approx Ve$) نوهغه مهال الکترونونه د مايکروڅپې برښنايز ساحې +Ez په مټ دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې مخ په وړاندې حرکت کوي اوګرځندي کيږي . په دې معنی چې دالکترونوجريان اومتحرکه مايکروڅپه دواړه غبرګ اوپه هم غږي کې دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې ښي خواته حرکت کوي .

په پايله کې الکترونونه دتعجيل کوونکي تيوب په ږېزونانس تشې فضاء يې خونو کې پرلپسې دمتحرکې مايکروڅپې څخه حرکي انرژي ترلاسه کوي

دبنچرپه برخه کې الکترونونه لږڅه دوه ميګاالکترون ولټ 2 MeV حرکي انرژي ترلاسه کوي چې دنورسرعت اته نوي سلنه برخه 98% کيږي .

څرنګه چې دتعجيل کوونکي تيوب په شي خواديمه برخه کې دګاونډيو فضاء يي خونوترمنځ واټن په تدريجي توګه پرلپسې غټ کيږي نوپه همدې تخنيکي کړنلاره سره د مايکرو برېښنايز څپې د فاز سرعت هم پرلپسې ډيرښت مومي . دتعجيل کوونکي تيوب په نومورې برخه کې د مايکروڅپې فاز سرعت اوورسره جوخت دالکترونوبنډل سرعت آن لږځه دنورسرعت c پورې رسيږي.



۱۴- ۳٦ شکل : دتعجيل کوونکي ټيوب په اوږدوکې دالکترونوجريان اودالکترومقناطيسي څپې ترمنځ برېښنايز غبرګون اوهم غږي ښوول شوې ده . دمتحرکې الکترومقناطيسي څپې په څوکوکې دالکترونوبنډل په توروټکوکښل شوی دی چې دنومورې څپې سره په هم غږی کې اويوځای مخ په وړاندې حرکت کوي .

لنډيز :

- دمتحرکوڅپوتعجيل کوونکی ماشين ديوسلسله تشو ريزونانس فضاء يي خونو cavity resonator څخه جوړدی چې پلنوالی يې لږځه 2,5 cm قيمت لري . نومورې فضاء يي خونې په يوه استقامت اويوپر بل پسې نښتې ټرلې دي . بلخواټولې فضاء يي خونې ديوشان ريزونانس په فرکونس سره اهتزازکوي .
- دمتحرکوڅپوتعجيل تعجيل کوونکي ماشين سربرخې ته کوم ځای کې چې دالکترونوسرچينه ده ، دراډيوفريکونس الکترومقناطيسي څپې (مايکروڅپې) ورننوځي .
- دمايکروڅپې برېښنايز ساحې دڅپې اوږدوالی لس سانتې متره 10 cm دی چې ددرې ګيګا هرڅ 3 GHz فريکونس سره برابردی اوددامنې شدت يې دوه سوه کيلوولټ 200 kV قيمت لري.
- دماشين په اخر برخه کې مايکروڅپې جذب کيږي اويا بهرته راوځي
- الکترونونه دمتحرکې مايکروڅپې په څوکه سواره ride حرکت کوي اوسرعت يې لږځه دنورسرعت c سره يوشان دی .

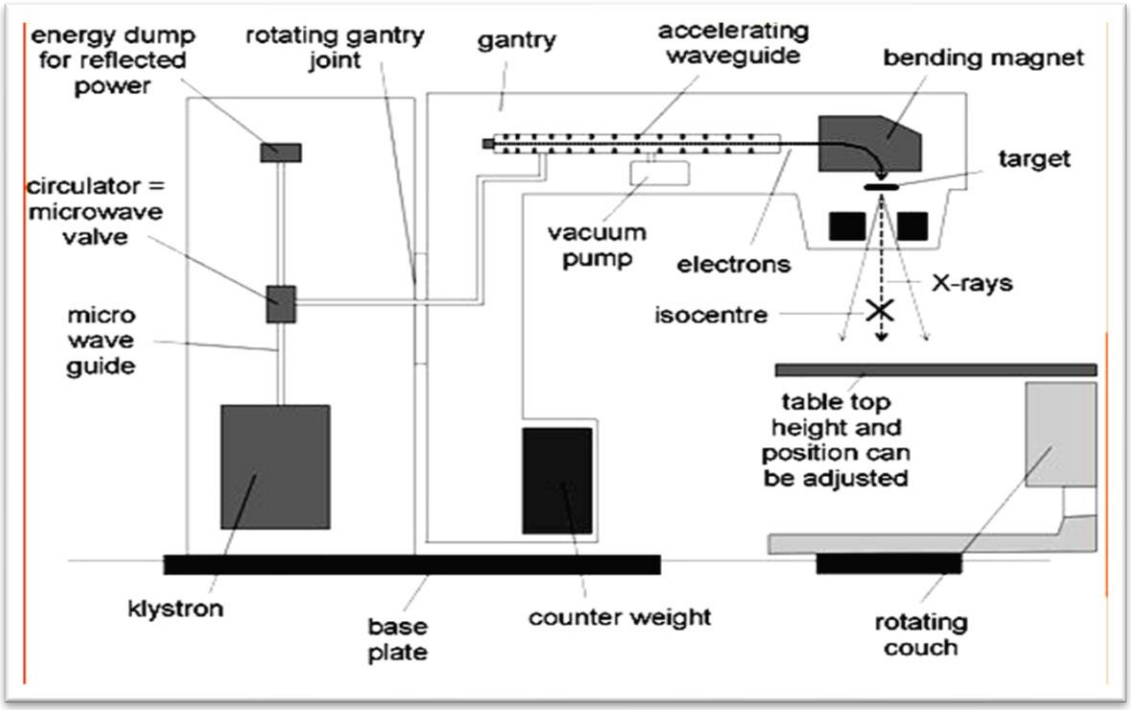
نهمه برخه

پنځلسم څپرکی

د راډيو تراپي ماشين تخنيکي برخي :

(Radiotherapy Machine Components)

راډيوتراپي ماشين Radiotherapy Machine ديوسلسله تخنيکي اوالکترونيکي جوړښتونواوبرخو components څخه جوړدی چې په ۱۵- ۱ شکل کې ښوول شوي دي . څرنګه چې دنوموړي ماشين هره برخه ځانګړي دنده ترسره کوي نواړين ده چې په تفصيل سره تربحث لاندې ونيول شي . دنوموړي ماشين ترټولواړينه برخه دسر کوپړی تشکيل کوي چې ددرملنې کوپړی Treatment Head په نوم يادېږي .



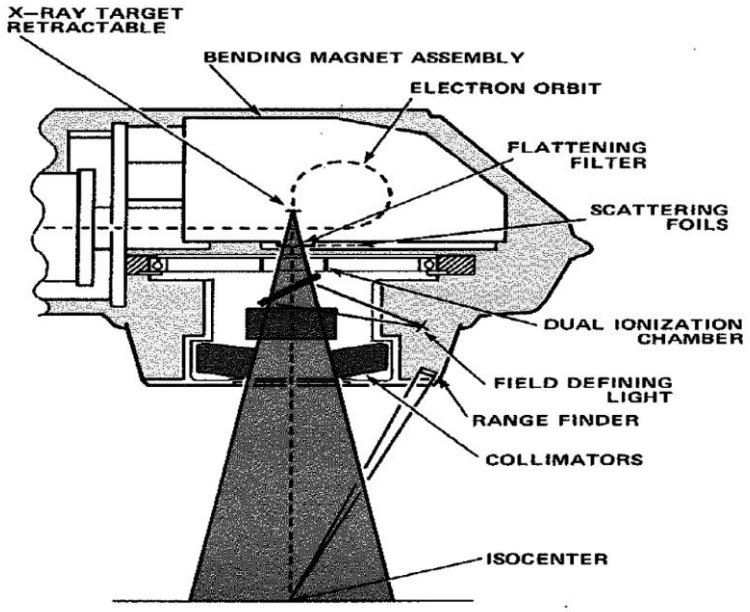
۱۵- ۱ شکل : دراډيوتراپي ماشين Radiotherapy Machine تخنيکي اوالکترونيکي جوړښتونه ښوول شوي دي .

دراډيو تراپي ماشين ددرملنې کوپړی : Treatment Head

دراډيو تراپي ماشين دسر کوپړی دتعجيل کوونکي ماشين هغه برخه تشکيلوي چې دتعجيل کونکي ټيوب اخر برخې څخه لوړانرژی الکترونونه ورننوځي. په ۱۵- ۲ شکل کې د راډيو تراپي ماشين دسر کوپړی ښوول شوې ده چې په منځ کې يې لاندې برخې ځای پرځای شوې دي .

د راډيوتراپي ماشين ددرملنې په کوپړی کې لوړانرژي اکس بريمزوړانګې اوهمدارنګه لوړانرژي الکترونونه توليدکيږي اودلاندې برخوڅخه جوړه ده،

- د وړانګو مرکز التساوي : (Beam isocenter)
- د اکس وړانګوفلزي هدف : (X - Ray Target)
- انحراف کوونکی مقناطیس (Bending Magnet)
- مسطح کوونکی فیلتر: (Flattening Filter)
- فوکس کوونکی : (Collimator Jaws)
- شیندونکې فلزي پاڼه : (Scattering Foil)
- دوه ګونې آیونایز یشن چمبر: (Dual Ionization chamber)
- درنا په مټ دتشعشع ساحې محدودول : (Field defining light)
- دفاصلي اندازه کوونکې آله : (Range finder)



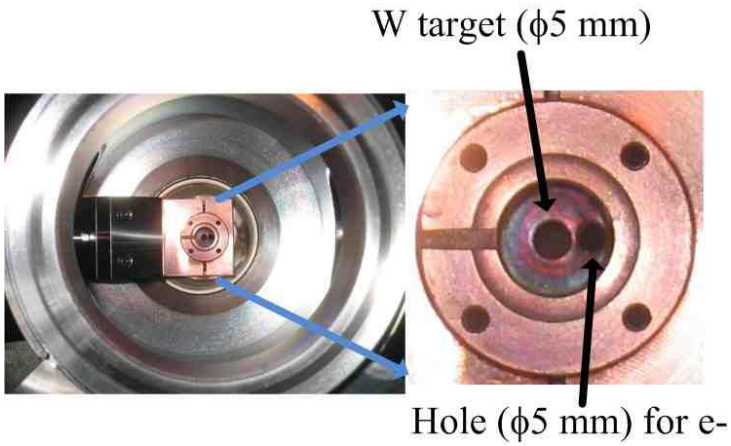
۱۵- ۲ شکل : د راډیو تراپي ماشین دسر کوپړی ښوول شوې ده چې په منځ کې یې ددندې په تړاو توپیرلرونکي جوړښتونه شتون لري . (1)

- **داکس وړانګو هدف (نښه) (X-Ray Target) :**

داکس وړانګو هدف (نښه) target دتنګستن فلز tungsten یوه نرۍ دایروي شکله ټوټه ده چې دالکترون وړانګې وربانې لګیږي اوپه پایله کې دلوړانرژي فوتون وړانګې تولیدکیږي . که چېرته دفوتون وړانګومنځنۍ انرژۍ ته اړتیاوي چې انرژي یې ترپینځه لس میګا ولټ 15 MeV پورې رسیږي نوددروند یعنې ثقیل عنصرلکه دتنګستن فلز tungsten څخه ګټه پورته کیږي.

که چېرته لا نورهم لوړانرژي فوتون وړانګوته اړتیاوي نودسپکوعنصرونو لکه سپین زرعنصر Ag اویامولیبدین Mo عنصرڅخه د اکس وړانګونښې په توګه ګټه پورته کیږي .کله چې ددرملنې په موخه دفوتون وړانګو پرځای الکترون وړانګوته اړتیاوي

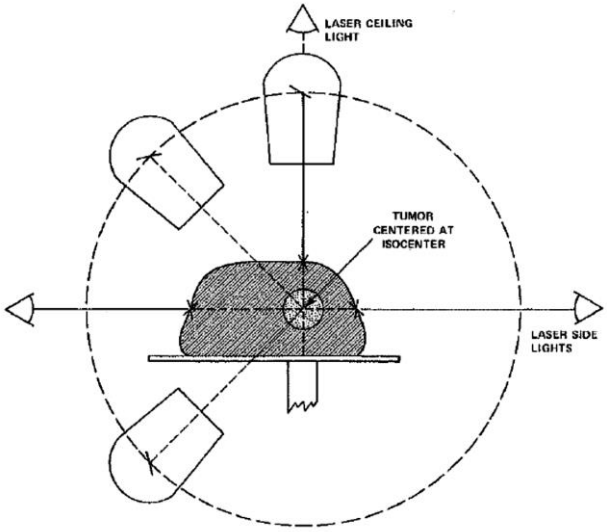
نوفلزي هدف دمحورڅخه څنګ خواته ايستل کيږي او پرځای يې يوه شيندونکي فلزي پاڼه scattering foil کيښول کيږي . په نوموړې کړنلاره سره دالکترونويونري بنډل pencil like څخه يوپلن ،هموار، متجانس، اوددرملنې اکس وړانګو ساحه treatment field منځ ته راځي.



۱۴- ۴ الف شکل : دخطي تعجيل کوونکي ماشين اکس وړانګو تارګټ (هدف) Target جوړښت کښل شوی دی چې دولفرام Wolfram فلزڅخه جوړه ده . کله چې لوړانرژي الکترونونه دولفرام په تارګټ باندې ولګيږي نودغبرګون څخه وروسته لوړانرژي فوتون وړانګې توليدکيږي .

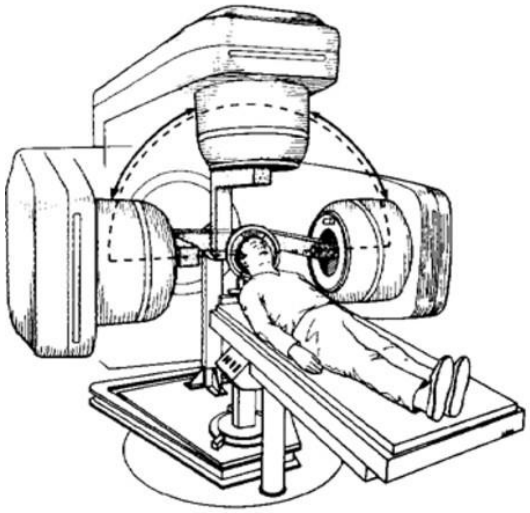
- **د وړانګو مرکز التساوي (Beam isocenter) :**

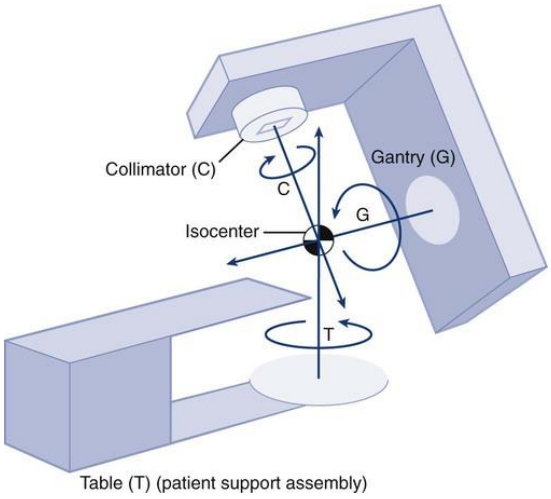
د وړانګوايزوسنټرisocenter اويا په بله معنی **مرکز التساوي** په فضاء کې يوه نقطه ده چې د راډيو تراپي ماشين دسرچينې source څخه سل سانتي متره SSD = 100 cm ليرې ده اومرکزي وړانګې ورڅخه تيريږی . ددرملنې پلان په کړنلاره کې په عادي توګه د وړانګوايزوسنټر د تومورنښې حجم tumor target volume په مرکزي برخه کې کښودل کيږي . نوموړي تخنيک ته د فوکس محورفاصلې تخنيک ويل کيږی اولنډيزيې په SAD = Source Axis Distance سره کيږی .



۱۵- ۳ شکل : د راډيو تراپي ماشين ايزوسنټرisocenter ښوول شوی دی چې دناروغ په بدن کې دننه دتومور Tumor په مرکزکي موقعيت لري. دراډيو تراپي ماشين دسر کوپړی دناروغ په شاوخوا په دايروې مسير راڅرخيږي. دناروغ په بدن کې خبيث تومور په

يوه دايره ښوول شوی دی چې دهرې خواڅخه په يوشان ثابته فاصله **100 cm** کې د اکس وړانګې وربانديې لګيږي. د اکس وړانګو اودماشين افقي څرخېد ونکي محوردتقاطع نقطې ته د وړانګوايزوسنټرisocenter ويل کيږي.(1)





۱۵- ۴ شکل : د راډيو تراپي ماشين ايزوسنټرisocenter ښوول شوی دی چې دناروغ دسرپه منځ کې دننه موقعيت لري. دراډيو تراپي ماشين دناروغ دسرپه شاوخوا په دايروي مسير راڅرخيږي.

- دتعريف سره سم ايزوسنټردماشين څرخېد ونکي افقي محوراوداکس وړانګودسرچينې مرکزي وړانګوعمودي محوردتقاطع نقطې ته ويل کيږي .(46).

- **انحراف کوونکی مقناطيس : (Bending Magnet) :**

دانحراف کوونکي مقناطيس په مرسته هغه لوړانرژي الکترون وړانګې چې دتعجيل کوونکي تيوب څخه سم سيخ بهرته راوځي په دوه سوه اويادرجه زاويه 270^0 انحراف ورکوي .

- **دالکترونومسير (Electron orbit) :**

دانحراف کوونکي مقناطيس په مټ دالکترونومسيربنه ښوول شو ې ده

- **مسطح کوونکی فيلتر(Flattening Filter) :**

يومخروطي شکله فلزدی چې دوړانګودمسيرپه محورکې پروت دی او اکس وړانګې جذب کوي . په پايله کې داکس وړانګومتجانس ويش منځ ته راځي

- **شيندونکې فلزي پاڼې (Scattering foils) :**

کله چې ددرملني په موخه الکترون وړانګوته اړتياوي نوشيندونکې فلزي پاڼې دوړانګومحورمرکزبرخې ته ورننوځی اودهغه ځای څخه داکس بريک وړانګو هدف ټوټه څنګ خواته راوځي .

- **دوه ګونې آيونايز يشن چمبر(Dual ionization chamber):**

دوه آيونايز يشن چمبرشتون لري چې دناروغ ددرملنې په موخه دطبي ډاکټرله خوا تجويزشوې انرژي ډوز prescribed Dose مقدارپه خپلواکه توګه اندازه کوي . کله چې دالکترون وړانګې اويادفوتون وړانګې د آيونايز يشن چمبر څخه تيريږي نودهغوی په منځ کې

برېښنايز زيګنالونه توليدکيږي . نوموړې زيګنالونه دناروغ په بدن کې دجذب شوې انرژي ډوز absorbed dose سره سم سيخ اړيکې لري .څرنګه چې دواړه آلې يوپه بل باندې اغيزه نه اچوي نودهغوی په واسطه اندازه شوې انرژي ډوزمقداربايدسره يوشان وی . بلخوادنوموړوآلاتوپه مټ دانرژي ډوزمقدارهم کنترول کيږي . په دې معنی چې که دانرژي ډوزمقداردتجويزشوي قيمت څخه زيات اويالږشي نوپه اوتوماتيک توګه دراډيو تراپي ماشين مړکيږي.

- **دتشعشع ساحې مشخص کول : (Field defining light) :**

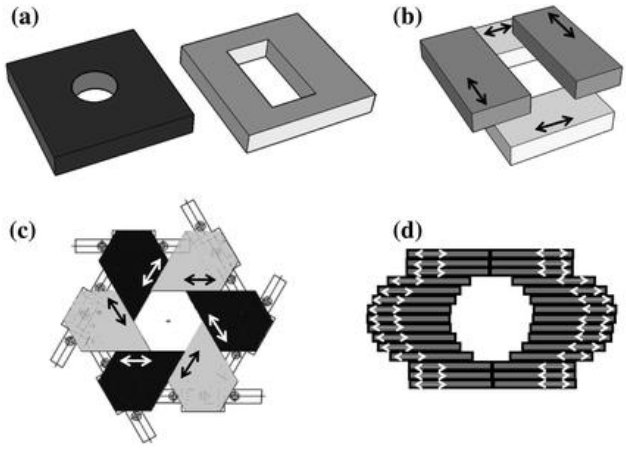
د اکس بريک وړانګودتشعشع ساحه درنا وړانګوپه مټ ټاکل کيږي. دنوموړې موخې لپاره په پيل کې دناروغ دبدن په سطحه باندې درنا وړانګې لګيږي چې دسطحې لاندې دسرطان نسجونه تشخيص شوي وي. درنا وړانګې د اکس بريک وړانګودتشعشع لپاره ټاکلې سطحه په ګوته کوي . ورپسې د اکس وړانګې يوازې په همدغه محدوده رنايزه ساحه light field کې عملي کيږي .

- **دفاصلې پيداکوونکی (Range finder) :**

درنا وړانګو په واسطه دناروغ بدن په سطحه باندې دسانتې مترسکيل scale (مقياس) پروجکشن projection کيږي . په نوموړې کړنلاره سره داکس وړانګومنبع اودبدن پوستکي ترمنځ واټن SSD ښوول کيږی چې داتياسانتې مترڅخه آن تريوسلوديرش سانتې متره 80 cm – 130 cm پورې تغيرکوی .

- **فوکس کوونکي جوړښتونه (Collimator Jaws) :**

دماشين په کوپړی کې دوه فوکس کوونکي جوړښتونه شتون لري چې پندوالی يې لږڅه اته سانتي متردی . لومړی فوکس کوونکی د اکس بريک وړانګودتشعشع اعظمي ساحه محدوده کوي . دويم فوکس کوونکی دځلوروپندوفلزي بلاکونوڅخه جوړدی چې دکوپړي په لاندې برخه کې پروت دی . دويم فوکس کوونکی د اکس بريک وړانګودتشعشع ساحه دځلورو خواوڅخه دومره محدوده کوي ترڅوچې دتومور Tumorحجم سره بيخي کټ مټ برابرشي .

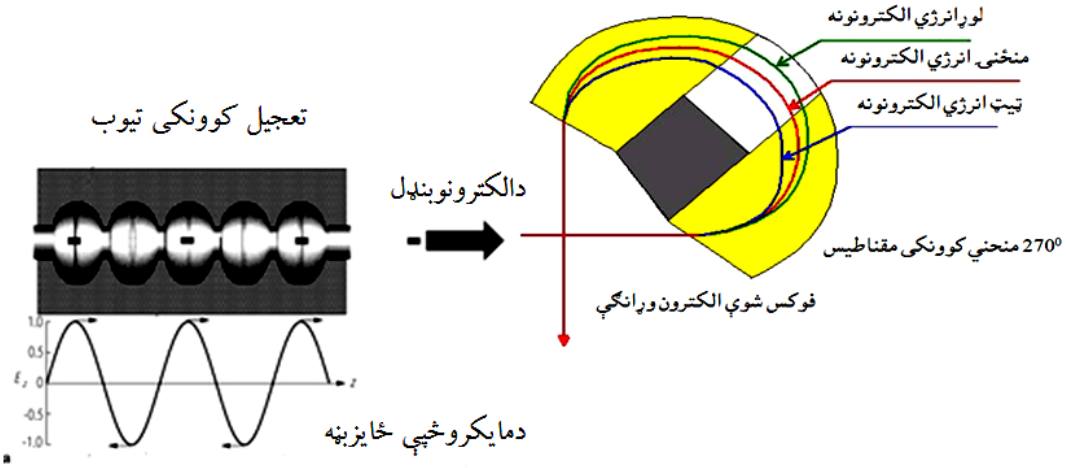


۱۵- ۴ الف شکل : داکس وړانګوفوکس کوونکي فلزي جوړښتونه کښل شوي دي چې داکس وړانګې ساحه محدوده کوي .

- **انحراف کوونکی مقناطيس (Bending Magnet) :**

کله چې الکترونونه دتعجيل کوونکي ټيوب اخر برخي څخه سم سيخ راوو ځي نويوپراخ انرژي طيف لري . ددې لپاره چې يوخوا دانرژي په تراوتوپيرلرونکي الکترونونه په يوه ټکي کې راغونډشي اوبلخوالوړانرژي الکترونونه په فضاء کې ډيره اوړده فاصله طی نه کړي نوله دې کبله مستقيم مسيرپه يوتاوشوی مسيراړول کيږی . دنوموړې موخې لپاره د يوه انحراف کوونکي مقناطيس څخه ګټه پورته کيږي . دانحراف کوونکي مقناطيس په مرسته دالکترونو وړانګې دخپل مستقيم مسيرڅخه په دوه سوه اويادرجه زاويه 270^0 کړي کيږی اوبيا وروسته په فوکس شوي شکل سم سيخ عموداً په فلزي هدف Target باندې

لګيږي . نوموړی مقناطيس لکه ديوبندپاس Bandpass په توګه کارکوي . په دې معنی چې د الکترونو بنډل څخه يوازې هغه الکترونوته انحراف ورکوي چې ټاکلې انرژي ولري. خوهغه الکترونونه چې انرژي يې ډيره لوړه اوياډيره ټيټه وي دالکترونوبنډل څخه ليرې کوي .



۱۵- ۵ شکل : د راډيو تراپي ماشين انحراف کوونکی مقناطيس ښوول شوی دی چې دلوړانرژي الکترونو بنډلونوته دخپل مستقيم مسيرڅخه په دوه سوه اويادرجه زاويه 270^0 انحراف ورکوي . په پايله کې دتوپيرلرونکي انرژي الکترونوبنډلونه په يوه ټکې کې راغونډيږي اوپه همدې ځای کې دتنګستن فلزپه هدف Target باندې لګيږي .

• دراډيو تراپي ماشين بشپړ الکترونيکي کنترول :

که چېرته د خطي تعجيل کوونکي ماشين دټولوبنسټيزوبرخوترمنځ دکارکولوپه تړاو هم غږي موجوده نه وي، نولوړانرژي اکس وړانګې اوياالکترون وړانګې نه شی توليدکيدلای . دنوموړې ستونځې دحل لپاره يوې پياوړې، دقيقې اوپرمخ تللې الکترونيکي سرکټ ته اړتياشته ده .

په ۱۵- ٦ شکل کې د راډيو تراپي خطي تعجيل کوونکي ماشين الکترونيکي سرکټ ښوول شوی دی . دراډيو تراپي ماشين دتخنيکي مشکلاتوله کبله نه شي کولای چې په دوامداره توګه کاروکړي اوورسره جوخت لوړانرژي الکترون وړانګې اويا اکس وړانګې توليدکړي . داځکه چې دخطي تعجيل کوونکي ماشين تل سوړساتل ،دبرقي انرژی سمبالول اوهمدارنګه دهواڅخه بيخي تش ساتل ډيرستونزمن اوحتي ناشونی کاردی .

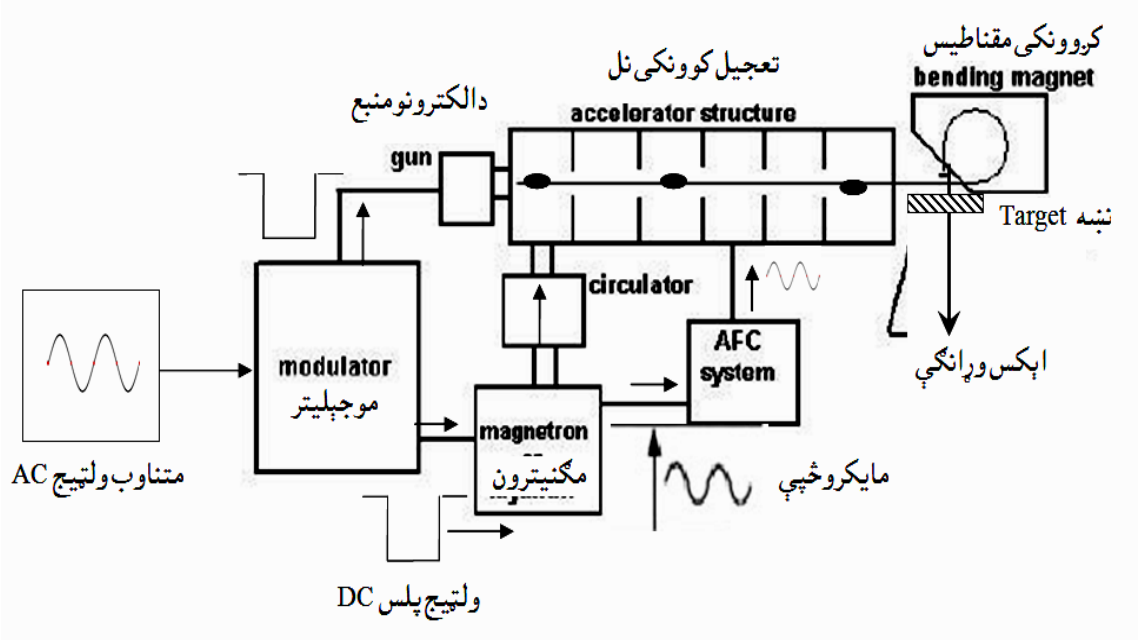
همدالامل دی چې په طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين کې درونتګن وړانګوتيوب په برخلاف الکترونونه په دوامداره توګه تعجيل نه مومي بلکې په يوڅه خنډاو ځنډسره په پلزيزډول pulsing تعجيل مومي .

په بله معنی په تعجيل کوونکي ماشين کې دالکترونوبنډل ته په دوامداره توګه نه بلکې په تکراري توګه په لړڅه ځنډسره تعجيل ورکول کيږي .

د ساري په ډول دبرقي سيګنال تکراري دوره لړڅه پنځه ملي ثانيې 5 ms اودتشعشع (رېناکيدنې) موده يې پنځه مايکروثانې 5μs دوام کوي . هرڅومره چې دبرقي سيګنال فريکونس لوړوي په هغومره اندازه په رېناکيدونکي جسم کې دالکترون وړانګودانرژي ډوزقدرت هم ډيروي .

ديوطبي خطي تعجيل کوونکی ماشين چې الکترونوته ترشل ميګاالکترون ولټ 20 MeV پورې تعجيل ورکوي دکلايسترون آلې ته اړتياده . دنوموړې موخې لپاره اړين ده چې دمايکروځپې منبع قدرت آن ترلس ميګا واټ 10 MW پورې ورسيږي . دومره لوړقدرته انرژي دهيڅ تخنيکي آلې څخه په دوامداره توګه نه شي توليدکيدلای . همدالامل دي چې خطي تعجيل کوونکی ماشين دپلس ولټيج په موډ pulse voltage mode سره کارکوي .

- په لومړي ګام کې دکلايسترون اودالکترون توپک electron gun دفعال کولوپه موخه د تريګرپلس Trigger Timing pulse په کارپيل کوي . ورپسې دکلايسترون لپاره منفي يوسلوشل کيلوولټ -120 KV متمادي ولټيج پلس DC pulses منځ ته راځي اود پنځه مايکروثانيي لپاره دوام کوي .دنومورې مودې په ترڅ کې دکلايسټرون آله فعاله کيږي اودمايکروځپې توليدکيږي . په پايله کې مايکروځپې تعجيل کوونکي تيوب ته ورننوځي .
- په دويم ګا کې دتريګرپلس په مټ هم مهال دانجګټردفعال کولوپه موخه منفي اتلس کيلوولټ متمادي ولټيج پلس -18 KV سمبال کيږي . دنومورې ولټيج پلس په مټ انجکټرپه کارپيل کوي اودالکترونو پلسيزجريان منځ ته راځي اوتعجيل کوونکي تيوب ته ورشړل کيږي .
- په درېيم ګام کې دالکترونو پلسيزجريان څخه دالکترونوبنډلونه جوړيږي اودمايکروځپوپه مټ دتعجيل کوونکي تيوب په اوږدوکې ګرځندې کيږي . دهريوه پلس ولټيج موده لږڅه پنځه مايکرو 5µs ثانيه ده . دنومورې وخت څخه وروسته دلږڅه پينځوڅخه ترشلوملي ثانيوپورې د پلس ولټيج شتون نه لري (pulse repetition time) اودهغې سره سم دالکترونوجريان هم په ټپه دريږي . خوپه همدې ترڅ کې يوخواتعجيل کوونکی ماشين داوبوپه مټ سوړ کيږي اوبلخوادبرقي انرژی سمبالول بېرته ترسره کيږي . په عادي توګه دولټيج پلسونه دوخت دورې هره پنځه ملي ثانيه 5ms وروسته توليدکيږي چې ددوه سوه هرځ فريکونس 200 Hz سره سمون خوري .

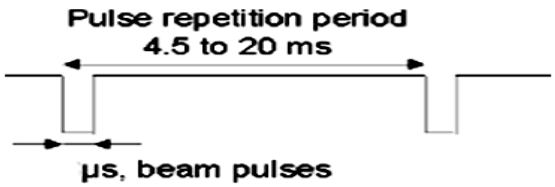


۱۵-٦ شکل : د راډيو تراپي خطي تعجيل کوونکي ماشين الکترونيکي سرکټ ښوول شوی دی .

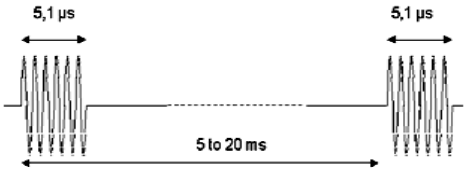
څرنګه چې دمايکروځپې دمګنيترون اوياکلايسترون آلي په مټ توليدکيږي نواړين ده چې ترټولوړومبی نومورې آله فعاله شي . دنومورې موخې لپاره لوړمتمادي ولټيج پلس DC pulse ته اړتياشته ده چې قيمت يې آن د 100 – 150 kV پورې رسيږی . دومره لوړمنفي پلس ولټيج دموجبلېټرپه واسطه توليدکيږي .

- **موجبلېټر (Modulator)**

موجبلېټر دتعجيل کوونکي ماشين هغه برخه ده چې دمګنيترون اوياکلايسترون دکارکولولپاره متمادي منفي ولټيج پلس DC pulse چمتوکوي اوهمدارنګه هم مهال دالکترونوانجکټر دفعال کولولپاره متمادي منفي ولټيج پلس چمتوکوي . په ۱۵- ۷ شکل کې دموجبلېټرجوښت ښوول شوی دی



دموجبلټرلوړولټيج منفي پلس ښوول شوی دی چې له ځلوروڅخه ترشل ملي ثانيي وروسته پرلپسې تکرارکيږي . د پلس پاېښت موده لږڅه پينځه مايکروثانيه ده .



دموجبلټرلوړولټيج منفي پلس سره همزمان اوپه هم غړی کي دمګنيټرون آله فعال کيږي اوترپينځه مايکروثاني پورې دمايکروڅپې توليدکوي . په شکل کې دمايکروڅپې پريوديک بڼه ښوول شوې ده چې د پينځو څخه ترشل ملې ثانيي وروسته تکرارکيږي.

۱۵- ۷ شکل : د موجبلټرپه مټ لوړمتمادي منفي ولټيج پلس توليدکيږي چې په لومړي ګام کې مګنيترون اويا کلايسترون اوپه دويم ګام کې دالکترونوانجکټرفعال کوي .

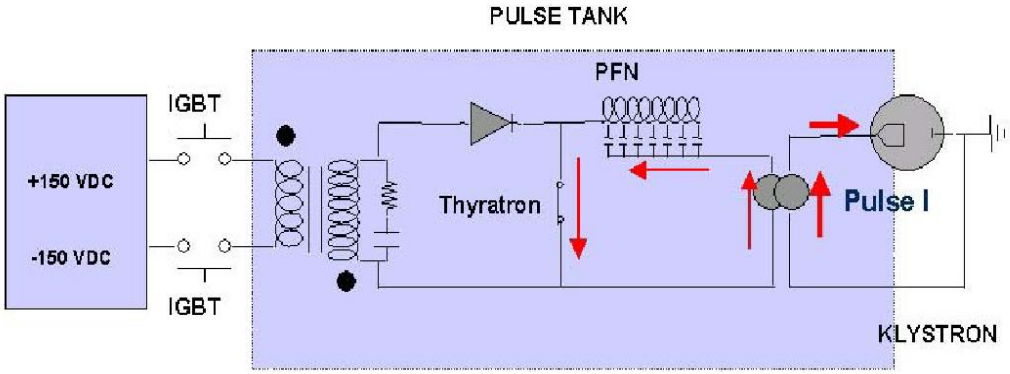
موجيلټر يوالکترونيکي سرکټ دی چې دمتمادي لوړولټيج قدرت سمبالوونکې HVPS منبع، يوسلسله خاذنو ،ګوټکونو،تايروترون Thyratron اوترانسفرمر Transformer څخه جوړدی . تايروترون يودول برښنايز سويچ دی چې آن دسل امپير(100 A) څخه هم لوړ برښنايز جريان ورڅخه تيريږي اوپه ډيرلنډوخت کې مړکولای off او بلولا ی On شي . دلوړولټيج HVPS په برخه کې ددږې فاز سم سيخ کوونکی پل bridge rectifier سرکټ په مټ متناوب برښنايز جريان AC په لوړمتمادي ولټيج پلس DC pulse باندې اړول کيږی چې لږڅه پنځه مايکروثانيي دوام کوي .

• د موجبلټر چارج کولودوره :

په پيل کې دمتمادي ولټيج منبع د سويچ IGBT په مرسته دترانسفرمرلومړی کړی سره ټرل کيږي . په همدې ترڅ کې دلومړی کړی برښنايز جريان Ip بهيږي . ورپسې په ترانسفرمرکې انرژي ذخيره کيږي اودوخت په تيريدوسره دايود Diode چارج کوي . کله چې په ترانسفرمرکې دارتياوړ انرژي ذخيره شوه نوسويچ IGBT خلاص کيږي اوپه ثانوي سرکټ کې ددايودخلاصې لارې په مټ خاذن اوګوټک سرکټ ته انتقال کيږي . په همدې ترڅ کې دLC سرکټ څخه ثانوي برښنايز جريان Is تيريږي . په نوموړې کړنلاره کې خاذنونه اوګوټکونه دومره چارج کيږي چې دولټيج قيمت يي آن تردېرش کيلو ولټ 30 KV پورې رسيږي . دخاذن اوګوټک سرکټ دLC سرکټ (Pulse forming Netwerk =PFN) په نوم يادېږي ،داڅکه چې دخاذن اوګوټک په مرسته دلوړولټيج پلس طول ته ددږې څخه ترشپږ مايکروثانيي (3-6 µs) پورې تغيرورکولای شو.

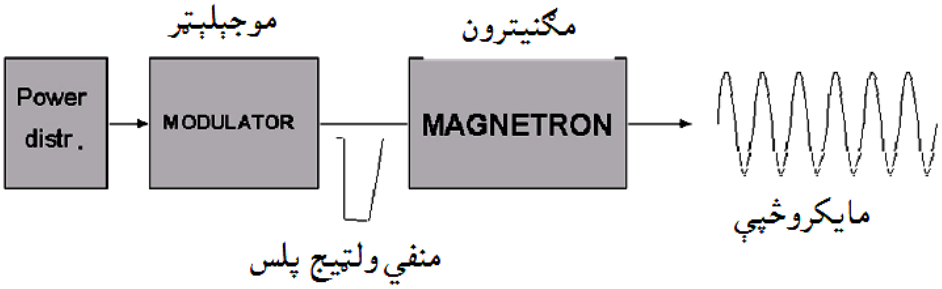
• د موجبلټر ډيسچارج کولودوره :

کله چې دتايروترون سويچ دتريګرپلس trigger puls په کارولوسره وټرل شي نوسمدلاسه په PFN کې ذخيره شوې انرژي دلوړقدرت پلس ولټيج په توګه ازاده کيږي . په بله معنی پخپله خاذنونه ډيسچارج کيږي خوګوټکونه دپلس ولټيج دوخت په تراو ځنډوي . په ثانوي سرکټ کې دولټيج پلس ديوسلوديرش کيلو ولټ څخه تريوسلوشپيته کيلو ولټ 130-160 KV پورې اودبرقي جريان پلس داويااامپيرڅخه آن تريوسلولس امپير A 70-110 پورې قيمت لري . په پايله کې نوموړي پلسونه دکلايسترون ماشين فعال کوي چې په Pulse I سره ښوول شوي دی .



۱۵- ۸ شکل : دموجبلېټرالکترونيکي سرکټ ښوول شوی دی چې دکلايسترون دکارکولولپاره يوخواادانجکټر دفعال کولولپاره بلخوا لوړمتمادي منفي ولټيج پلس DC pulse - توليدکوي

دموجبلېټر په منځ کې دالکترونيکي سرکټ دنده داده چې دلوړفريکونس مايکروڅپې دتوليدپه موخه يوخواداړتياوړولټج پلس چمتوکړي اوبلخواداالکترونوتوپک دخلاصولوکړنلاره داسې اعيارکړي چې دهغوی ترمنځ دوخت په تړاو هم غړي برقرارشي اوپه پايله کې الکترونونه دتعجيل کوونکي تيوب منځ ته وروشړي .

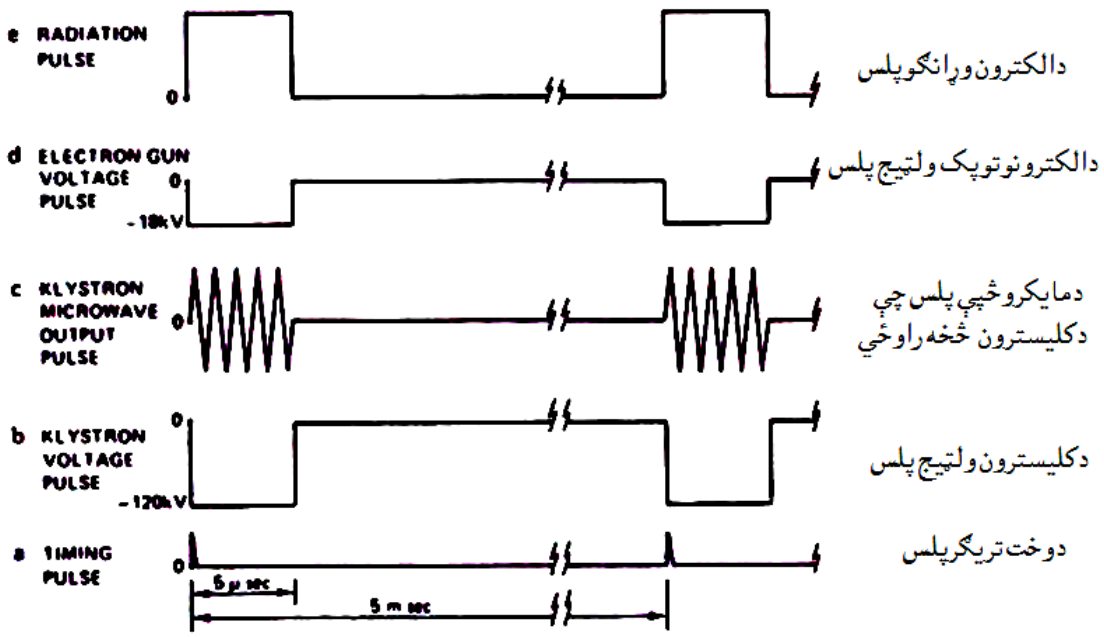


۱۵- ۹ شکل : دمايکروڅپې دتوليدکړنلاره ښوول شوې ده چې د مګنيترون Magnetron په آله کې منځ ته راځي.

دموجبلېټر Modulator په سرکټ کې لوړولټيج منفي پلس توليدکيږي او دمګنېترون آله فعال کوي . په پايله کې دمګنېترون آلي څخه دمايکروڅپې راوځي چې درې ګيګاهرځ فريکونس 3 GHz لري . .ورپسې لوړفريکونس مايکروڅپې دتعجيل کوونکي تيوب ته ورننوځي . هرکله چې دتعجيل کوونکي تيوب ټول جوړښتونه په مايکرو څپوباندې بشپړ ډک شي ،نوبياوروسته دالکترونوتوپک ته اجازه شته ده چې الکترونونه دتعجيل کوونکي تيوب منځ ته وروشړي . دنومورې موخې لپاره په دويم ګام کې دموجبلېټرپه مټ لوړولټيج منفي پلس په کتود Cathode باندې داسې عملي کيږي چې دمايکروڅپوفريکونس 3 GHz سره په مساعدښتوني وخت اومساعد ښتونې فريکونس کې مطابقت ولري .

- **دخطي تعجيل کوونکي ولټيج پلس Voltage Pulse ډولونه :**

په ۱۵- ۱۰ شکل کې دطبي خطي تعجيل کوونکي ماشين دفعال کولوپه موخه ټول هغه ولټيج پلسونه Voltage pulses ښوول شوي دي چې د راډيو تراپي په ماشين کې ورڅخه ګټه پورته کيږي .



۱۵- ۱۰ شکل : د راډیو تراپي په ماشین کې دوخت په تړاوټول هغه هرارخیزولټیج پلسونه Voltage pulses ښوول شوي دي چې په کلایسترن Klystron،مګنیترن Magnetron اوانجکټرباندي عمل کوي اوپه پایله کې کلینیکي اکس وړانګې تولیدکیږی . دپام وړده چې دوخت محورځینې برخه په مایکروثانیې اوځینې برخې په ملي ثانیې ویشل شوي دي . د ښلګې په توګه د وړانګولومړي پلس دتشعشع موده پنځه مایکروثاني ده اوهغه وخت چې د وړانګودویم پلس تکرارکیږي پینځه ملي ثانیې دی.

a) Time trigger pulse :

دوخت تریګرپلس په مټ په موجښټر Modulater کې منفي پلس تولیدکیږی چې سمدلاسه دالکترونوتوپک Electron gun اودکلایسترون آله فعال کوي .

b) Klystron Voltage pulse :

دکلایستر ن ولټیج پلس ترمنفي یوسلوشل کیلو ولټ (-120 kV) پورې پورته ځی اولږخه پنځه مایکروثانیې 5μs دوام کوي .

c) Klystron microwave output pulse :

په همدې ترڅ کې دکلایسترن ماشین په کارپیل کوي او دمایکروځپې ورڅخه راوځي . تولیدشوې مایکروځپې هم پینځه مایکروثانیې دوام کوي چې درې ګیګاهرڅ فریکونس 3 GHz لري .

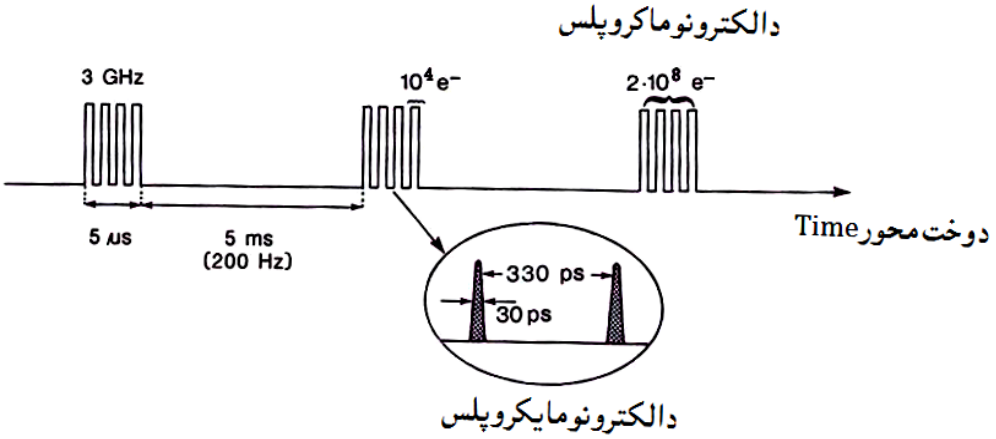
d) Electron gun voltage pulse :

دالکترونوتوپک اویا په بله معنی انجکټر دمنفي اتلس کیلوولټ پلس (-18 kV) په مټ فعال کیږی اودپنځه مایکروثانیې لپاره دالکترونوپلسیزجریان تولیدکوي .

e) Radiation pulse :

دالکترونوپلسیز جریان دتعجیل کوونکي تیوب بنچر Buncher Cavity برخې ته ورننوځي اودمایکروځپوپه مټ تعجیل مومي . په بنچرکې دالکترونوپلسیزجریان په یوه Buncher بنډل اوړي اودتعجیل کوونکي ټیوب په اوږدوکې دمتحرکې مایکروځپې په مټ آن دنورپه سرعت حرکت کوي. ورپسې دالکترونولوړانرژي بنډل دتعجیل کوونکي ټیوب څخه راوځي اوپه فلزي هدف باندې لګیږي. په پایله کې دکلینیکي فوتون وړانګوپلس منځ ته راځی . که چېرته ددرملنې په موخه دفوتون وړانګوپرځای کلینیکي الکترون وړانګوته اړتیاپیداشي نودالکترون وړانګې پرته له دې چې داکس وړانګو په هدف x-Ray Target باندې ولګیږي سم سیخ په ناروغ باندې لګیږی

په ۱۵- ۱۱ شکل کې دطبي خطي تعجيل کوونکې ماشين دکلينيکي الکترون وړانګې پلس Radiation pulse ښوول شوی دی چې دلنډوبرسټونو bursts اواوږدوبرسټونوڅخه جوړدي . هريوبرست burst پنځه مايکروثانيې 5μs دوام کوي . خو وروسته له هرې پنځه ملي ثانيې (200 Hz) 5 ms څخه دالنډ پنځه مايکروبرسټونه پرلسې تکرارکيږي.



۱۵- ۱۱ شکل : په يوه طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دکلينيکې الکترون وړانګو پلسونه دوخت په تابع سره کښل شوي دي چې دماکرو پلسونو Macropulse اومايکروپلسونو Micropulse په نوم يادېږي .

کله چې دالکترونوبنډلونه دمايکروڅپوپه مټ دخطي تعجيل کوونکي په تيوب کې بشپړتعجيل ومومي نوبيادتعجيل کوونکي تيوب په اخر برخه کې هره درې سوه ديرش پيکوثانيه 330 ps يوبنډل راوځي . نومورې وخت ددرې ګيګاهرڅ فريکونس 3 GHz سره سمون لري . دالکترونويوبندل پلس موده ديرش پيکوثانيه 30 ps ده . دالکترونوهريوبنډل پلس چې ديرش پيکوثانيې 30 ps دوام لري لږڅه لس زره الکترونه (10 000e-) لري اودمايکروپلس Micropulse په نوم يادېږي ځرنګه چې دمايکروڅپې توليدونکې آلې (مګنيترون) قدرت محدوددی نوله همدې لا مله يوازې د پنځه مايکروثانيې 5 μs په موده کې مايکروڅپې توليدکيږي. په دې معنی چې دالکترونوبنډلونه هم يوازې د پنځه مايکروثانيې لپاره دوام لري د پنځه مايکروثانيې په موده کې لږڅه شل زره مايکروپلسونوتوليدکيږي اوپه مجموع کې ماکروپلس Macropulse تشکيلوي . په پايله کې په يوه ماکروپلس کې دوه سوه مليونه (2.10^8)الکترونه شتون لري .

په ټوليزه توګه په طبي خطي تعجيل کوونکي ماشين کې دپلس تکراري فريکونس ساحه د 25 Hz – 500 Hz پورې ټاکل کيدلای شی . په همدې کړنلاره سره کولای شوچې د وړانګوانرژي ډوز Radiation Energy Dose ته داړتياسره سم تغيرورکړو.

په بله معنی هغه مقدارانرژي ډوزچې د ناروغ په درملنه کې ورته اړتياليدل کيږي په دې توګه کنترول کولای شو چې دولتيج پلسونو شمېر ته په يوه ثانيه کې تغيرورکړو. د ساري په ډول ددېرشوپلسونوڅخه آن تر پنځه سوه پلسونوپورې په يوه ثانيه کې تغيرورکولای شو.

- **دالکترون وړانګو هدف يانښه (Electron Radiation Target) :**

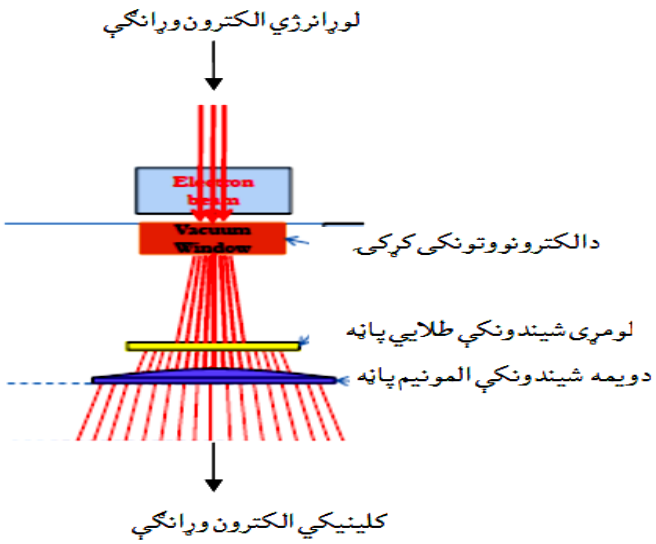
کله چې لوړانرژي الکترون وړانګې دانحراف کوونکي مقناطيس څخه سم سيخ عموداً ښکته خواته راووځي نود وړانګوقطريي تقريبا دوه ملي مترmm 2 ~ قيمت لري . خو ددرملنې په موخه داسې کلينيکي الکترون وړانګوته اړتياشته ده چې دتشعشع ساحه يي په سل سانتي متروانچ کې (isocenter) د $2 \times 2\ cm^2$ څخه پورته خواته آن تر $25 \times 25\ cm^2$ پورې وي . نومورې ستونزه په تخنيکي توګه داسې حل کيږی چې دلوړانرژي الکترون وړانګې دمحورپه اوږدوکې دلومړی اودويمې فلزي نريوشيندونکوپاڼو scattering foil څخه تيريږي . په عادی صورت کې لومړی شيندونکې پاڼه دطلا,gold څخه اودويمه فلزي شيندونکې پاڼه دالمونيم فلز (Al) څخه

جوړه وي . دطلاشيندونکي پانې پندوالی دشپږ MeV 6، دولس 12 MeV اواتلس 18 MeV ميګاالکترون ولټ الکترون انرژي لپاره په خپل وارسره مساوی دی له : 40 micron ,130 micron , 260 micron .

کله چې لوړانرژی الکترونونه دطلايي شيندونکي پانې ته ورننوځي نودطلاداټومونوسره ډيرځله دکولومب غبرګون coulomb scattering ترسره کوی . په پايله کې دطلايي پانې ترشابرخه کې الکترونونه دګواسين ګراف شکل Gaussian shape په شان په پراخه ساحه کې شيندل کيږی . همدالامل دی چې دالمونيم دويمه شيندونکي پانې هندسي شکل کټ مټ دګواسين ګراف په شان يو پايپ لري ترڅودالکترون کلينيکی وړانګويومتجانس هموارويش منځ ته راشي . دالمونيم شيندونکي پانې پندوالی دشپږ، دولس اواتلس ميګاالکترون ولټ الکترون انرژي لپاره په خپل وارسره مساوی دی له :

(300 micron ; 3600 micron ; 4500 micron)

په ۱۵-۱۲ شکل کې دکلينيکي الکترون وړانګودتوليدتخنيکې کړنلاره شوول شوې ده .



۱۵- ۱۲ شکل : دکلينيکي الکترون وړانګودتوليدتخنيکې کړنلاره ښوول شوې ده . لوړانرژي الکترون وړانګې ددووفلزي نريوپانوڅخه تيريږي اوترشاپې په پراخه ساحه کې کلينيکي الکترون وړانګې منځ ته راځی .

- **داکس بريک وړانګو هدف يانښه (X- brake radiation Target) :**

داکس بريک وړانګو هدف يا تارګټ د راډيو تراپي ماشين هغه برخه ده چې هلته ددرملنې په موخه دفوتون وړانګې (اکس بريک وړانګې) توليدکيږی . په عادي توګه هدف دتنګستن Tungsten فلزڅخه جوړ وي . دتنګستن هدف لړځه يوسانتي مترپلنوالی اودري ملې متره پندوالی لري . دتنګستن نښې شاوخواترلې برخه دمسو اوجست الياژ(برنج) تشکيلوي . دبرنج دايروي شکله برخې په منځ کې دتنګستن هدف پروت دی . دبرنج برخې څخه داوبوجريان تيريږي اوپه دې توګه دتنګستن هدف تل سوړساتل کيږی . دبرنج قطرلړځه څلورسانتي متراوپندوالی يې لړځه يوسانتي متردی .

کله چې دانحراف کوونکي مقناطيس څخه دالکترونوفوکس شوی بنډل راووځي نو سم سيخ دتنګستن فلزپه هدف باندې لګيږي .

په پايله کې لوړانرژي رونتګن بريک وړانګې X- brake radiation منځ ته راځي چې دفوتون وړانګو photon Radiation په نوم هم يادږي . کله چې يوالکترون دتنګستن فلز د تارګټ يعنی دنښې اتوم مثبت چارج شوې هستې په څنګ کې سم سيخ تيريږی ، نودکولومب برښنايز قوې تراغيزې لاندې راځي اوله همدې لا مله دخپل سمت څخه کوږکيږی . په

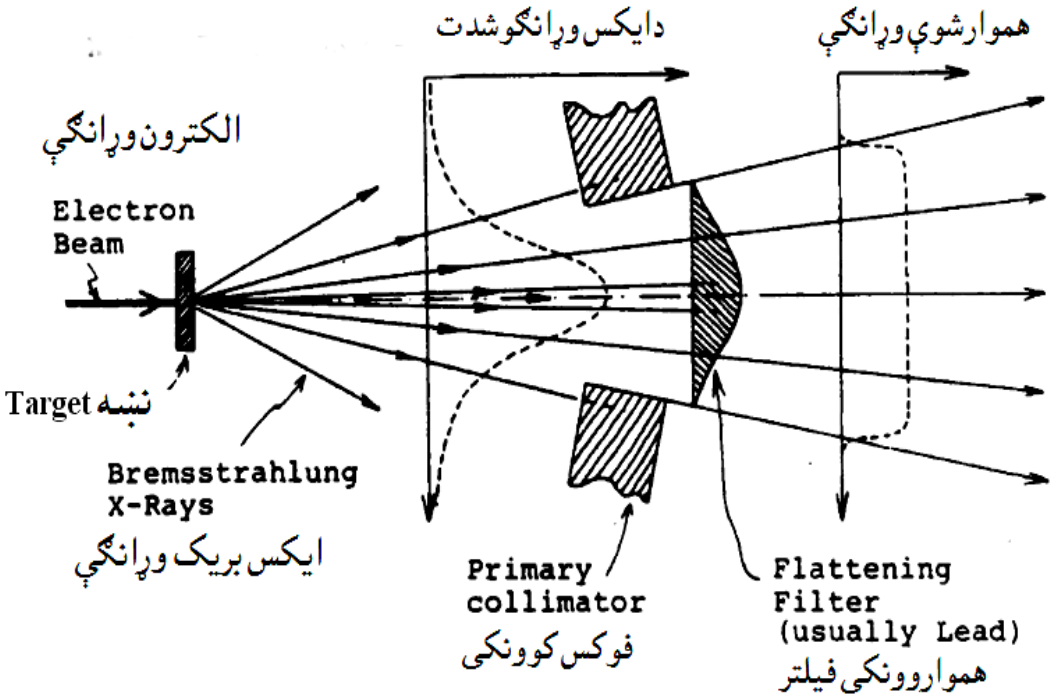
نوموړي کړنلاره کې يوالکترون يادا‌چې په يوه ټکرکې خپله ټوله حرکي انرژی اويادا‌چې په پرلپسې ټکرونوکې خپله ټوله حرکي انرژی دلاسه ورکوي ترڅوچې بيخي په ټپه ودريږي . په پايله کې دالکترون ضايع شوې حرکي انرژي د رونتگن بريک وړانگو Röntgen Bremsstrahlung په ډول منځ ته راځي.

درونتگن بريمزوړانگودتوليدنوموړي کړنلاره دومره ډيره گټوره نه ده ،داځکه چې دتنگستن فلزپه هدف يعنی تارگټ کې دتصادم کوونکو الکترون حرکي انرژي څخه يوسلنه 1%~ برخه رونتگن وړانگې توليدکيږی اوپاتې نهه نوي سلنه 99% برخه پرته له گټې په حرارت اوړي .

درونتگن بريک وړانگې X- brake radiation يومتمادي طيف لري چې د توپيرلرونکو انرژيو څخه جوړدی د ساري په ډول که يوالکترون دمايکروڅپوپه مټ شپږمليونه الکترون ولټ انرژي 6 MeV ترلاسه کړي اوبيا دتنگستن فلزپه هدف ولگيږي نودتوليدشووفوتون وړانگوانرژي دصفرڅخه پيل کيږي او آن تراعظمي قيمت شپږ مليونه ولټ .6MVx-rays پوري رسيږي . همدالامل دی چې ددود سره سم دMeV 6 پرځای چې دالکترونواعظمي انرژي ده دفوتون وړانگوانرژي په .6MV باندې ښوول کيږي .

څرنگه چې درونتگن وړانگوطيف دمشخصه اومتمادي مغلق طيف څخه تشکيل شوی دی نوله همدې لا مله داسانتياپه موخه اغيزمن انرژي طيف تعريف شوی دی .

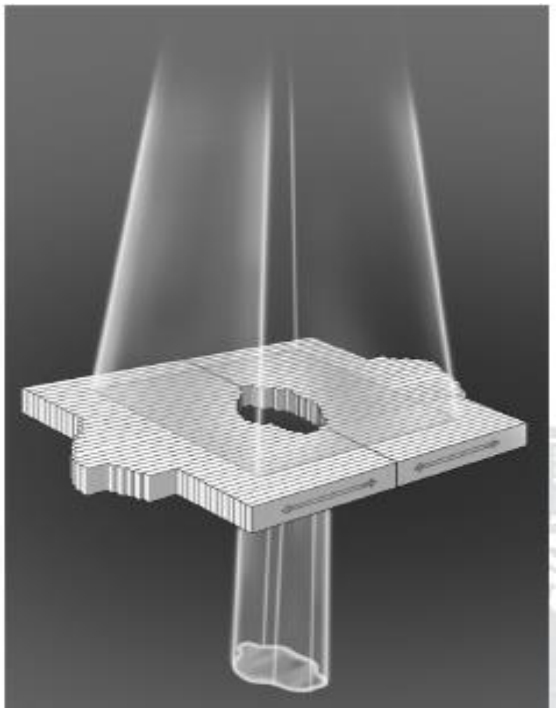
اغيزمن انرژي طيف هغه واحده انرژي ده چې په اوبوکې په همغه اندازه دننوتلو وړتياولري لکه چې يې مطلوب متمادي بريک وړانگو طيف لري . دساري په ډول که په يوه تعجيل کوونکي ماشين کې دالکترونوانرژی 35 MeV قيمت ولري نودتنگستن نښې لپاره درونتگن بريک وړانگوتوليدشوې انرژي تقريبايوپه دريمه 1/3 برخه يعنې پنځه ويشت ميگاولټ (25 MV) ده .

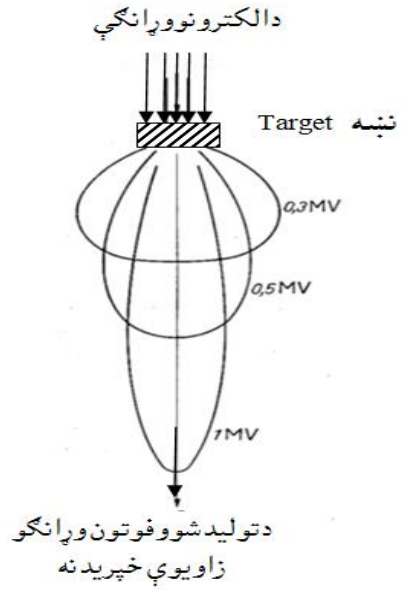


۱۵- ۱۳ شکل : لوړانرژی الکترون وړانگې Electron Beam دتنگستن فلزپه هدف Target باندې سم سيخ لگيږي اودنښې يعنی تارگټ ترشابرخه کې داکس بريک وړانگې Bremsstrahlung (X-Ray) توليدکيږي . څرنگه چې د اکس بريک وړانگوشدت دگوس gauß وښ په شان يوڅوکورمتناظروښ لري نوپه کلينيکي

تړاوګټورنه دي . نوموړې ستونزه په تخنيکي ډول داسې حل کيږي چې په لومړي ګام کې د اکس بريک وړانګوپراخ غيرمتجانس شدت دفوکس کوونکواومتحرکو فلزي لوحو په مرسته محدودکيږي چې دابتدايي کوليمتر Primary Collimator په نوم يادیږی . په دويم ګام کې د اکس بريک وړانګودشدت مرکزي ځوکوره برخه دسرپ فلزپه مرسته جذب کيږي . دسرپ فلزي ټوټه داسې هندسي شکل لري چې په مرکزکې پنډاوځنګ خواته نرۍ دی . همدالامل دی چې د اکس بريک وړانګوشدت په مرکزکې ډيراوپه څنډه کې لږجذب کيږي . په پايله کې د اکس بريک وړانګوشدت يو هموارمتجانس پلن وښ منځ ته راځي . دسرپ فلزټوټې ته همواره وونکي فيلتر Flattening Filter ويل کيږي .

۱۵- ۱۴ شکل : په کين خواشکل کې لوړانرژي الکترونونه په يوه هدف باندې لګيږي اوهلته خپله ټوله حرکې انرژي دلاسه ورکوي اوپه ټپه دريږي . په پايله کې داکس بريمزوړانګې توليد کيږي . دنښې شاخواته دا يکس بريک وړانګوزاويوي وښ دلويدونکولوړانرژي الکترونوانرژي په تابع سره ښوول شوی دی. لوړانرژي اکس بريمز وړانګې لکه يوميګاولټ فوتون 1MV ترټولووړاندې خواته خپريږی اوځوکور وښ لري.



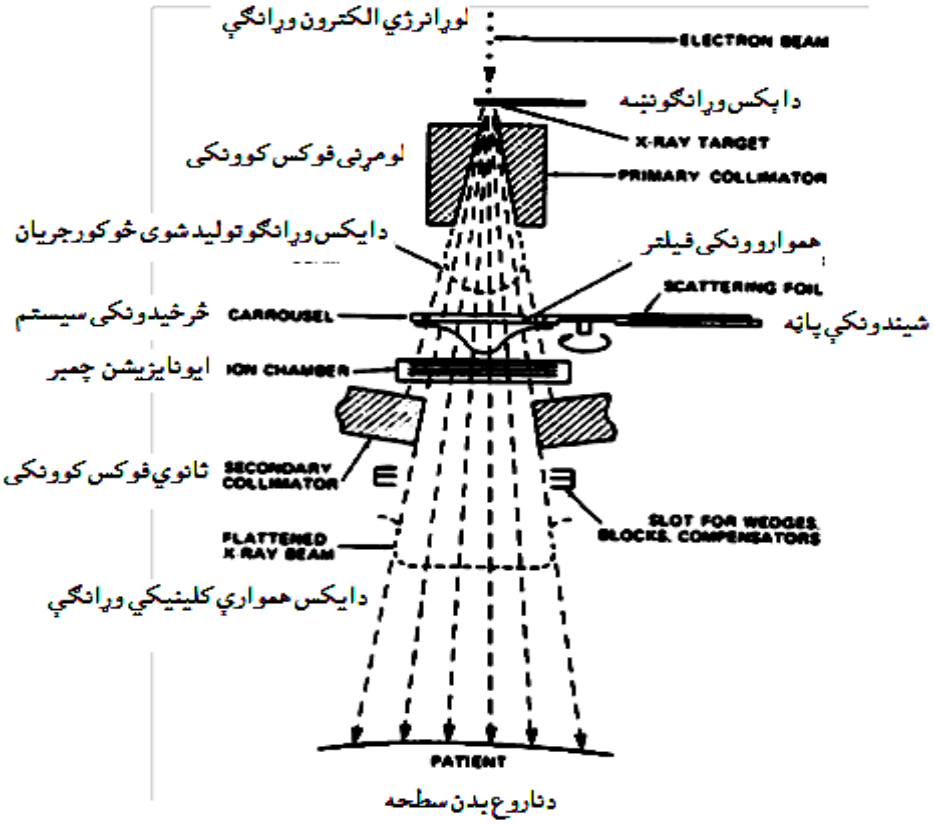


۱۵- ۱۴ شکل ښي خواته دملټي ليف کولېمټرفلزي پاڼو Multileaf جوړښت ښوول شوی دی چې دمنځ سورې څخه داکس بريمزوړانګې تيريږي . دکمپيوترپه مرسته اوتوماتيک دکولېمټرفلزي پاڼې په افقي سطحه کې ترهغه وخته پورې حرکت کوي ترڅو دلويدونکو وړانګوساحه دکلينيکي نښې حجم (دتومورحجم) سره په هم غږي کې په هندسي بڼه محدوده شي . په پايله کې داکس بريمزوړانګې يوازې دهغې برخې څخه تيريږي چې هلته دکولېمټرفلزي پاڼې شتون نه لري اوخلاص سوری ولري. خودسرچينې څخه دلويدونکو وړانګوپه هغه سا حه کې چې دکولېمټرفلزي پاڼې شتون لري وړانګې نه شي تيريدلای اوله همدې لا مله دبدن دتومور Tumor په شاوخواکې سا لمو نسجونه د وړانګودخطرڅخه په امن کې ساتل کيږي.

- **دکلينيکي فوتون وړانګو توليد : (Clinical photon beam production)**

د کلينيکي فوتون وړانګودتوليدپه موخه لوړانرژي فوکس شوي الکترونونه کوم چې دانحراف کوونکي مقناطيس څخه راوځي سم سيخ په يوه فلزي هدف لکه تنګستن فلز باندي عموداً لګيږي . ديادولووړه چې دکلينيکي فوتون وړانګونوم ځکه ورکړل شوی دی چې دسرطاني ناروغيوپه درملنه کې ورڅخه ګټه پورته کيږي کله چې لوړانرژي الکترونونه دتنګستن اټوم مثبت هستې ته ورنږدي تيريږي نودکولموب قوې تراغيزې لاندې راځي اودخپل سم سيخ مسيرڅخه کاږه کيږي . په دې ترڅ کې الکترونونه خپله حرکې انرژي بايلي اوپرځای يې دفوتون کلينيکي وړانګې منځ ته راځي . ځرنګه چې دتوليدشووفوتون وړانګوشدت دمحورپه برخه کې لوړه څوکه لري او دځنډوپه برخه کې دنوموړووړانګوشدت پرلپسې کمښت مومي نوله همدې لا مله په لاره کې دالمونيم همواره ونکي فيلتر Flattening filter څخه تيريږي . په پايله کې ددرملنې لپاره مساعد هموار،پلن ،مسطح اومتجانس اکس بريک وړانګې منځ ته راځي چې د کلينيکي فوتون وړانګوپه نوم هم يادیږي .

په ۱۵-۱۵ شکل کې دکلينيکي فوتون وړانګودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده .

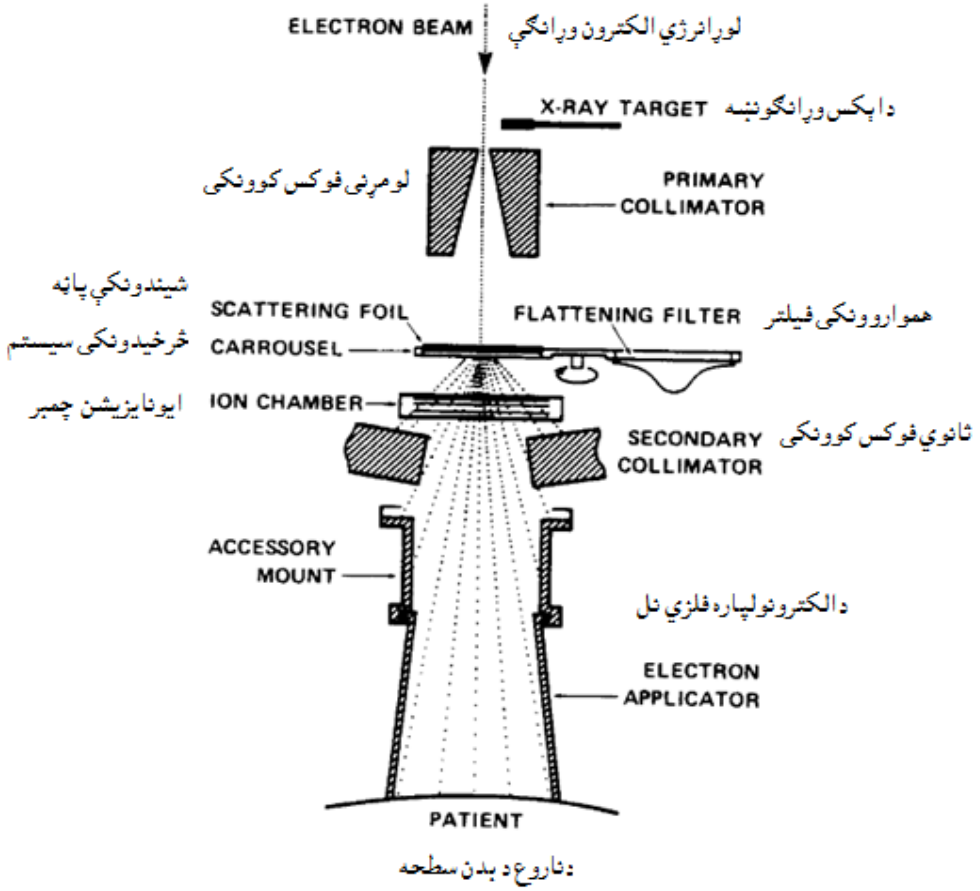


۱۵- ۱۵ شکل : دکلينيکي فوتون وړانګو توليدکړنلاره ښوول شوې ده .کله چې لوړانرژي فوکس شوي الکترونونه دانحراف کوونکي مقناطيس څخه سم سيخ راووځي نود اکس بريک وړانګوپه هدف (X- brake radiation Target) باندې لګيږي . په نوموړې هدف کې الکترونونه دنښې اتوم مثبت هستې سره دکولومب قوې پر اساس غبرګون کوي اوکلينيکي اکس بريک وړانګې توليدکيږي . دلومړني اوثانوي فلزي کوليمېټر (Collimator Jaws) په مرسته داکس بريک وړانګوشدت فوکس کيږي اوهمدارنګه يې درښاساحه محدوده کيږي . په پايله کې د اکس کلينيکي بريک وړانګې دناروغ په بدن باندې لګيږي چې درښاساحه يې متجانس اوپلنه همواره سطحه لري.

- **دکلينيکي الکترون وړانګوتوليد : (Clinical electron beam production):**

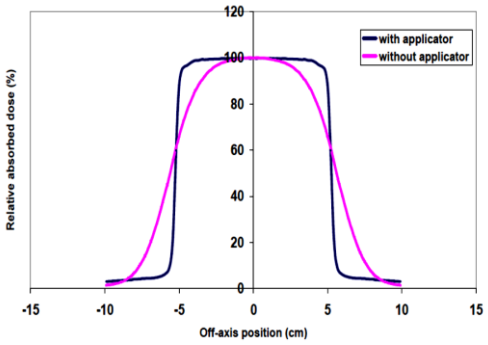
که چېرته دسرطاني ناروغيوددرملنې لپاره دفوتون وړانګوپرځای الکترون وړانګې ګټوروګڼل شي، نوپه دې صورت کې دتنګستن فلز هدف يعنی تارګټ اوهمواره وونکی فيلتر دمحورمسيرڅخه څنګ خواته ايستل کيږي اوپرځای يې دالکترون انرژي انتخاب سره مناسب يوه شيندونکې طلايي پاڼه فويل scattering foil کښېنول کيږی . نوموړې تخنيکي کړنلاره ديوه څرخېد ونکي سيستم په واسطه ترسره کيږی . ورپسې دالکترونولوړانرژي وړانګې سم سيخ دطلا اوياسوچه فولا دو په يوه نری پاڼه باندې لګيږي او دتيريدلو څخه وروسته هرې خواته شيندل کيږي . ديوې فلزي پاڼې کارول اړين دی داځکه چې کله الکترونونه دانحراف کوونکي مقناطيس په مټ فوکس شي نودانرژي طيف څوکه يي ډيره نری اويوازې لږڅه درې ملي متره وي . خوکله چې دالکترونو وړانګې په طلايي پاڼه باندې ولګيږي نو الکترونونه په يوه پراخه پلنه ساحه کې شيندل کيږي .

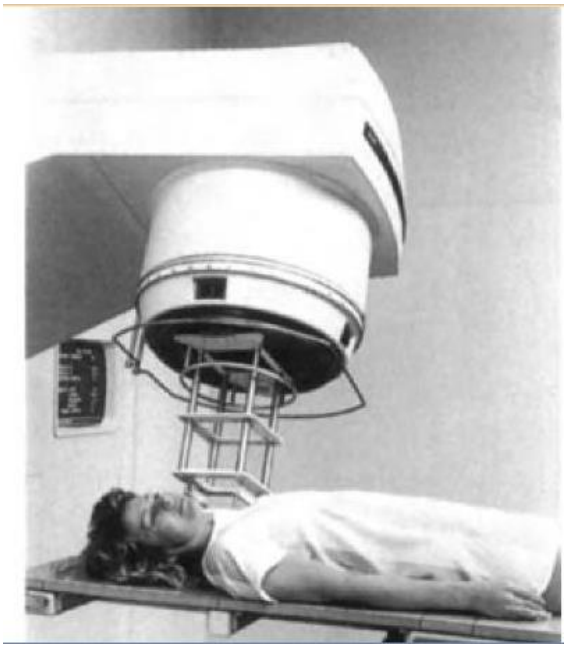
په پايله کې ددرملنې لپاره دالکترونو وړانګو يوه پلنه اوهمواره ساحه منځ ته راځي او دناروغ په بدن باندې پراخه سطحه دالکترون وړانګوترتشعشع لاندې راتلای شي



۱۵- ۱٦ شکل : دکلينيکي الکترون وړانګودتوليدکړنلاره ښوول شوې ده . کله چې دالکترون وړانګې دشيندونکې فويل scattering foil څخه تيرې شي، نوپه لاره کې دهواموليکولونوباندې لګيږي اوهرې خواته شيندل کيږي. ددې لپاره چې دالکترون وړانګوشدت يوخوافوکس شي اوبلخوادالکترونو وړانګيزه ساحه دتومورحجم سره برابروټاکل شي ،نودناروغ اودشيندونکې فويل foil ترمنځ يوځلورکونجه نل ډوله آله کيښول کيږي. نوموړې آله دالکترون اپليکيټر Electron Applicator په نوم يادیږي.

کلينيکي الکترون وړانګې دپوستکې تومورونو درملنې لپاره اويا آن تردې سانتې مټره پورې ژورتومورونوپه درملنه کې اړين رول لوبوي . دساړې په توګه دالکترون وړانګوانرژي چې په بدن کې دژوروتومورونوددرملنې لپاره ورځخه ګټه پورته کيږی دشپږمیګاالکترون ولټMeV 6 څخه تر شل میګاالکترون ولټ MeV 20 پورې رسيږي. دالکترون وړانګوبرترې دفوتون وړانګوپه پرتله داده چې هغه سالم غړي چې دتومورلاندې ژورپراته دي د وړانګودخطرڅخه خوندي ساتل کيږي .





۱۵- ۱۷ شکل : په ښې خواانځورکې دالکترون وړانګوپه مټ دناروغ دغاړې برخې تومور درملنه ترسره کيږي .په کين خواګراف کې دالکترون اپليکيټرElectron Applicator ګټوره اغيزه ښوول شوې ده چې دناروغ په بدن کې دجذب شوې انرژي ډوزنسبي ويش څرګندوي. دالکترون اپليکيټرپه کارولوسره دتومورحجم سره برابرانرژي ډوزورکول کيږي چې ګراف يې څلورکونجه شکل لري . که چېرته دالکترون اپليکيټر استعمال نه شي نوګراف څوکه هموراوڅلورکونجه سطحه نه لري اوشاوخواسالموحجروته هم دالکترون وړانګې رسيږي ، دالکترون اپليکيټر په کارولوسره ګاونډي سالم نسجونه دالکترون وړانګودخطرڅخه په امن کې ساتل کيږي . (47)

- **آيونايز يشن چمبر (Ionization chamber system) :**

مخکې له دې چې توليدشوې کلينيکي وړانګې دناروغ په بدن باندې ولګيږي اړين ده چې د وړانګوانرژي ډوزمقداردقيق اندازه شي. همدالامل دی چې کلينيکي وړانګې ددوو خپلواکو ډوز مونيټور سيستمونو Dose Monitorsystems څخه تيريږی .

دډوز Dose هريوسيستم دځلوروځانګړو آيونايز يشن چمبرڅخه جوړدی . دهغوی څخه ددوو آيونايز يشن چمبردنده داده چې درښاشوومونيټورواحدونو Monitor units (MU) شمېر اندازه کړي . کله چې کلينيکي اکس وړانګې اويا کلينيکي الکترون وړانګې دډوزمونيټورسيستم څخه تيرې شي نوپه آيونايز يشن چمبر کې برېښنايز زيګنالونه توليدکيږي. برېښنايز زيګنالونه په خپل وارسره په مونيټورواحد (MU) باندې ښوول کيږي . په عادي توګه يومونيټورواحد (1MU) لږڅه

ديوسانټي ګرې انرژي 1 cGy سره سمون خوري . په بله معنی دمونيټورواحدونو MU اودانرژي ډوزپه واحد ګرې Gray = Gy = 1Joule/kg ترمنځ اړيکې اندازه کولوته دراډيو تراپي ماشين کليبريشن Calibration ويل کيږي .

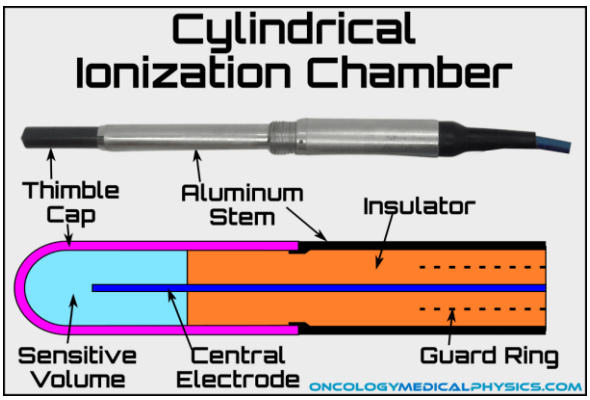
$$100\ MU = 100\ cGy = 1\ Gy$$.

نوموړې کړنلاره دطبي فزيک کارپوه په واسطه ترسره کيږی اود راډيو تراپي ماشين کليبريشن Calibration په نوم يادیږي . په دې معنی چې د آيونايز يشن چمبر په مټ اندازه شوي مونيټورواحدونه څومره مقدارانرژي سره سمون لري چې دهغې په اساس ناروغ ته تجويزشوې انرژي ډوز ورسيږي .

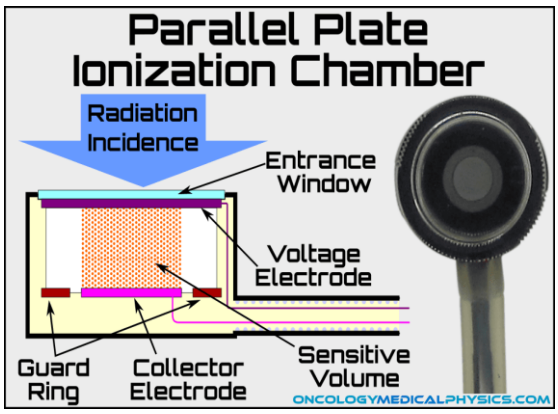
په پيل کې ناروغ ته د راډيو تراپي ماشين په چلان (beam on) کولوسره دتجويز شوو prescribed مونيټورواحدونو (MU) شمير په اندازه انرژي ډوزورکول کيږی . دمونيټورنوموړی شمېرواحدونه په Monitor 1 سيستم کې ښوول کيږي .

دويم مونيټورسيستم Monitor 2 داسې اعيارشوی دی چې که چېرته دلومړې مونيټور سيستم له لارې خدای مه کړه دتجويز شوومونيټورواحدونوڅخه پينځه سلنه 5% زيات مونټورواحدونه (MU) ناروغ ته ورسيږي نوسمدلاسه دويم مونيټورسيستم د تراپي ماشين مړکوي يعنې ماشين په ټپه دريږي .

نوموړې تګلاره دخطردمخنيوي په موخه ډيره اړينه ده داځکه چې که چېرته لومړی مونيټورسيستم په تخنيکي ټراو نيمګړی کاروکړي نوپه دې حالت کې دويم مونيټورسيستم رابنيي چې ناروغ ته په کومه کچه اضافګي انرژي ډوزرسيدلې ده . په بله معنی دويم مونيټورسيستم دکنترول ډنده په غاړه لري اوداړتياپه وخت کې ماشين مخ ترمخه مړکوي .



کلينيکي آيونايز يشن چمبر



موازي همواره آيونايز يشن چمبر

۱۵- ۱۷ الف شکل : دوه ډوله آيونايز يشن چمبر **Chamber** کښل شوې دي چې په راډيو تراپي ځانګه کې داکس وړانګوانرژي ډوزاندازه کولوپه موخه ورځخه ګټه پورته کيږي

د راډيو تراپي عصري ماشينونه ددې توانايي لری چې دانرژي ډوزقدرت Dose rate يې په يوه متر واټن اويوه دقيقه کې ددوه سوه سانټي ګرې څخه آن ترپنځه سوه سانټي ګرې (200 cG/min – 500 cGy/min) پورې وټاکل شی . د ساري په ډول دشپږميګاولټ 6 MV فوتون وړانګولپاره دانرژي ډوزقدرت 300 MU/min اود پنځه لس ميګاالکترون ولټ 15 MV فوتون وړانګو لپاره دانرژي ډوزقدرت 500 MU/min قيمت لري .

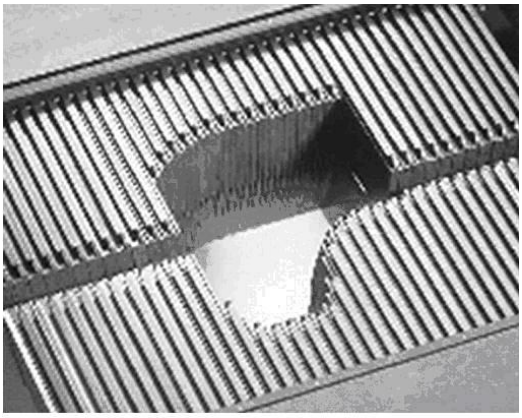
ځرنګه چې دراډيو تراپي په ماشين کې اکس وړانګې په دوامداره توګه نه توليدکيږي بلکې دمايکروپلسونوپه شکل توليدکيږي اوهغه هم يوازې ددوو څخه ترڅلورومايکروثانيي پورې دوام لري . همدالامل دی چې بايد ديوې خوادپلس تکراري فريکونس ورزيات شي اوبلخواد الکترونوپه يوه مايکروپلس کې دالکترونو شمېر دومره ورزيات شي ترڅويوملي

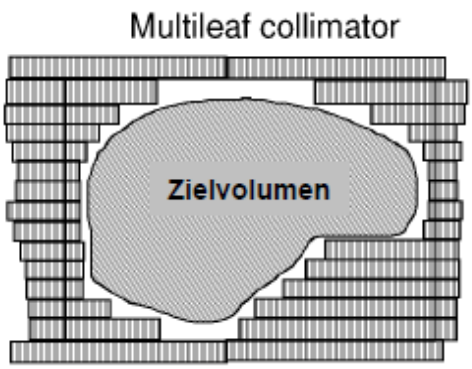
امپيربرقي جريان وبهيږي . دنومورې تخنيکي کړنلارې په مرسته دانرژي ډوزقدرت آن تر پنځه سوه سانتې ګرې په يوه دقيقه کې پورته کيدلای شي .

دپام وړ: دتعريف سره سم د وړانګوانرژي ډوز هغه مقدارانرژي ته ويل کيږی چې دکتلې په واحدکې جذب شي . د وړانګوانرژي ډوزنړيوال واحددګرې Gray = Gy په نوم يادیږي . يوګرې مساوي دی له يوژول Joule = J انرژي تقسيم په يوکيلوګرام کتله : 1 Gy = 1J/kg

- **ملټي ليف کوليمتر (Multileaf collimator)**

ملټی ليف کوليمتر ديوسلوشلوځخه آن تريوسلوشپيته تنګستن فلزي لوحوځخه جوړشوي دي چې ديوه کوچني موتورmotor په مرسته هريويي په مستقل ډول په افقي سطحه کې مرکزخواته اوبهرخواته حرکت کولای شي . نومورې فلزي تختې يالوحې دفوتون وړانګودتشعشع ساحې دمحدودکولوپه موخه کارول کيږي . دملټی ليف کوليمتر ګټه په دې کې ده چې ديوې خوادفوتون وړانګودتشعشع سطحه داسې محدوده کوي چې دتومور نسجونودحجم سره مطابق هندسی شکل غوره کړي اوبلخوادبدن ګاونډی سالمې حجرې دفوتون وړانګودزيان ځخه خوندي وساتل شي. دملټی ليف کوليمترتنګستن فلزي لوحوعرض لږځه پنځه ملي متر 5 mm اوطول يې داکس وړانګوپه مسيرکې لږځه اته سانتي متر 8 cm وي .

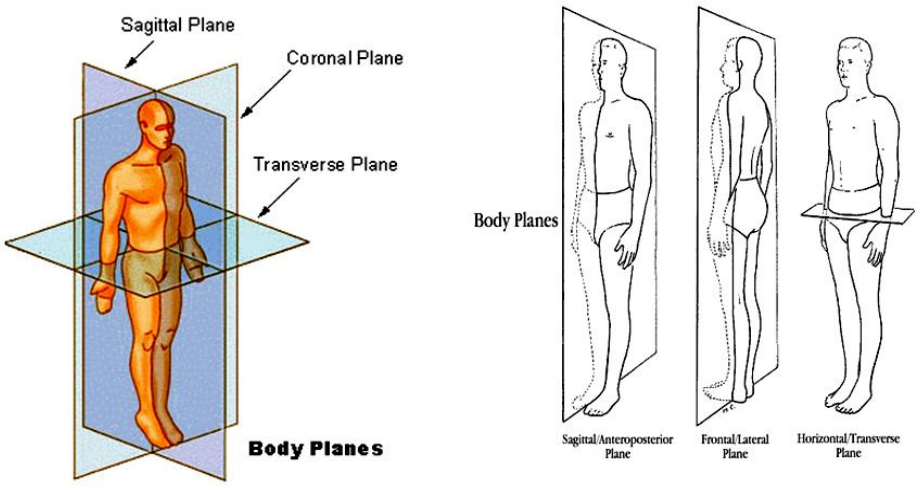




۱۵- ۱۸شکل : دملټی ليف کوليمتر multileaf collimator تخنيکي اوفزيکي جوړښت ښوول شوی دی چې دفوتون وړانګو ساحه محدودکوي . په ښې خواشکل کې دملټی ليف کوليمتر فلزي پاڼې ترهغه وخته پورې حرکت کوي ترڅوچې دکلينيکي نښې حجم zielvolumen = clinical target volume سره مطابق شکل غوره کړي . دملټي ليف کوليمترپه کارولوسره دتومورپه شاوخواکې سالمې حجرې داکس وړانګودخطرځخه په امن کې ساتل کيږي .

■ دبدن هراړخيزخواپرې شوې سطحي : Body Planes

- زاجيتل پرې شوې سطحه Sagittal plane : يوه عمودي سطحه ده چې دبدن قدامي ځخه خلفي خواته بدن په شي اوکينه نيمايي برخه ويشي .
- فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane : يوه عمودي سطحه ده چې بدن دمخ نه شاخواته اويادشاخوانه مخ خواته په موازي عمودي سطحوبدن پرې کوي.
- ترانسورس پرې شوې سطحه Transverse plane : يوه افقي سطحه ده چې بدن په پورته اوشکته په ساره پرې شوې نيمايي برخه باندې وښي . نومورې پرې شوې سطحه په زاجيتل اوفرنټل سطحه باندې عمودولاړه ده.



۱۵- ۱۹ شکل : دبدن درې ډوله سطحې ښوول شوې دي چې په اناتومي تړاوبدن په افقي پرې شوې سطحه ،دځنګ خوانه عمودي پرې شوې سطحه اود مخ نه شاخواته عمودي پرې شوې سطحه باندي نيمايي وېشي .

■ دراډيو تراپي کړنلارې طبي اوفزيکي ارقام : (Patient data)

دراډيو تراپي کړنلاره هغه مهال ترسره کيدلای شي چې دناروغ په هکله بشپړطبي اوفزيکي ارقام patient data په لاس کې وي . د ساري په ډول ددرملنې پلان لپاره لا ندې ارقاموته ضرورت شته دی .

- دسې ټې سلايس CT Slices په مټ دتومور حجم ټاکل کيږي چې دکمپيوټرې محاسبې لپاره په کاردی
- داوبوپه فنتوم water phantom کې دجذب شوې انرژي ډوزژورتيامنحني Depth dose curve ،دیادولووړده **چې** داوبو فنتوم water phantom اودبدن نسجونوترمنځ په بيالوژيکي ، فزيکي اوکيمياوي تړاوډبرورته والی موجوددی . داځکه چې دانسان بدن لږځه **80%** اوبه تشکيلوي .همدالامل دی چې دوړانګوهرارخيزغبرګون اوتجربې په لومړي ګام کې په اوبوکې ترسره کيږي اوترلاسه شوي فزيکي ارقام دناروغ ددرملنې په موخه کارول کيږي .
- داوبوپه فنتوم water phantom کې دانرژي ډوزعرضي وېش منحني Transverse Dose curve
- همدارنګه داوبوپه فنتوم water phantom کې دايزوډوزمنحني Isodose curve په کاردي ترڅودناروغ غړوته دانرژي ډوزمقدارپه واحد ګرې Gy معلوم شوی وي .
- دسيمولیشن simulation په ترڅ کې د اکس وړانګو راډيوګراف دناروغ مخامخ ventral اودځنګ خوا laterl څخه په کاردی، ترڅوددرملنې پورت فلم port fims سره مقايسه شي . په نوموړې کړنلاره سره ښکاره کيږي چې دتومور اناتومي موقعيت د وړانګوپه ساحه کې پروت دی اوکه بيځايه شوی دی .
- دناروغ دبدن هغه برخه چې درملنه يي د وړانګوپه مټ کيږي دسې ټې په ساره پرې شوی سلايسونوته CT dataset اړتياشته ده . دسلايس پنډوالی دcm 0,5 – 0,3 cm پورې رسيږي
- د راډيو تراپي ډاکټرپه واسطه د سي ټې په سلايس CT slice کې دتومورنښې حجم clinical Target volume اوهمدارنګه سالم غړي رسم شی .

- دځانګړوتخنيکي آلا تو immobilisation په مرسته د راډيو تراپي ميزپه سر دناروغ موقعيت ثابت ساتل کيږي. نوموړي آلات عبارت دي له : پلاستيکي ماسک ، کمربند، دسينې تخته ،دهواځخه ډک سراوږدی اونور
- دتعجيل کوونکي ماشين اکس وړانګوسرچينې اوناروغ پوستکې واټن SSD اندازه کول،اوهمدارنګه دماشين داکس وړانګوسرچينې اوايزوسنټرواټن SID اعيارکول
- دسي ټې سلايس ct slice په هرپټ کې دالکترون کثافت Electron densities بايد معلوم وي ترڅودهډوکو، اونرمو نسجونوترمنځ توپيروشي.

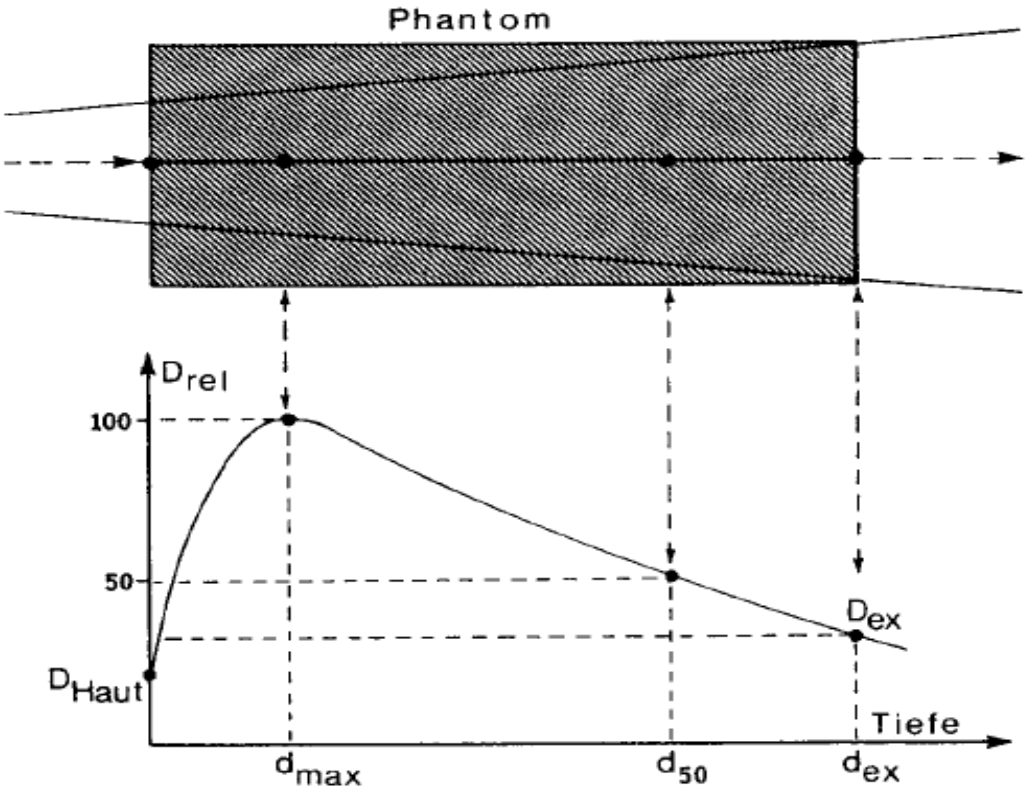
■ سليز ژورانرژي ډوزمنحني فزيکي ارقام (Percentage depth dose curve)

سليز ژورانرژي ډوزمنحنيت کړنلاره په ډاګه کوي چې د اکس وړانګو اوالکترون وړانګو په کومه اندازه انرژي دناروغ په بدن کې ژور او د وړانګومحورپه اوږدوکې جذب شوې ده . د وړانګومحورپه اوږدواودبدن دژورتيا d په تابع سره دجذب شوې انرژي ډوزقيمت په اعظمي ډوز maximum dose = d_{max} وښل کيږی . دانرژي ډوز داندازه کولوکړنلاره د آيونايز يشن چمبرپه واسطه په اوبواويامعادل چاپيريال لکه پلاستيک plastic کې ترسره کيږي . ځرنګه چې دانسان بدن د وړانګودجذب اوشيندنې په تړاوداوبوسره ډيرورته خواص لري نوله همدې لا مله په عادي صورت کې دانرژي ډوزمقداردژورتياپه تابع سره په اوبوکې اندازه کيږي.

داسانتياپه موخه دسليزژورانرژي ډوزمنحني هغه برخه چې هلته د وړانګوانرژي ډوزاعظمي قيمت لري اوپه D_{max} نښوول کيږي ، قيمت يې په اختياري توګه سل په سلوکې مساوي $D_{max} = 100\ \%$ ټاکل کيږي او پاتې ژورانرژي ډوزقيمتونه لکه پنځوس په سلوکي $d_{50} = 50\%$ اودخروج سلنه برخه d_{ex} په D_{max} وښل کيږي .

د ساري په ډول دفوتون وړانګې لپاره دسليزژورانرژي ډوزمنحني داوبوپه سطحه باندې دټيټ قيمت څخه پيل کيږي اوپه لومړي ګام کې پورته خواته ځي ،ورپسې داعظمي انرژي ډوز قيمت D_{max} څخه تيريږي اوبياوروسته داوبوژورتيا d په تابع سره اکسپونينشل exponentially کمښت موي . دسليزژورانرژي ډوزمنحني باندې يوسلسله ټکې کښل شوي دی چې په خپل وارسره په لاندې ډول تشيريح کيږي :

- ($\mathbf{D_{Haut}}$) : هغه مقدارانرژي ډوزدی چې دناروغ په پوستکې کې جذب کيږي او د D_{Haut} په نوم يادېږي. ځرنګه چې ددوزاندازه کول داوبوپه يوه فنتوم water phantom کې ترسره کيږي نوداوبوپه سطحه باندې واټن په $d = 0\ cm$ نښوول کيږي اود دپوستکي ډوز ژورتياپه ګوته کوي.
- $\mathbf{D_{50}}$: داوبوپه فنتوم کې هغه ژورتياده چې هلته دانرژي ډوزداعظمي انرژي ډوزپه پرتله نيمايي ته راولويږي. له دې کبله دنيمايي ژورتياډوز په نوم يادېږي.
- $\mathbf{D_{ex}}$: داوبوپه فنتوم کې هغه ژورتياده d چې هلته اکس وړانګې دناروغ بدن څخه وځي. له دې کبله دخروج انرژي ډوزپه نوم يادېږي.



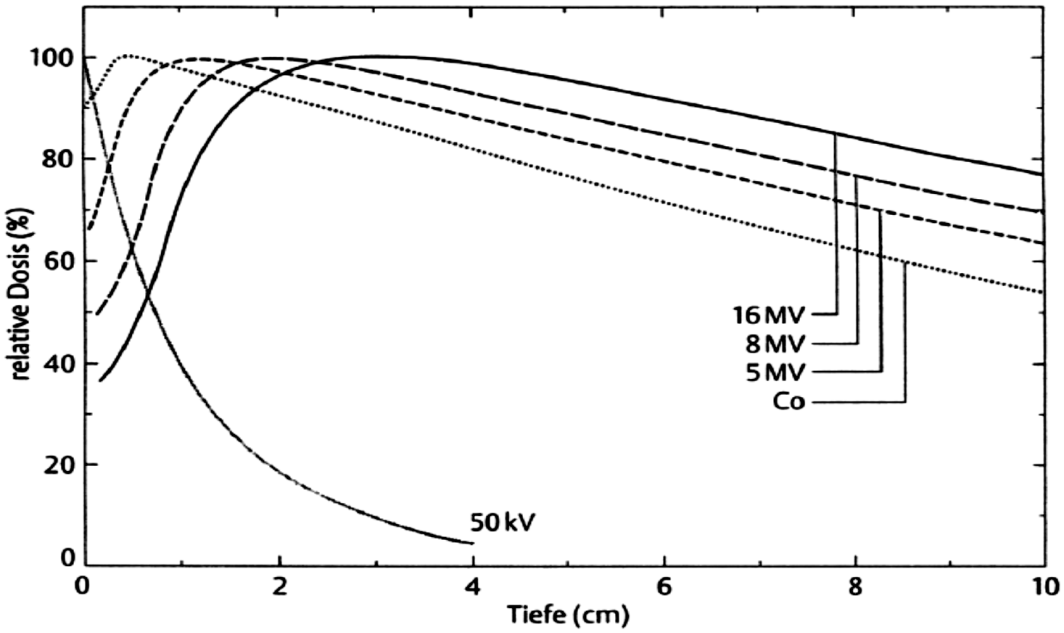
۱۵- ۲۰ شکل: په پورتني شکل کې داوبوځخه ډک ځلورکونجه لوشی کښل شوی دی چې داوبوفنتم Water Phantom په نوم يادېږي . کله چې دفوتون اويادالکترون وړانګې داوبوځخه تيريږي نو داوبومالکيولوسره برېښنايز غبرګون کوي . په پايله کې د وړانګويوه برخه انرژي داوبومالیکولونوله خوا جذب کيږي اوپاتې يوه برخه يې شيندل scatter کيږي اوبله برخه يې داوبوځخه بهرخواته وځي .

په لاندې شکل کې دنوموړو وړانګودشدت نسبې کمښت منحني D_{rel} داوبوژورتياپه تابع سره ښوول شوی دی چې دسليزژورانرژي ډوزمنحني Percentage depth dose curve په نوم يادېږي .

بلخوادسليزژورانرژي ډوزمنحني ښه په دې پورې اړه لري چې د اکس وړانګواودبدن انساجو ترمنځ کوم ډول فزيکي او برېښنايز غبرګونونه منځ ته راځي اودلاندوکميتونوتابع دي .

- د وړانګوډول : لکه فوتون وړانګي،پروتون وړانګې ، نيوترون وړانګې اويياالکترون وړانګې
- دتوپيرلرونکو وړانګوانرژي
- داکس وړانګوسرچينې source اودبدن پوستکې ترمنځ واټن SSD . داځکه چې د اکس وړانګو شدت دفاصلې په مربع سره برعکس(1/r2≈) کمښت مومي.
- دناروغ په بدن کې دتوپيرلرونکونسجونوفزيکي،کيمياوي اوبيالوژيکې خواص

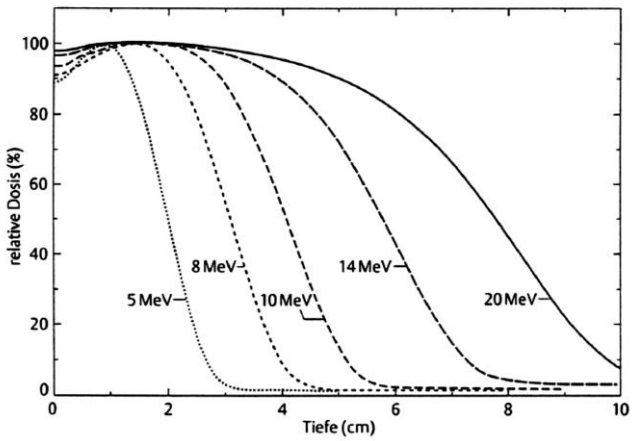
په ۱۵- ۲۱ شکل کې دفوتون وړانګودنسبې انرژي ډوز relative Dose منحني داوبودژورتياپه تابع اودتوپيرلرونکو انرژيو لپاره ښوول شوي دي .



۱۵- ۲۱ شکل : دفوتون وړانگوتو پيرلرونکو انرژيولپاره دنسبې انرژي ډوزمنحني relative Energy Dosis % ښوول شوی دی . په عمودي محورکې دنسبې انرژي ډوز سلنه برخه % اواپه افقي محورکې داوبوژورتيا Tiefe په واحدسانتې متر d (cm) کښل شوې ده .

دبدن په پوستکې باندې D_{skin} چې په حقيقت کې داوبوسطحې سره سمون خوري او داوبوژورتياواټن صفردی d = 0 دفوتون وړانگونسبي انرژي ډزدکوبالټ منبع، پنځه ميگاولټ ، اته ميگاولټ ،شپاړس ميگاولټ لپاره په خپل وارسره لږڅه مساوی دی له : 90% ،65% ،50% او35%

په ۱۵- ۲۲ شکل کې دالکترون وړانگونسبې انرژي ډوز منحني د پنځه ميگاالکترون ولټ 5 MeV،اته ميگاالکترون ولټ 8 MeV،لس ميگاالکترون ولټ 10 MeV،څوارلس ميگاالکترون ولټ14 MeV اوشل ميگاالکترون ولټ20 MeV لپاره داوبوژورتياپه تابع سره کښل شوې دي .



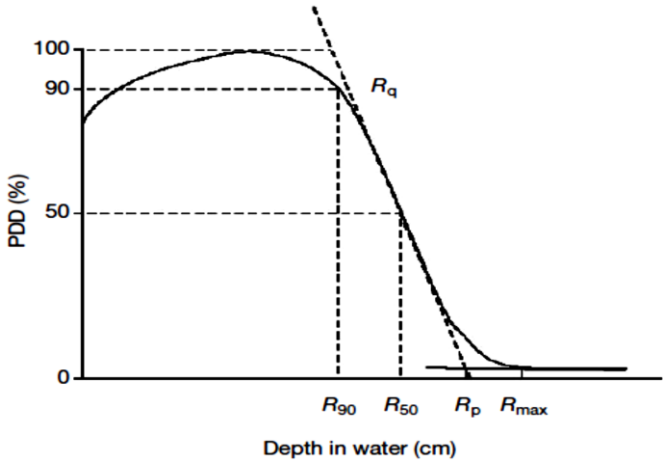
۱۵- ۲۲ شکل : دالکترون وړانگو توپيرلرونکوانرژيولپاره دنسبې انرژي ډوز relative dose منحني گان ښوول شوي دي . په عمودي محورکې دنسبې انرژي ډوز سلنه برخه % اوپه افقي محورکې داوبوژورتيا Tiefe په واحدسانتې متر (cm) کښل شوې ده . دکيڼ خواڅخه ښي خواته دالکترون انرژي مساوي دی له :

پنځه ميگاالکترون ولټ،اته ميگاالکترون ولټ،لس ميگاالکترون ولټ ،څوارلس ميگاالکترون ولټ اوشل مييگاالکترون ولټ

دپام وړه چې دالکترون وړانګونسبې انرژي ډوزاندازه دبدن په سطحه باندې D_{skin} چې داوبوسطحې سره سمون خوري اوهلته داوبو ژورتیاصفرده (d = 0)، دفوتون وړانګوپه پرتله ډیرلوړقیمت لري (90%) . په بله معنی دپوستکي تومورونوTumors ددرملنې په موخه دالکترون وړانګې نسبت دفوتون وړانګوپه پرتله ګټوري دي . داځکه چې نوي سلنه انرژي ډوزپه پوستکې کې جذب کیږي. بلخوادالکترون وړانګونسبې انرژي ډوزپه ډاګه کوي چې دانرژي ډوز منحني داعظمي هموارې برخې plateau څخه تیریږي او بیاوروسته په ډیرلږواټن کې ان تر پنځه سلنه کمښت مومی .

داچې دالکترون وړانګونسبې انرژي ډوزدمنحني اعظمي څوکې څخه وروسته واټن کې ډیرزرکمښت مومي نوله دې کبله ګټوري پایلې لري . د ساري په ډول داته میګاالکترون ولټ الکترون انرژي لپاره هغه سالم غړي چې په لاره کې شپږسانتي مټره ژورپراته دي د وړانګودخطرڅخه خوندي ساتل کیږي.

په ۱۵- ۲۳ شکل کې دالکترون وړانګوسلیزژورانرژي ډوزمنحني ځانګړتیاوي تعریف شوې دي چې ددرملنې په کړنلاره کې ځانګړی معلوماتي اهمیت لري .



۱۵- ۲۳ شکل : په عمودي محورکې دالکترون وړانګو سلنه ژوروالي انرژي ډوز منحني PDD(%) اوپه افقي محورکې داوبو ژوروالي په تابع سره دالکترونوڅخه طی شوی واټن R په واحدسانتي مترکښل شوی دی .

په نوموړي منحني کې چې دسلیز ژوروالي انرژي ډوز منحني Percentage depth dose curve = PDD(%) په نوم یادیږي ځانګړي فزیکي کمیتونه تعریف شوي دي چې دناروغ په درملنه کې دپام وړاهمیت لري .

د ساري په ډول : کله چې دالکترون وړانګې داوبومنځ څخه اویادناروغ بدن څخه تیریږي نوپه اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن R = range لاندې فزیکي کمیتونه په ډاګه کوي.

- **R100 :** په اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن دی چې هلته دجذب شوې انرژي ډوزاعظمي قیمت لري اوپه D_{max} نښوول کیږی .
- **R90 :** په اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن دی چې هلته داعظمي ډوزD_{max} نوي سلنه برخه جذب شوې انرژي ډوزشتون لري اوددرملنې واټن Therapeutic range په نوم سره یادیږي .
- **R50**: په اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن دی چې هلته دجذب شوې انرژي ډوز داعظمي ډوزنیمایي برخه تشکیلوي اوله همدې لا مله دنیمایي قیمت ژوروالي Half value depth په نوم هم یادیږي
- Rp : په اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن دی چې دعملي واټن practical range په نوم یادیږی.

- R_{max} : په اوبوکې دالکترون وړانګوله خواطی شوی واټن دی چې الکترونونه ترهمغه ځای پورې رسیږي اوهلته په ټپه دریږي . نوموړی واټن ترټولواعظمي واټن maximum range په نوم یادیږی.

■ دانرژي ډوزوېش (Energy dose distribution) :

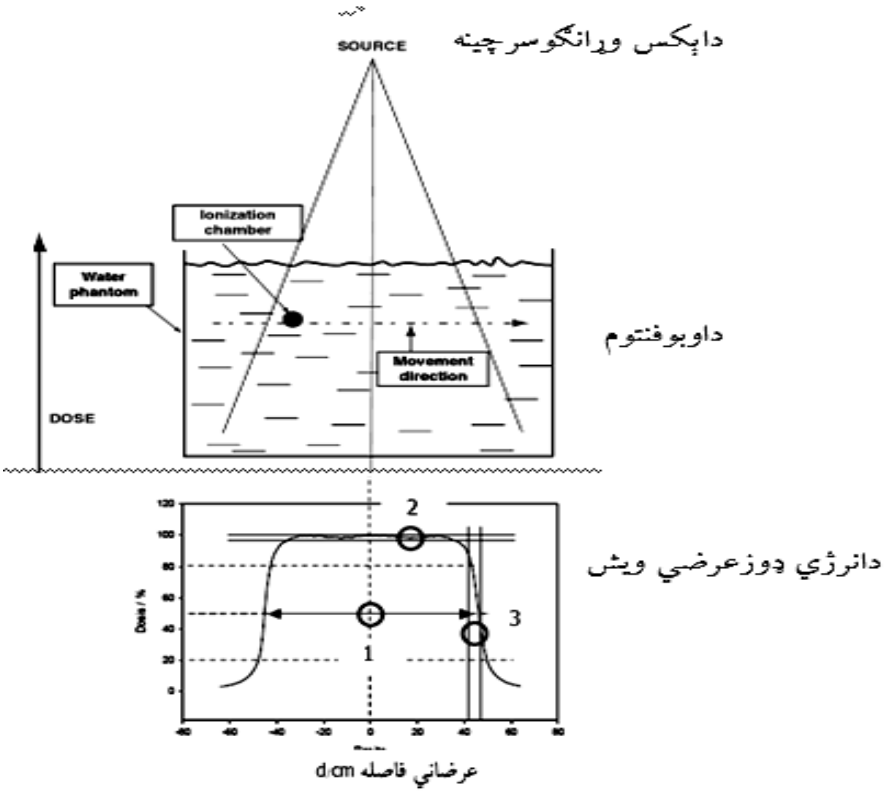
دناروغ په بدن کې دجذب شوې انرژي درې بعده وېش ته دانرژي ډوزوېش ویل کیږی . دانرژي ډوزویش په واحد دګرې Gray = Gy اندازه کیږي اوپه دودیزه توګه دتومورپه حجم کې دیوه ټاکلې برجسته نقطې Referenc point سلنه ٪ برخه سره ښوول کیږي.

■دانرژي ډوزعرضي وېش : (Energy dose transverse distribution

په یوه سطحه کې دانرژي ډوزوېش ته ویل کیږي چې دمرکزي وړانګې central beam په محوربانديې عمودولاړه وي. په ۱۵- ۲۴ شکل کې دتعریف سره سم داوبوځخه ډک پلاستیکي لوښي کې چې داوبوفنتوم سره معادل فزیکي خواص لري (Waterphantom) د وړانګودانرژي ډوزعرضي وېش ښوول شوی دی .

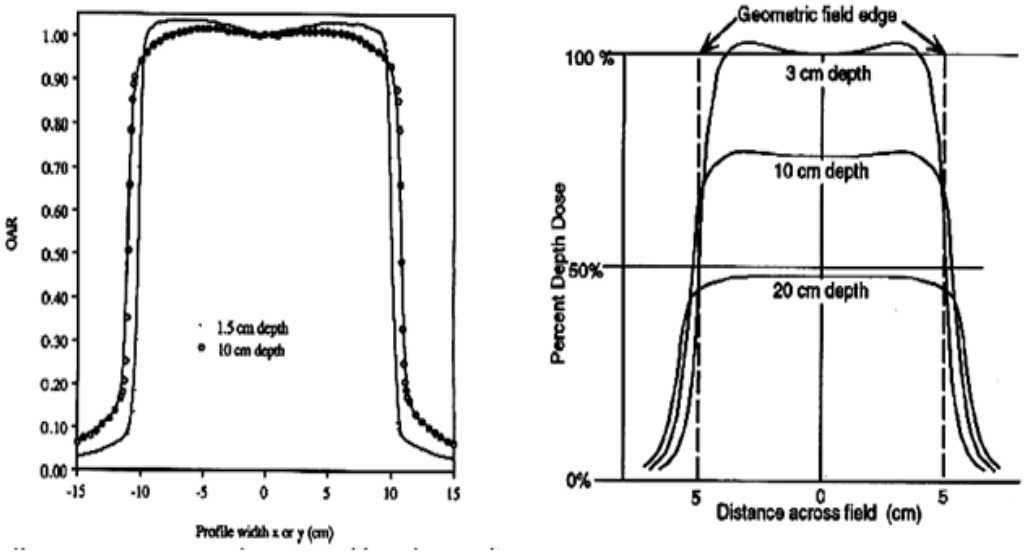
دانرژي ډوز په ساره ویش منحني باندې درې اړین ټکي کښل شوي دي چې په لاندې ډول تشریح کیږي .

- لومړي عدد (1) : دانرژي ډوز عرضي ویش پنځوس سلنه برخه رابنیيي . دنوموړې ویش عرضي فاصلې څخه د وړانګېزې ساحې radiation field پلنوالی width تراسه کیږي .
- دویم عدد (2) : دانرژي ډوز عرضي ویش اعظمي انرژي رابنیيي اودنوموړې ډوزسلنې برخې 100% سره مساوي ټاکل کیږي.
- دریم عددکې (3) : دانرژي ډوز عرضي ویش پنمبرا Penumbra په نوم تعریف شوې ده چې داتیاسلنې اوشل سلنې (80%/20%) حاصل تقسیم څخه تراسه کیږي .



۱۵- ۲۴ شکل : په پورتني شکل کې داوبوفنتوم Water phantom تخنيکي جوړښت ښوول شوی دی . داکس وړانګو سرچينې Source څخه اکس وړانګې راوځي اوپه اوبوکې په آيونايز يشن چمبر Ionization Chamber باندې لګيږي . د آيونايز يشن چمبرپه مټ په اوبوکې دلويدونکووړانګو incident radiation جذب شوې انرژي اندازه کيږي . په لاندې شکل کې داوبوفنتوم په ساره منځ برخه کې د وړانګوانرژي ډوزوېش منحني ښوول شوی دی چې د آيونايز يشن چمبرپه مټ اندازه شوی دی. په افقي محورکې داوبوفنتوم عرضي پلنوالی په واحدسانتي مترd/cm اوپه عمودي محورکې دانرژي ډوز سلنه Dose/% برخه ښوول شوې ده .

په ۱۵- ۲۵ شکل کې دشپږميګافوتون وړانګو انرژي 6 MV-X لپاره دانرژي ډوزعرضي وېش داوبوپه لس سانتي مترژورتيا d = 10 cm اوپه هغه واټن کې چې هلته دانرژي ډوزاعظمي قيمت لري d_{max} = 1,5 cm ښوول شوی دی.



الف ب

۱۵- ۲۵ شکل : الف : دشپږميګاولټ 6 MV-X فوتون وړانګوانرژي ډوزعرضي وېش داوبوفنتوم په يونيم سانتي متر d = 1,5 cm اولس سانتي متر d = 10 cm ژوروالي کې ښوول شوی دی . دپام وړده چې په لس سانتي مترژوروالي کې دانرژي ډوزعرضي وېش متجانس هموار بڼه ځانته غوره کوي اودمرکزڅخه ليرې څوکې نه لري .

ب : د پنځه لس ميګاولټ فوتون وړانګوانرژي ډوزعرضي وېش داوبوفنتوم په درې سانتي مترژورتياکې کښل شوی دی چې داعظمي انرژي ډوزسره مساوی دی. همدارنګه داوبوفنتوم په لس سانتي متر اوديرش سانتي مترژوروالي کې هم اندازه شوی دی .

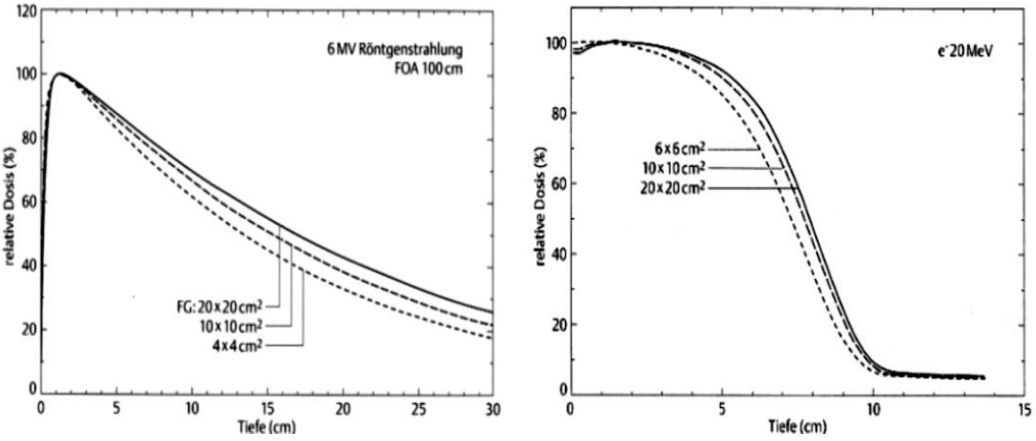
- **دايزوډوزکرښې :(Isodose lines)**

کله چې دفوتون اويواالکترون وړانګې بدن ته ژور ورننوځي نود ژورتيا په هره سطحه کې دانرژي ډوزټاکلي مقدارجذب کيږي . دايزوډوزکرښې منحنيګان هغه ټکي دي چې هلته يوشان انرژي ډوزجذب شوې وي. دايزوډوزمنحنيګان په بدن کې د وړانګوجذب شوې اعظمي انرژي سلنه اويايه مطلق قيمت سره ښوول کيږی .

د ساري په ډول دشپږميګاولټ فوتون انرژي 6MV لپاره په يونيم سانتي متر 1,5 cm اوبوژوروالي کې اعظمي انرژي D_{max} جذب کيږي.

په دوديزه توګه د اوبوپه فنتوم کې دوړانګوجذب شوې اعظمي انرژي ډوزټکي دايزوډوز سل په سل 100% برخه ټاکل کيږي. دايزوډوزنورمنحنيګان داعظمي انرژي ډوز D_{max} په تناسب سره په سلنه برخه ښوول کيږي . کله چې ددرملنې فزيکي پلان ترسره کيږي نودايزوډوزمنحنيګانوپه مټ ښکاره کيږي چې د وړانګو کومه اندازه انرژي ډوز دتومور نسجونواوګاونډيوسالموغړوته رسيدلی ده . د ساري په ډول دخبيث تومورنسجونوحجم بايدچې لږترلږه دتجويزشوې انرژي ډوز پنځه نوي سلنه 95% ايزوډوزمنحني څخه احاطه شوی وي .

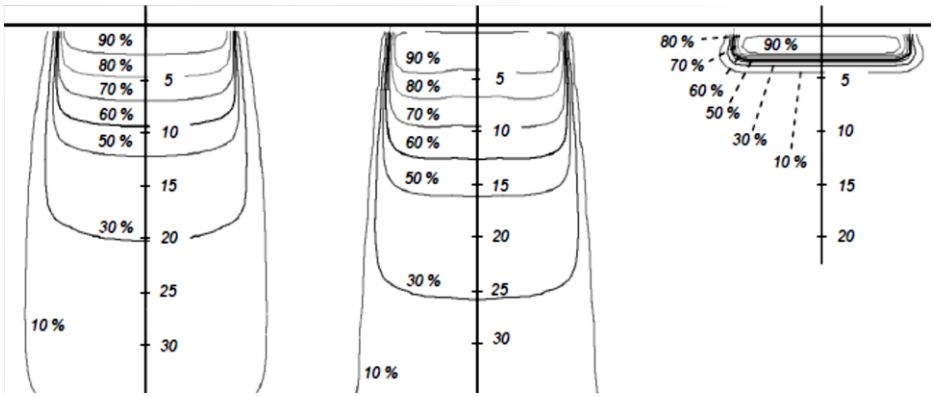
د بېلګې په توګه که چېرته يوتومورپه بدن کې لس سانتي متر 10 cm ژورپروت وي اود شپږمیګاولټ فوتون وړانګې 6 MV ورته ددرملنې لپاره استعمال شي ،نودتجويزشوې اعظمي انرژي ډوز يوازې اويااسلنه 70% برخه انرژي ورته رسيږي.



۱۵- ۲۷ شکل : په کينې خواشکل کې دوړانګوتوپيرلرونکوساحو Radiation field لپاره دشپږمیګاولټ اکس وړانګونسبي انرژي ډوز اوپه نسبي خواشکل کې دشل ميګا الکترون ولټ الکترون وړانګولپار نسبي انرژي ډوزداوبوفنتوم ژورتياپه تابع سره کښل شوی دی . دپام وړده چې دالکترون وړانګو انرژي ډوز منحنيګان داوبوپه لس سانتي متر ژورتياکې **10 cm depth** صفرته تقرب نه کوي بلکې لږځه پنځه سلنه برخه فوتون اکس وړانګې پاتې کيږي ، داځکه چې لږشمېر لوړانرژي الکترونونه دتنګستن فلز**Tungsten** اتوم هستې سره بريښنايزغبرګون کوي اوپه پايله کې لوړانرژي بريمزفوتون وړانګې **Bremsstrahlung** توليدکيږي . په داسې حال کې چې دکينې خوا شپږمیګاولټ اکس وړانګونسبي انرژي ډوزمنحنيګان داوبوپه لس سانتي مترژورتياکې لا هم لږځه **70%** نسبي انرژي ډوزلري .

په ۵-۲۶ شکل کې دفوتون وړانګو،الکترون وړانګواوکوبالټ شپيته وړانګولپاره دايزوډوزمنحنيګان ښوول شوي دی .

نهه ميګاولټ الکترون وړانګې 9 MeV	شپږمیګاولټ فوتون وړانګې 6 MV	کوبالټ شپيته Co-60

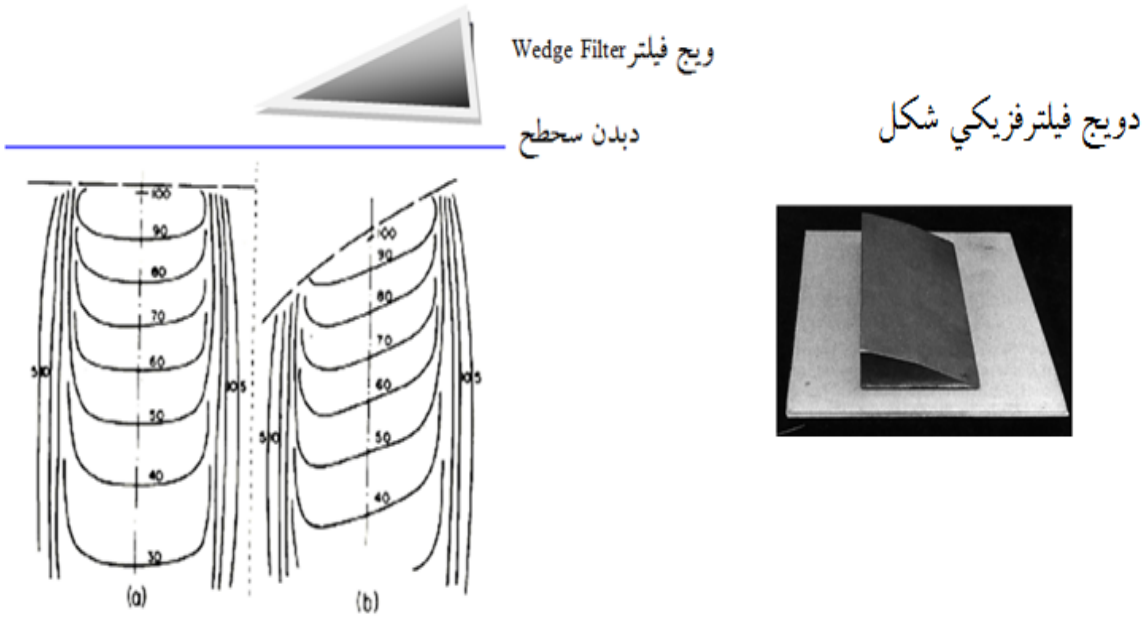


۵- ۲۶ شکل : دکېنې خواڅخه ښي خواته په خپل وارسره دکوبالټ شپیته Co-60 ، شپږمیګاولټ فوتون وړانګو 6 MV اونهه میګاولت الکترون وړانګو 9 MeV لپاره دایزوډوز Isodose منحنیګان ښوول شوي دي . په عمودي محورy-axis کې دایزوډوزمنحنیګان دپوستکې لاندې ژورتیاپه تابع سره کښل شوي دي . په افقي محور x-axis کې د وړانګوساحه ښیي . د وړانګومرکزې محور ښي خواته په جسم کې دژورتیافاصله په واحدسانتي متر (5,10,15,20,25,30 cm) اوپه کېنې خواکې دایزوډوز سلنه برخه ښوول شوي ده . د ساري په ډول دشپږمیګاولټ فوتون وړانګولپاره دایزوډوزکرښه په پنځه سانتي متر 5 cm ژورتیاکې نوي سلنه 90% قیمت لري . دښلګې په توګه که چیرته دپوستکي یوتومور پنځه سانتي مترژورموقعیت ولري نو نهه میګاولت الکترون وړانګو 9 MeV څخه ګټه نه شواخیستلای دائکه چې په پنځه سانتي مترژورتیاکې دنهه میګاالکترون ولټ الکترونووړانګوانرژي ډوزصفرده .

ویج فیلتر (Wedge filter) :

په ۱۵- ۲۸ شکل کې دویج فیلترفزیکي بڼه اوجوړښت کښل شوی دی . ویج فیلتر یوه فلزي ټوټه ده چې دتبرګي په شان یي یوه څنډه پنډه اوبله څنډه یي نرۍ ده . ویج فیلتر دفوتون وړانګوشدت ته تغیرورکوي . دښلګې په توګه کله چې دفوتون وړانګې دویج فیلترڅخه تیریږي نوپه پنډه څنډه کې نسبت ونرۍ څنډې ته ډیره انرژي جذب کیږي اوکمښت مومي . دائکه چې په پنډه څنډه کې دفوتون وړانګې دنرۍ څنډې په پرتله ډیرې جذب کیږي . د ساري په ډول دویج فیلترپنډه څنډه په هغه ځای کې کارول کیږي چې دلویدونکوفوتون وړانګې ترلاندې برخه کې سالم غړو ته لږ وړانګې ورسیږي اویاداچې په تومور کې دانرژي ډوزوښش متجانس بڼه غوره کړي .

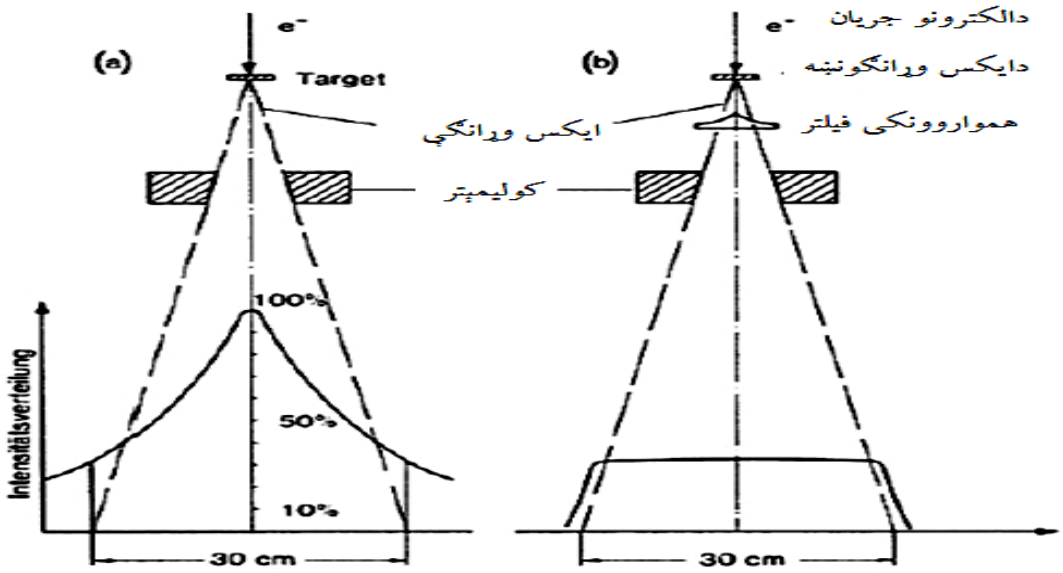
په ۱۵- ۲۸ شکل کې دویج فیلتربڼه اوپه ایزوډوزباندې اغیزه ښوول شوې ده .



۱۵- ۲۸شکل : په ښي خواشکل کې دویج فیلترفزیکي جوړښت ښوول شوی دی اوپه کېنې خواشکل کې ایزوډوزIsodose منحنیګانوباندې دویج فیلتر اغیزه ښوول شوې ده . په کېنې خواکې دویج فیلتر شتون نه لري خو ښي خواکې دویج فیلترپه مټ دایزوډوزکرښوته تغیرورکړشوی دی . ویج فیلترونه د وړانګودخطرڅخه دسالموغړوخوندي ساتل اوهمدارنګه دتومورپه نسجونوکې دانرژي ډوزمتجانس وښش په موخه کارول کیږي.

د وړانګوهموارووونکی فیلتر(Beam flattening filter)

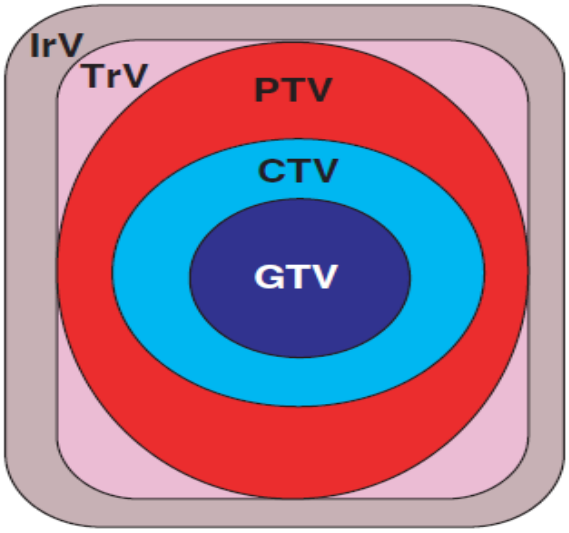
کله چې د راډيو تراپي ماشين څخه دالکترون لوړانرژي وړانګې راووځي اوپه لاره کې سم سيخ د اکس وړانګوپه هدف x-ray Target باندې ولګيږي نوپه پايله کې د اکس بريمز وړانګې اومشخصه اکس وړانګې توليدکيږي . نوموړې وړانګې هرې خواته شيندل کيږي اوعرضي انرژي ډوزشدت يې دځای په تړاو غيرمتجانس وښی لري . د ساري په ډول د وړانګو په مرکزي برخه کې د وړانګو انرژي ډوزشدت څوکورشکل لري خودځنډوخواته کمښت مومي . د وړانګوهموارووونکي فيلترپه مټ کولای شوچې دانرژي ډوزوښی په متجانس شکل واړوو . دفوتون وړانګوهموارووونکی فيلتريوه فلزي ټوټه ده چې مخروطي شکل لري اود اکس وړانګونښې ترشابرخه کې ځای پرځای کيږي . دنوموړي فيلتراغيزه داده چې په مرکزي برخه کې دځنډوپه پرتله ډيرې وړانګې جذب کوي . بلخوا دفوتون وړانګې لا نورې هم تصفيه کيږي په دې معنی چې دلوړانرژي فوتون وړانګې برخه دفيلترپه واسطه لږجذب کيږي خودټيټ انرژي فوتون وړانګوبرخه ډيرجذب کيږي. دفوتون وړانګوهموارووونکي فيلترګټه په دې کې ده چې يوخوا دتومورنسجونه دفوتون وړانګوپه متجانس اوټاکلې مقدارانرژي سره رڼاکيږي او بلخوا دتومورپه نسجونوکې داسې برخه شتون نه لري چې هلته دانرژي ډوز اعظمي څوکې اويادانرژي ډوزاصغرې څوکې منځ ته راشي .



۲۹- ۱۵ شکل : دفوتون وړانګوهموارووونکي فيلتر اغيزه د اکس وړانګوپه عرضي وښی باندې ښوول شوې ده . په کين خواشکل کې د اکس وړانګوهموارووونکی فيلتر دوړانګوپه مسيرکې شتون نه لري اوله همدې لا مله دفوتون وړانګوجريان غيرمتجانس دی په دې معنی چې په مرکزي برخه کې يوه مخروطي ډوله څوکه لري . په ښي خواشکل کې د اکس وړانګوهموارووونکی مخروطي شکله فلزي فيلتردوړانګوپه مسيرکې کښښول شوی دی اوله همدې لا مله داوبوفنتوم آن تر ديرش سانتي متر 30 cm ژوروالي پوري دفوتون وړانګوجريان عرضي انرژي شدت متجانس بڼه ځانته غوره کوي .

■ دسرطاني نسجونوکلينيکي حجمونه (Clinical Volumina) :

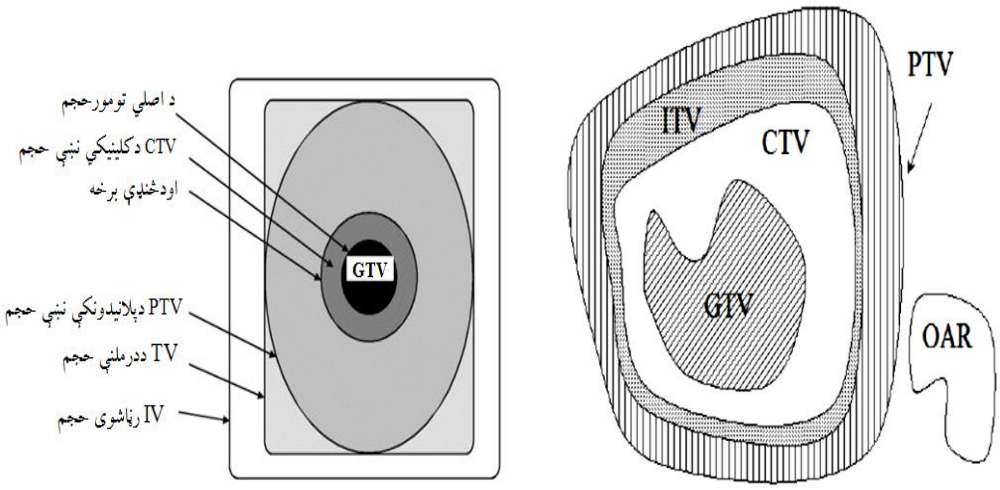
د راډيو تراپي په څانګه کې ددرملنې په موخه دسرطاني نسجونوتوپيرلرونکي حجمونه تعريف کيږي چې دکلينيکي حجمونو (Clinical Volumina) په نوم يادیږي . په ۱۵- ۳۰ شکل کې نوموړي حجمونه ښوول شوي دي چې د ICRU-Report 50 نړيوال سازمان له خواټاکل شوي دي .



۱۵- ۳۰ شکل : راډيو تراپي په څانګه کې دوړانګيزې درملنې په موخه دسرطاني نسجونوتوپيرلرونکي حجمونه تعريف شوي دي .

دتومورددرملنې په تړاو دسرطاني نسجونوکلينيکي حجمونو پېژندل ډيرارين دي داځکه چې ددرملنې وړانګيزفزيکي اوطبي پلان ټول ارقام دهغوی سره په هم غږی کې ټاکل کيږی .

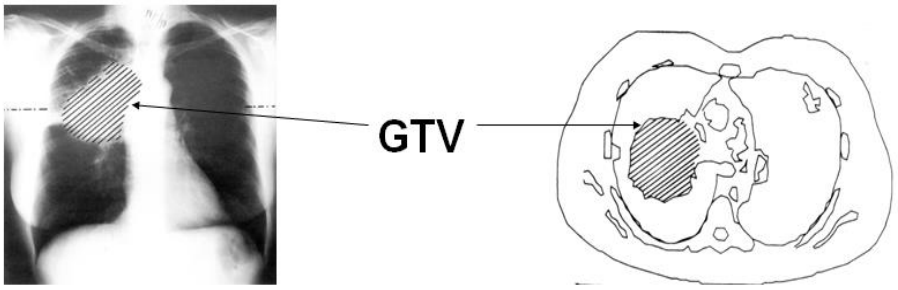
د ساري په ډول دتومورد منځه وړلوپه موخه د تجويزشوې ټوليزانرژي ډوز اعظمي سرحد (Dose prescription) داسې وټاکل شي چې شاوخواسالموحجروته زيان وه نه رسيږي . بلخوادټوليزانرژي ډوزهغه برخه (Dose fractionation) چې هره ورځ ناروغ ته ورکول کيږي مالومه شي .



۱۵- ۳۱ شکل : دسرطانې نسجونوتوپيرلرونکي کلينيکي حجمونه ښوول شوي دي چې دنړۍ په ټولوروغتونوکې دطبي مالوماتوداکړې ورکړې په موخه ورځخه ګټه پورته کيږي. دسرطاني نسجونوپورتني کلينيکي حجمونه د نړيوال سازمان ICRU-Report 50 له خواپه لاندې ډول تعريف شوي دي .

لومړی : اصلي تومورحجم (Gross Tumor Volume – GTV)

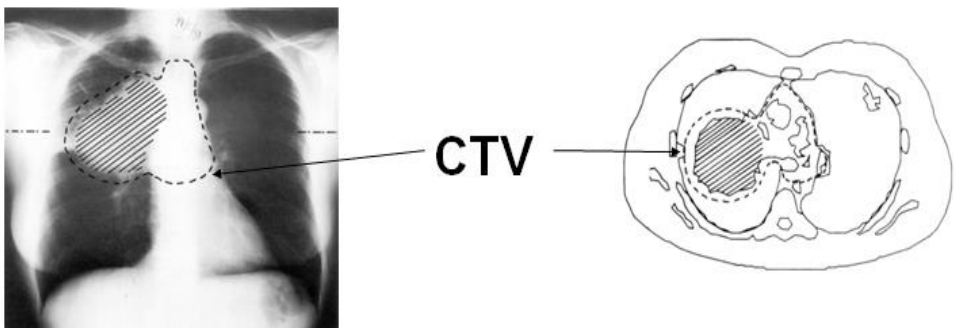
داصلي تومورحجم دسرطاني نسجونوهغه حجم ته ويل کيږي چې داکس وړانګوتصويراخيستونکوطبي آلاتوپه واسطه پېژندل شوی وي اوپه سترګوليدل کيږي،دغزيدلواندازه اواناتومي موقعيت يي معلوم وي اوپه لاس هم لمس palpableکيدلای شي. دنومړي حجم لنډيزپه GTV سره کيږي.



۱۵- ۳۲ شکل : په کينې خواکې دسږو داکس وړانګوتصوير اخيستل شوی دی . دبدن په ښي خواسړي کې داصلي تومورحجم GTV کښل شوی دی.

دويم : دکلينيکي نښې حجم (Clinical Target Volume – CTV)

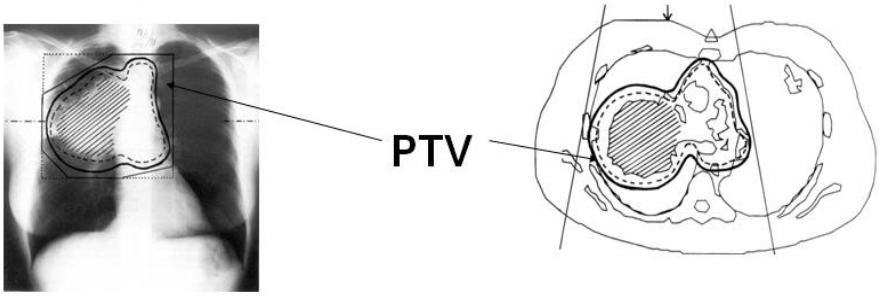
دکلينيکي نښې حجم په خپل منځ کې ديوې خوا اصلي تومورحجم لري اوبلخواپه څنډوکې لږځه پنځه ملي متره 5mm نورحجم هم وربانډې اضافه شوی وي . داځکه چې داسې شک کيږي چې په همدي څنډوکې به هم سرطاني حجرې شتون ولري خوپه سترګونه ليدل کيږي. دکلينيکي نښې حجم لنډيز په CTV سره کيږي .



۱۵- ۳۳ شکل : دښي خواپه سږي کې داصلي تومورحجم GTV په شاوخواکې دکلينيکي نښې حجم CTV تعريف شوی دی چې په توروټکوکښل شوی دی.

درېيم : دپلان نښې حجم : (Planning Target Volume – PTV)

دپلان نښې حجم داصلي تومورحجم اودکلينيکي نښې حجم په شاوخواراتاوشوی دی اوداړتياسره سم اضافه څنډه لري . داځکه چې دناروغ دښوريدلوپه ترڅ کې اويادتنفس په ترڅ کې داصلي تومورحجم تغيرکوي. همدالامل دی چې دپلانيدونکې نښې حجم ددواړوحجمونو GTV اوCTV څخه لوی ټاکل کيږي ترڅونومړې غلطي په پا م کې نيول شوې وي .



۱۵- ۳۴ شکل : دبدن په ښي خوا سړي کې دپلانيدونکې نښې حجم PTV په کښل شووکرښوښول شوی دی . نومړی حجم دCTV اوGTV په شاو خوا راتاو شوېدی .

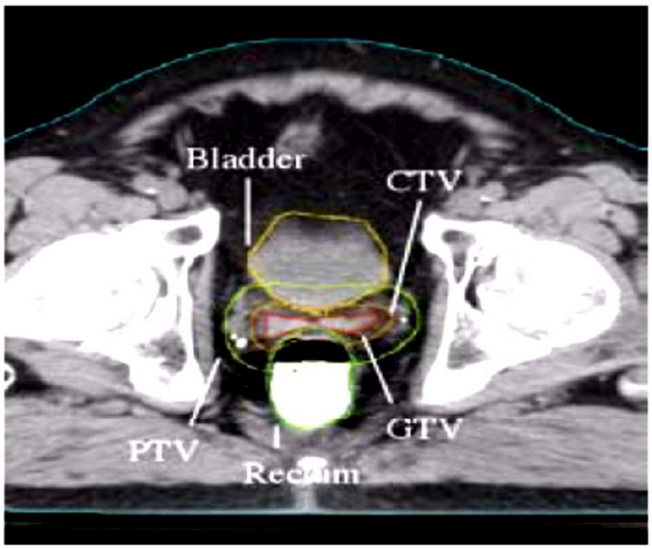
څلورم : ددرملنې حجم (Treated Volume - TV)

ددرملنې حجم لنډيزپه TV سره کيږي اودتومورهغه حجم ته ويل کيږي چې ديوې داسې ايزوډوزسطحې isodose surface په واسطه احاطه شوی وي چې هلته په دومره اندازه انرژي ډوزشتون ولري چې ددرملنې په موخه دتومورحجرودمنځه وړلولپاره بيخي کافي وي. په دوديزه توګه ددرملنې په موخه يوتومور Tumorبايد لږترلږه دپينځه نوې سلنې 95% انرژي ايزوډوزکرښې څخه احاطه شوی وي ترڅودقناعت وړنتيجه ورکړي.

پنځم : رښاشوی حجم (Irradiated Volume - IV) :

دنسجونوهغه حجم ته ويل کيږی چې دتومورحجم په شاوخواکې موجودوي اواکس وړانګې ورباندې لګيږي . کله چې د اکس وړانګې دسرچينې څخه راووځي اوپه تومورولګيږي اوورپسې دتومورڅخه تيرې شي نوپه لاره کې په نوروسالمو غړوباندې هم لګيږي . په پايله کې سالمو غړوته په تيره بيالکه دشمزی مغز spinal cord ته کېدای شي چې ډير زيان ورسوي . دنومړي حجم لنډيزپه IV سره ښوول کيږي .

په ۱۵- ۳۵ شکل کې د پروستاټ غدې prostate gland ددرملنې لپاره دتومورحجمونه ښوول شوي دي .



۱۵- ۳۵ شکل : دکمپیوټرتوموګراف یعنې سي ټي (CT) په تصویرکې د پروسټاټ prostate غدې ددرملنې په موخه داصلي تومورحجم GTV ، کلینیکي تومورحجم CTV اوپلان تومورحجم PTV ښوول شوي دي . په نوموړې کړنلاره کې ډیراحتمال شته دی چې مقعد Rectum اودمتیازوکځوړه Bladder هم د وړانګوځخه زیانمن شي اوله همدې لا مله دخطرغړي organ at risk په نوم یادیږي .

رېفرینس ډوز : (Reference dose)

رېفرینس ډوز D_{ref} هغه مقدارانرژي ډوزته ویل کیږی چې په یوه کلینیکي تومورحجم CTV کې دفزیکي پلان لپاره ټاکونکی رول لوبوي اوموقعیت یې په یوه ټکې باندې په نښه شوی وي . رېفرینس ډوز د وړانګوواحدونواواندازه کولونړیوال سازمان (ICRU) له خواتعریف شوی دی .

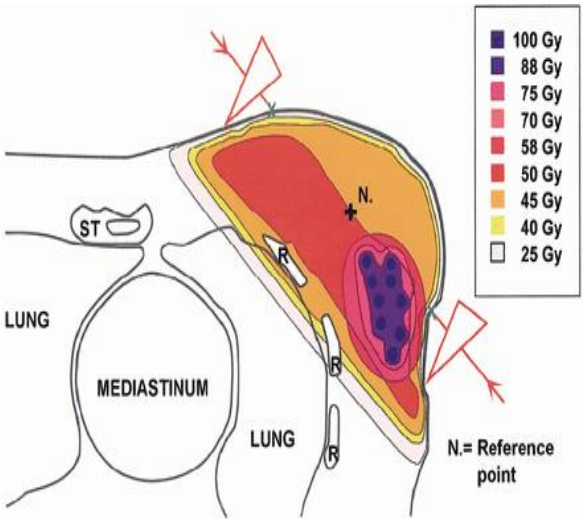
دښلګې په توګه دایزوډوزپه منحنیګانوکې رېفرینس ډوزپه هغه ټکي کې چې دریفرینس ډوزټکي په نوم سره یادیږي نسبي انرژي ډوز سل په سلوکې 100% مساوي ټاکل کیږي . په دودیزه توګه ریفرینس ډوز D_{ref} داعظمي ډوزسره $D_{max} = D_{ref}$ مساوي وي.

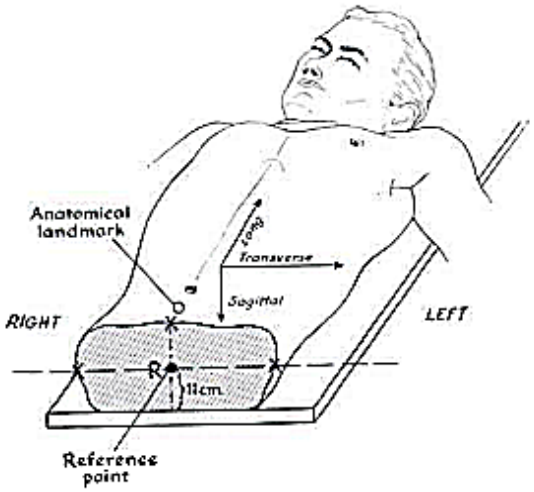
دریفر نس ډوزټکی : (Reference dose point)

کله چې دفزیکي پلان کړنلاره ترسره کیږی نو دپلانیدونکې نښې حجم PTV په منځ کې دانرژي ډوزوېش باید متجانس شکل غوره کړي . دنوموړې موخې لپاره دپلانیدونکې نښې حجم PTV په یوه مساعده برخه کې یوټکی انتخاب کیږي ترڅو دهمدې ټکې په ټراو دنسبي انرژي ډوز D_{ref} متجانس وېش ترلاسه شي .

په بله معنی دریفرینس ډوزټکی P_{ref} هغه ټکی دی چې هلته دریفرینس ډوز D_{ref} موقعیت شتون لري اودفزیکي پلان نښې حجم PTV یووتلی اونماینده کوونکی ټکی وی .

د(ICRU) سازمان له خواسپارښتنه کیږی چې دریفرینس ډوزټکی P_{ref} دامکان سره سم دکلینیکي نښې حجم په منځ کې وټاکل شي. د ساري په ډول په ۱۵- ۳۵ شکل کې دسینې سرطان په درملنه کې دریفرینس ډوزټکی په N = Reference point سره ښوول شوي دی او دپلانیدونکې نښې حجم PTV په منځ کې موقعیت لري . دریفرینس ډوزپه ټکې Pref کې نسبي انرژي ډوز سل په سلوکې 100% مساوي ده.





۱۵- ۳۵ شکل : دسینې سرطان ددرملنې په موخه دپلانیدونکې نښې حجم PTV ښوول شوی دی . دسینې سرطان دخنګ دواړوخواوڅخه دمقابلوفوتون وړانګوساحې په واسطه رېناکیږی. دریفرینس ډوزټکی N بدن ته دننوتونکو

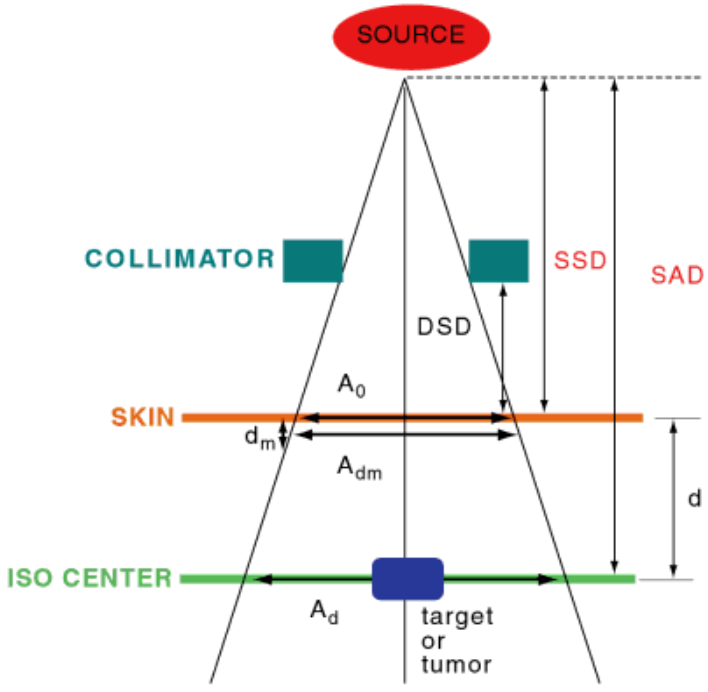
وړانگودمحوراوتومورحجم په نيمايي برخه کې ټاکل شوی دی. په نبي خواشکل کې دتوموريوه پرې شوې سطحه نبوول شوې ده چې په مرکزکې يې دريفرينس ټکی R ټاکل شوی دی .

ديادولووړده چې دريفرينس ډوزټکی P_{ref} دپلانيدونکې نښې حجم PTV په يوه داسې ځای کې وه نه ټاکل شي چې هلته دانرژي ډوزگرادينت gradient شتون ولری . نوموړې نقطه بايدچې يوخواد PTV په مرکزکې وټاکل شي اوبلخواپه داسې ځای کې چې هلته دمحاسبه کولوکړنلاره پوره دقيقه اوداعتباروړوي .

■ د راډيو تراپي ماشين اکس وړانگوهندسي تعريف : (Defination of Beam Geometry)

د راډيو تراپي ماشين په مټ دتومورحجم ته په صحيح توگه هغه مهال انرژي ډوزرسيږي کله چې د وړانگومنبع (فوکس) اوناروغ ترمنځ واټن SSD خورادقيق وټاکل شي. په ۱۵- ۳٦ شکل کې هغه هندسي پارامترونه نبوول شوي دی چې د وړانگومنبع او دتومورنسجونوترمنځ واټن تعريف کوي .

- دپوستکي اومنبع ترمنځ واټن Source to skin distance = SSD
- دمنبع اومحورياايزوسنټرترمنځ واټن Source to axis distance = SAD
- په پوستکي باندې د وړانگوساحه A_0
- دتومورپه سطحه کې د وړانگوساحه A_d
- دپوستکي اوتومورترمنځ فاصله په بله معنی دتومورموقعيت d
- دپوستکي اوپه بدن کې داعظمي انرژی ډوزترمنځ فاصله d_m



۱۵- ۳٦ شکل: د راډيو تراپي ماشين هندسي ارقام نبوول شوي دي چې داکس وړانگوتوليد منبع source اودتومور target or tumor موقعيت ترمنځ تعريف شوي دي .

داکس وړانګو تشخيصي سي ټي سکنر (Diagnostic CT scanner) :

تشخيصي سي ټي سکنر د اکس وړانګويوځانګړی جنراتوردی چې د اکس وړانګوپه مټ دناروغ په بدن کې دسرطاني ناروغيود پېژندنې په موخه کارول کيږي . کله چې دسرطاني نسجونواوشاوخواسالموغړوڅخه د اکس وړانګې تيرې شي نو داکس وړانګوپه ساره پرې شوې تصويرونه cross-sectional images توليدکيږي چې په هغوی کې دخبيث تومورنسجونه اوسليم تومورنسجونه اوهمدارنګه دشاوخواسالمو غړو نسجونه په توپيرسره ښوول کيږي . دتشخيصي سي ټي سکنر وړتياپه دې کې ده چې د بدن په طولي او په عرضي محورباندې آن ديوملې مترڅخه لاکوچني په ساره پرې شوي تصويرونه توليدکولای شې .

دکمپيوترپه واسطه نوموړې تصويرونه CT- Slices دراډيوتراپي ډاکترله خوا دناروغې دتشخيص په موخه تر څېړنې لاندې نيول کيږي. دنوموړې آلي اکس وړانګې دبدن هرځای غړيو جزيات په ډيرجوته توګه رابښيي. د ساري په ډول هډوکې په سپين رنګ، عضلات په خړرنګ،اوبه،وينه اووازده په تورونګ سره را ښيي. تشخيصي سي ټي سکنر څخه دناروغ ددرملنې په موخه کارنه شي اخيستل کېدای داځکه چې د اکس وړانګوانرژي قدرت يې ډير لږوي. همدارنګه دنوموړې آلي ميزچې ناروغ وربانديې پريوځي د راډيو تراپي ماشين په شان هموارنه دی بلکې ژوردی . برسيره پردې دآلې دسوري قطرچې ناروغ ورننوځي ډيرکوچنۍ (Aperture < 70 cm) دی .

د اکس وړانګودرملنې سي ټي سکنر: (Radiation therapy CT scannner)

د وړانګودرملنې سي ټي سکنر په واسطه دسرطاني نسجونو اوسالموشاوخواغړواناتومي موقعيت ترلاسه کيږي. برسيره پردي دناروغ دسکين کولوپه ترڅ کې د وړانګوايزوسنټر radiation isocenter هم ټاکل کيږي . د وړانګوايزوسنټر په فضاء کې هغه ټکي ته ويل کيږي چې دهغه څخه د وړانګومرکزي شعاع اودماشين څرخېد ونکی محورrotation axis تيريږي .

په راډيو تراپي ماشين کې د وړانګوايزوسنټراودماشين اکس وړانګو منبع ترمنځ source to isocenter distance واټن سل سانټي متره وي اولنډيزيي په (SID) = 100 cm سره کيږي .

په بله معنينوموړې آله نه يوازې دسرطاني نسجونود اناټومي موقعيت پېژندنې په موخه کارول کيږي بلکي د اکس وړانګو درنا‌کولو irradiation په ترڅ کې دناروغ ثابت موقعيت دتضمين کولوپه موخه هم کارول کيږي. همدالامل دی چې د وړانګودرملنې سي ټي سکنر هغه ميزچې ناروغ وربانديې پروت وی ژورنه دی بلکې هموارډی . برسيره پردي دسوري قطرچې ناروغ ورننوځي د تشخيصي سي ټي سکنرپه پرتله لوی (Aperture > 85 cm) دی .

د اکس وړانګودرملنې سي ټي سکنر د اکس وړانګويوجنراتوردی چې دځانګړو اکس وړانګوپه مټ ددرملنې په ميزباندې دناروغ موقعيت Localization دليزر وړانګو په کارولوسره کټ مټ داسې اعيارکيږي لکه چې د راډيو تراپي ماشين په واسطه ترسره کيږی .

patient positioning devices

دسرطاني ناروغيوددرملنې په موخه داکس وړانګو اوالکترون وړانګوڅخه ګټه پورته کيږي . خونوموړې وړانګې هغه مهال اغيزمنې پايلې لري چې دسرطاني نسجونو دمنځه وړلولپاره دراډيوتيراپيست ډاکټرله خوا تجويزشوې انرژي ډوز prescribed energy dose په متجانس ،بشپړ اوپه دقيق ډول سرطاني نسجونوته ورسيږي .

دنوموړې موخې په پام کې نيولوسره اړين ده چې دراډيو تراپي په کړنلاره کې دناروغ موقعيت اوورسره سم دسرطاني نسجونواناتومي ځای داکس وړانګوتشعشع په ترڅ کې ثابت وساتل شی اوبې ځايه نه شي .

ديوسلسله مرستندويو تخنيکي آلاتوپه مټ کولا ی شوچې داکس وړانگوتشعشع په ترڅ کې دناروغ موقعيت ثابت وساتل شي .

داکس وړانگودرملنې په ترڅ کې دناروغ موقعيت ثابت ساتلولپاره مرستندوی تخنيکي آلات عبارت دي له :

- ماسک Mask ،
- بولوس Bolus
- اودسينې تخته Mamma Bord
- دناروغ ددرملنې کوټې په چت کې اوهمدارنگه په ښي خوا اوکين خوادیوالونوکې دليزروړانگو Laser source يوه سرچينه بايد شتون ولري

لومړی : ماسک Mask

دماغزوسرطان دوړانگيزې درملنې په موخه ديوه ترموماسک Mask څخه گټه پورته کيږي چې په ۱۵- ۳۷ شکل کې ښوول شوې ده . دناروغ دسرپه کوپړۍ باندې دترموماسک کلکه تړله کيږي اودعمودي اوافقي ليزروړانگو تقاطع نقطه وربانديې دواړوخواوته په نښه کيږي . هرځل چې ناروغ ته اکس وړانگې ددرملنې په موخه ورکول کيږي نودناروغ بدن داسې اعيارکيږي چې هرځل دليزروړانگودتقاطع په نقطه کې قرارولري .



۱۵- ۳۷ شکل : دماغزوسرطان ددرملنې په موخه دماسک Mask په شان پلاستيکې جوړښت څخه گټه پورته کيږي ترڅودناروغ کوپړۍ دوړانگوتشعشع په ترڅ کې ثابت په خپل ځای کې وساتل شي . دنوموړي چلنلا ري په مرسته يوازې دماغزوسرطان نسجونو ته داکس وړانگې رسيږي اودشاوخواسالمې حجرې داکس وړانگودخطرڅخه په امن کې ساتل کيږي . په نوموړي شکل کې دافقي ليزروړانگواوعمودي ليزروړانگوخطونودتقاطع نقطه دناروغ په پوستکې باندې په نښه کيږي . په دوديزه توگه دراډيو تراپي ماشين ايزوسنټر اود ليزرايزوسنټريوبل سره يوشان دسرطاني نسجونوپه مرکزکي اعيارکيږي .

دويم : بولوس Bolus

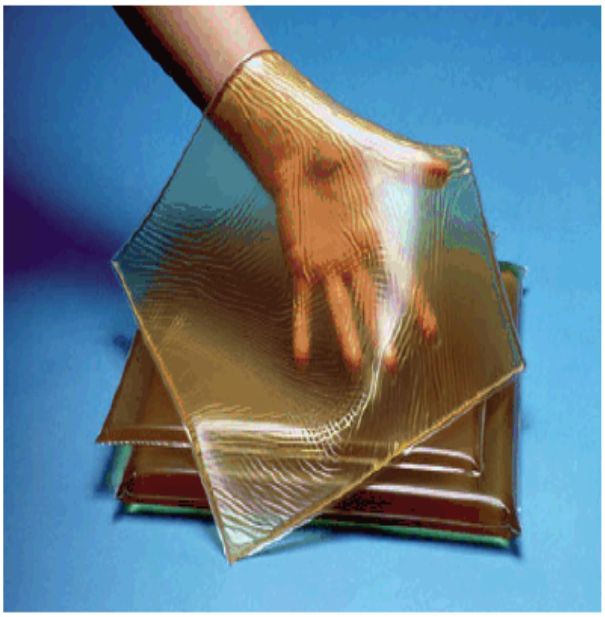
دپوستکي سرطان ددرملنې په موخه دځينو پلاستيکي موادوڅخه ګټه پورته کيږي چې بيوکيمياوي جوړښت يې دپوستکې نسجونوسره يوشان دی اود بولوس Bolus په نوم يادیږي.

نوموړي مواددرملنې څخه مخکې دپوستکي پرسطحه باندې کيښول کيږي ترڅوهلته په کافي اندازه تجويزشوې انرژي ډوزورسيږي . دبولوس ګټوراستعمال دادی چې دنسبي سلنې ژورتياانرژي ډوزمنحني Percentage Depth Dose دپيل هغه ټيټه برخه انرژي ډوز چې د S او B ټکو په منځ کې موقعيت لري په بولوس Bolus کې جذب کيږي .

په پايله کې دنسبي سلنې ژورتياانرژي ډوزمنحني اعظمي برخې Dose Maximum تجويزشوې انرژي ډوز چې داوبو d_{max} په ژورتياکې موقعيت لري دپوستکي سرطان نسجونوته رسيږي . د بېلګې په توګه دشپږ ميکاولټ اکس وړانګو دنسبي سلنې ژورتياانرژي ډوزمنحني اعظمي برخه په يونيم سانتي متر 1,5 cm کې موقعيت لري . نوله دې کبله اړين ده چې يونيم سانتي متربولوس 1,5 cm Bolus دپوستکې پرمخ ونښلول شي اوبياوروسته ددرملنې په موخه اکس وړانګې ورباندې ولګيږي .



Thermoplastic Mask



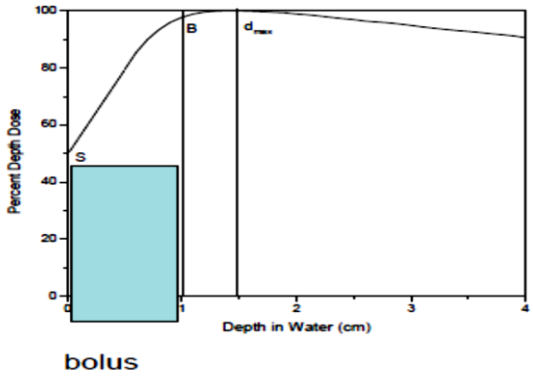
Bolus

۱۵- ۳۸ شکل : شي خواته دماغزوسرطان ددرملنې په موخه دماسک Mask په شان پلاستيکي جوړښت څخه ګټه پورته کيږي ترڅودناروغ کوپړۍ دوړانګوتشعشع په ترڅ کې ثابت په خپل ځای کې وساتل شي .

دنوموړي چلنلا رې په مرسته يوازې دماغزوسرطان نسجونو ته داکس وړانګې رسيږي اودشاوخواسالمې حجرې داکس وړانګودخطرڅخه په امن کې ساتل کيږي .

په کين خواشکل کې دپوستکي سرطان ددرملنې په موخه دځينو پلاستيکي موادوڅخه ګټه پورته کيږي چې بيوکيمياوي جوړښت يې دپوستکې نسجونوسره يوشان دی اود بولوس Bolus په نوم يادیږي. نوموړي مواددپوستکې په مخ کيښوول کيږي اوبياوروسته داکس وړانګې ورباندې لګيږي .

ددې لپاره چې دپوستکي سرطان ته تجويزشوې اعظمي انرژي ډوزور سيږي اودپوستکې لاندې سالمې شاوخوانسجونه داکس وړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي نواړين ده چې دپوستکې په مخ باندې يوسانتي متر بولوس Bolus کيښوول شي . په نوموړی شکل کې دځلورکونجه بولوس موقعيت ښوول شوی دی چې دنسبي سلنې ژورتياانرژي ډوزمنحني په مبدأ کې پروت دی . دياډولووړده چې دبدن پوستکې لاندې نسجونه تقريباً داوبوسره معادل فزيکي خواص لري .



۱۵- ۳۹ شکل : په عمودي محورکې دنسبي سلنې ژورتياانرژي ډوزمنحني Percentage Depth Dose اوپه افقي محورکې داوبوژورتيا Depth in Water په واحدسانتي مترکښل شوې ده .

دړيم : دسينې تخته Mamma Bord

دسينې سرطان دوړانګيزې درملنې په موخه ديوې تختې څخه ګټه پورته کيږي چې دمامابورډ Mamma Bord په نوم يادیږي . نوموړې تخته ددرملنې په ترڅ کې اوهمدارنګه د وړانګودرملنې سي ټې سکنر په ترڅ کې کارول کيږی



۱۵- ۴۰ شکل : ديوې ناروغې ښځې دسينې سرطان ددرملنې کړنلاره ښوول شوې ده چې د راډيوتراپي ماشين په مټ اودمامابورډ Mamma Board په کارولوسره ترسره کيږي.

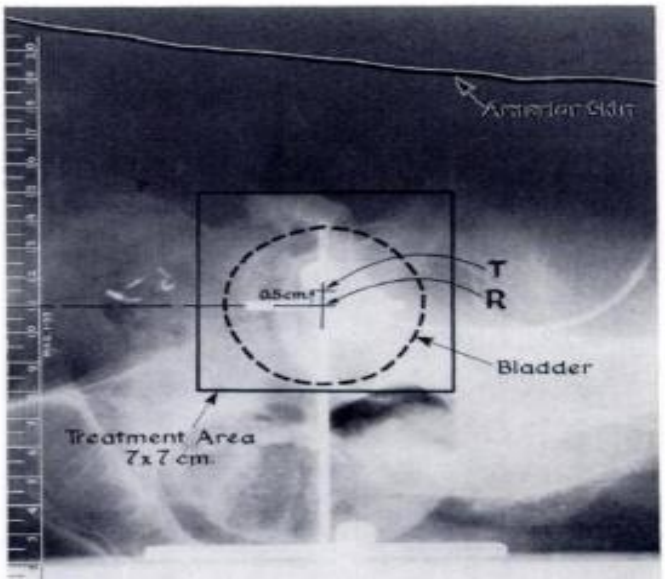
ديوې ښځينه ناروغې دسينې سرطان اکس وړانگودرملنې په موخه ناروغ په يوه تخته ډوله جوړښت باندې پريوځي چې د Mamma Board په نوم يادېږي . دنومورې پلاستيکې آلې په مټ دسينې سرطان حجم داکس وړانگوتشعشع په ترڅ کې ثابت موقعيت ځانته غوره کوي .

پايله يې داده چې دفزيکي پلان سره سم يوازې دسينې سرطان کتلې ته داکس وړانگې رسيږي اوشاوخواسالم غړي لکه سږی اوزړه داکس وړانگودخطرڅخه خوندي ساتل کيږي . بلخوادافقي اوعمودي ليزروړانگوپه مټ دناروغ موقعيت هم ثابت ساتل کيږي . دنومورې موخې لپاره په دوديزه توگه دبدن پوستکی دافقي اوعمودي ليزروړانگودتقاطع نقطه په رنگ باندې په نښه کيږي هغه ځای چې دپوستکې لاندې دسرطان ناروغی شتون لري

سيميلېټر(Simulator)

سيميلېټريوه فلوروسکوپی Fluoroscopy آله ده چې داکس وړانگوپه مټ دبدن غړي په ژوندی توگه په سترگوليدل کيږي . برسيره پردې دبدن غړوڅخه درونتگن وړانگو تصويرونه هم اخيستل کيږي. دسيميلېټردنده داده چې دتومورغټوالي سره په برابراندازه ددرملنې رژاکيدلو ساحه وټاکي اوياداچې اناتومي بعدونه ېې کنترول کړي . همدالامل دی چې دسيميلېټر او راډيو تراپي ماشين هندسي بعدونه سره کټ مټ يوشان دي. د ساري په ډول لکه د وړانگوساحه، دناروغ ميزجوړښت، دافقي اوعمودي ليزر وړانگو تيوب ، دفوکس اوناروغ پوستکي ترمنځ واټن SSD، ايزوسنټر isocenter اودماشين گنتريGantry زاويه کټ مټ ديوبل سره يوشان دی .

دسيميلېټردنده داده چې دناروغ موقعيت Localization درونتگن عکس په اخيستلوسره تل کنترول شي . دنومورې موخې لپاره دسيميلېټرعمودي اوافقي ليزر وړانگې دناروغ په بدن باندې لگيږي اودتقاطع نقطه په نښه کيږي . ورپسې کله چې ناروغ ته په هرځل اکس وړانگې ورکول کيږی اوددرملنې په هموارميزڅملي نودسيميلېټرعمودي اوافقي ليزر وړانگوپه نښوباندې اعيارکيږی .



۱۵ - ۴۱ شکل : دکيڅه مثانه Bladder تومور اکس وړانگوتصويرښوول شوی دی چې د سيميلېټر فلوروسکوپی Fluoroscopy آلې په مټ دڅنگ lateral خواڅخه اخيستل شوی دی . دريفرينس نقطه په R ښوول شوې ده ،اوددرملنې سطحه Treatment Area 7 x 7 cm^2 ټاکل شوې ده . دکلينکي تومورحجم په T ښوول شوې دی.

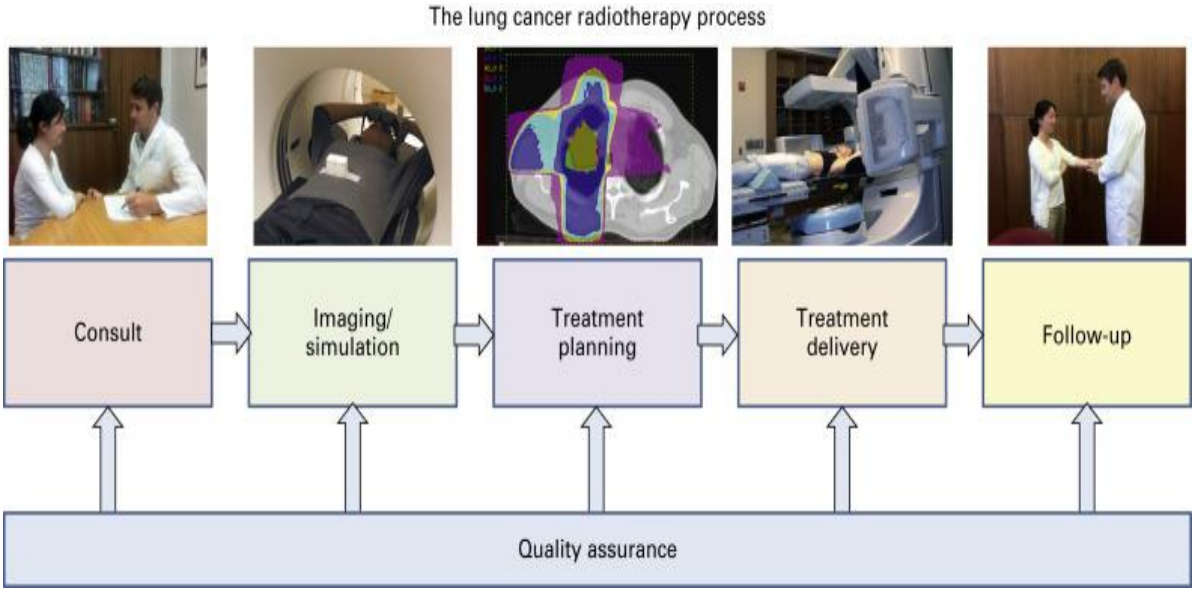
دوړانګيزې درملنې طبي پلان کړنلاره : (Medical treatment planning)

په پيل کې ناروغ دکورني ډاکټرله خواروغتون ته استول کيږي داځکه چې دسرطان ناروغۍ دطبي هراړخيزولابراتواري کړنلارو اوتصويراخيستونکوآلاتو لکه CT, MRI, PET, US په واسطه پېژندل شوی وي .

په روغتون کې داړونده کارپوهانوډاکترانوله خوا دتومورکنفرانس (Tumorboards) دايرکيږي . دمشورو په پايله کې دسرطان ناروغۍ د ډول اوپرمختک سره مطابق ترټولوګټوره کړنلاره لکه عمليات ، راډيو تراپي ، کيمياوي تراپي اونورې طريقې په پام کې نيول کيږي .

د ساري په ډول د وړانګې درملنې لپاره لاندې معلومات راټوليږي .

- دتخنيکي آلاتوپه مټ دتومورTumor اناتومي او توپولوژي موقعيت اودرې بعده ستروالی په سي ټي سلايس کې پېژندل کيږي
- په سي ټي سلايس کې دراډيوتراپې ډاکټرله خوادتومورټول هغه حجم بشپړرسم کيږی او په نښه کيږي چې دکلينيکي وړانګوپه مرسته رښاکيږي. نوموړې برخې ته دنښې حجم (Target Volume) ويل کيږي .
- دنښې حجم (Target Volume) په شاوخواکې ټول سالم غړي تشريح کيږي اوحجم يې کښل کيږي چې د وړانګودخطرسره مخامخ کيدونکي دي . دنوموړوغړولپاره دزغم سرحدي انرژي ډوز Tolerance Dose ټاکل کيږي چې که دهغه مقدارځخه انرژي ډوزډيرشي نوسالموغړوته زيان رسيږي .
- دنښې حجم لپاره دټوليزانرژي ډوز(Total dose) هغومره مقدارتجويز کيږي چې دتومورمنځه وړلو لپاره کافي وي خوپه عين وخت کې سالمې حجرې دخطرځخه خوندي وساتل شي . دټوليزې انرژي يوه برخه هره ورځ ورکول کيږي اودفراکشن ډوز(prescribed daily dose) په نوم يادېږی . د ښلګې په توګه د پروستاټ سرطان لپاره ټوليزانرژي لږځه 70,2 Gy قيمت لري اوهره ورځ په اونۍ کې پنځه ځله په اندازه ددوه ګړې فراکشن 1,8 Gy ناروغ ته ورکول کيږي.



۱۵- ۴۲ شکل : دسږي سرطان ددرملنې طبي پلان کړنلارې توپيرلرونکي پراوونه ښوول شوي دي .

- Consult : دناروغ سره دطبي ډاکټرمشوره اوددرملنې هراړخيزې لارې چارې په ګوته کول
- Imaging : د سي ټي آلي CT په مرسته دسږي سرطان نسجونواکس وړانګوعکس اخيستل
- Treatment Planning : دکمپيوټري سيستم په مرسته دسږي سرطان نسجونو ددرملنې طبي اوفزيکي پلان چمتوکول

- Treatment delivery ; دطبي پلان مطابق داکس وړانګوپه مرسته دسړي سرطان نسجونو درملنه
- Follow up : دناروغ مراقبت

دوړانګيزې درملنې فزيکي پلان کړنلاره (Physical treatment planning)

ددرملنې فزيکي پلان يوه ځانګړې چلنلاره ده چې ديوې ډلې کارپوهانوله خوا،لکه اونکوليجيست ډاکټر Oncologist ، د وړانګو تراپي ډاکټرRadiation therapist ، طبي فريک پوه Medical physics اودطبي ډوزيمتري کارپوه medical dosimetrists په شريکه مشوره سره فزيکي پلان مطرح کيږي .

د راډيو تراپي په درملنه کې لومړی دناروغ سره خبرې اترې ترسره کيږي اود وړانګودرملنې ګټه اوزيان ورته تشريح کيږي . ورپسې ناروغ د وړانګودرملنې سي ټي سکنرته ځي اوهلته دميزپه سرپريوځي . دسي ټي سکنرپه ترڅ کې دتومورموقعيت په پام کې نيولوسره لومړی دبدن درښاکيدنې لا زم حجم اوددرملني تخنيک لکه SSD اويا SAD ټاکل کيږي .

په SSD تخنيکي کړنلاره کې دخطي تعجيل کوونکي ماشين اکس وړانګوسرچينې اودبدن پوستکي ترمنځ واټن سل سانټي متره SSD = 100 cm ټاکل کيږي . په SAD تخنيکي کړنلاره کې دخطي تعجيل کوونکي ماشين اکس وړانګوسرچينې اودتومور Tumor مرکزترمنځ واټن سل سانټي مترټا SAD = 100 cm کل کيږي. په وروستي تخنيک کې دراډيو تراپي ماشين ايزوسنټر Isocenter دتومورپه مرکز کې کښوول کيږي.

په پيل کې دليزر وړانګو په مرسته دناروغ دپوستکي په يوه مساعدځای باندې ايزوسنټر Isocenter په نښه کيږي ترڅو دهمدغه ثابت موقعيت څخه د راډيو تراپي په پاتې درملنې کې هم کارواخيستل شی .
ورپسې دسي ټي سکنرپه مټ دارونده سرطاني نسجونو او شاوخوا سالموغړو په ساره پرې شوي اکس وړانګو تصويرونه CT Slices اخيستل کيږي . دسې ټي تصويرونه دکمپيوترپه واسطه د راډيو تراپي ډاکټرکمپيوترته اوتوماتيک استول کيږي . د راډيو تراپي ډاکټرد سي ټي سکنرپه ټولوهغوساره پرې شوو اکس وړانګو تصويرونو CT Slices کې چې هلته دسرطان ناروغې نسجونه شتون لري او پېژندل کيږي په رنګه ډول رسم کوي .
د ساري په ډول دتومورټول حجمونه عبارت دي له :

. GTV, CTV, PTV ,

برسيره پردې د راډيو تراپي ډاکټرد سي ټي سکنر په ټولوساره پرې شوو اکس وړانګو تصويرونو CT Slices کې دتومورپه شاوخواکې سالم غړي هم رسم کوي . ورپسې دسي ټي سکنر اکس وړانګوتصويرونو CT Slices کې رسم شوي تومورحجمونه دکمپيوترله لارې طبي فزيک پوه ته استول کيږي .. دطبي فزيک پوه دنده داده چې دځانګړې کمپيوتري سيستم په مټ ددرملنې فزيکي پلان جوړکړي .

په ۱۵-۴۳ شکل کې د راډيو تراپي عملي کړنلاره ښوول شوې ده.

د راډيو تراپي کړنلارې اصلي موخه داده چې دخبيث تومور نسجونه بيخي دمنځه يوسي خو په دې شرط چې ګاونډي سالم نسجونه (-risk organ-) دوس سره سم د اکس وړانګو د زيان څخه خوندي وساتل شي . همدالامل دی چې ددرملنې په فزيکي پلان کې نومورې هدف په پام کې نيول کيږي اود راډيو تراپي ماشين ټول فزيکي ارقام داسې اعيارکيږي چې يوخوا دناروغ په سرطاني نسجونو کې د اکس وړانګو شدت په اعظمي درجه متجانس وښ ولري اوبلخوا دفزيکي تومورحجم PTV ته دتجويزشوې انرژي ډوز prescribe dose بشپړمقدار ورسيږي . په بله معنی داصلي تومورحجم GTV بايددتجويزشوې انرژې سل په سل

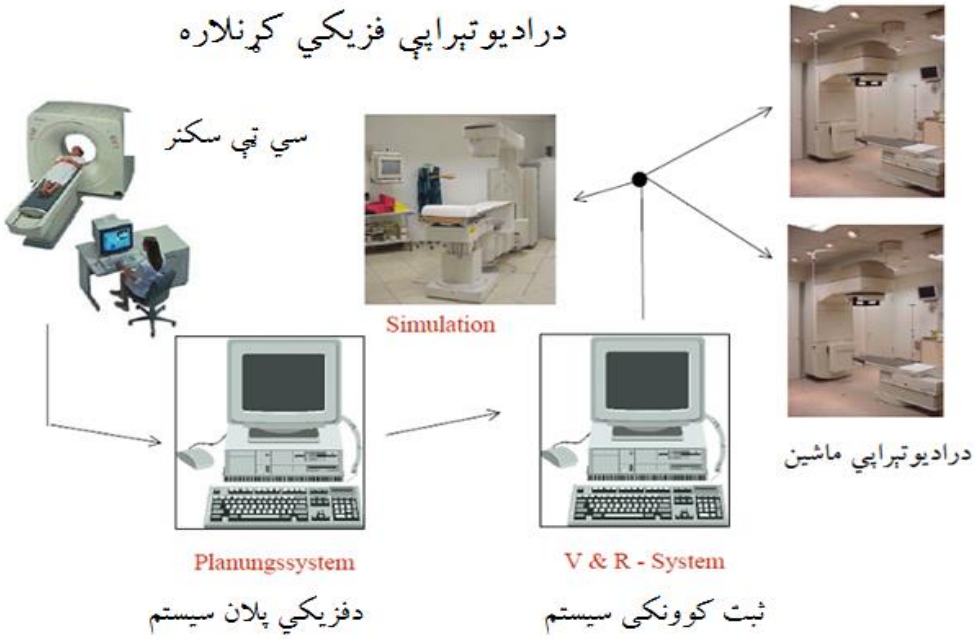
ايزوډوزکرښهisodose line 100% اودپلان تومورحجمPTV لږترلږه دنوي په سل ايزوډوزکرښو isodose line 90% په منځ کې شتون ولري .

فزيکي ارقام عبارت دی له :

دګنتري زاويه، داکس وړانګو انرژي ډول،د اکس وړانګو ساحې شمېر ، د اکس وړانګو ساحې هندسي ابعاد(x,y) او دويج فيلتر Wedge filter اودماشين پاتې ميخانيکی او وړانګيزپارامترونه اعيارکيږي.

دنومړې موخې لپاره ځانګړي کمپيوتري سيستمونه شتون لري چې ددرملنې فزيکي پلان محاسبه کوي . په دې اړوند هراړخيزتخنيکونه کارول کيږی . د ساري په ډول دولاړې ساحې تخنيک ،د څرخېد ونکي ساحې تخنيک اود Intensity modulated radiotherapy (IMRT) تخنيک اونور.

کله چې دطبي فزيک پوه په واسطه دسرطان ناروغ لپاره ځانګړی فزيکي پلان تکميل شي نودکمپيوترپه واسطه دپلان ټول ارقام دسيميلېټرآلې Simulator ته وراستول کيږي . د راډيو تراپي متخصص ډاکټر دسيميلېټرآلې په کارولوسره په ناروغ باندي دفزيکي پلان ټول هندسي ارقام يوځل بيا ازمويي . د ساري په ډول دسيميلېټرآلې د اکس وړانګوپه تصويرکې دايزوسنټر (isocenter) موقعيت اودناروغ په بدن باندې دليزر وړانګو موقعيت دفزيکي پلان سره مقايسه کوي اودضرورت په وخت کې تغيرورکوي . هرکله چې دفزيکي پلان تخنيکي عملي کيدنه اووړتيا دسيميلېټرآلې په واسطه وازمويل شوه نوبياوروسته اجازه شته ده چې ناروغ ته د راډيو تراپي ماشين په واسطه درملنه پيل شي .



۱۵- ۴۳ شکل : د راډيو تراپي دکارکولو فزيکي کړنلاره ښوول شوې ده چې دلاندوآلاتوڅخه جوړه ده .

- کمپيوترتوموګراف computed tomography (CT scan) ،
- دفريکي پلان سيستم planningsystem ،
- سيمولېشن simulation ،
- دثبت اوتصديق کولوسيستم V&R-System ،
- د راډيو تراپي ماشين .

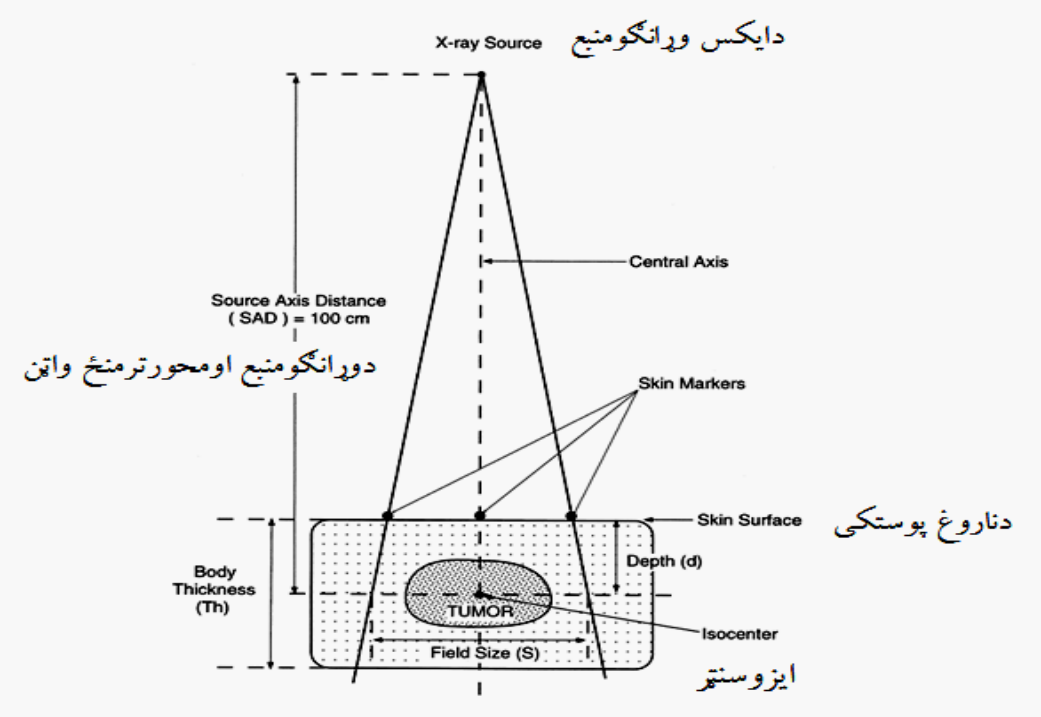
■ دراډيو تراپي فزيکي پلان تخنيکونه : (Radiation treatment techniques)

د راډيو تراپي په درملنه کې دوه ډوله تخينکونه کارول کيږي چې دناروغ لپاره دفزيکي پلان په محاسبه کې ورڅخه ګټه پورته کيږي . مخکې له دې چې ناروغ ته وړانګې ورکول کيږي دتومورډول سره مطابق ددرملنې فزيکي پلان تخنيکونه ټاکل کيږي .

لومړی : د اکس وړانګومنبع اودماشين محور واټن تخنيک :

(Source axis distance technique = SAD)

نومورې تخنيک د راډيو تراپي يوډول تخنيکي کړنلاره ده چې ددرملنې په ترڅ کې د اکس وړانګومنبع اود راډيو تراپي ماشين محورترمنځ واټن ثابت پاتې کيږي .دنومورې تخنيک لنډيزپه SAD سره کيږي اودايزوسنټرتخنيک په نوم هم يادېږي . داځکه چې په عادي توګه د راډيو تراپي ماشين محوردتومورحجم په مرکزکې کينبول کيږي اود اکس وړانګې منبع څخه سل سانتي متره = SAD 100 cm فاصله لري . همدالامل دی چې نومورې تخنيک د اکس وړانګومنبع اوتومورواټن تخنيک STD په نوم هم يادېږي .



۱۵- ۴۴ شکل : د اکس وړانګومنبع (x-ray source) اود راډيو تراپي ماشين محورترمنځ واټن تخنيکي بڼه ښوول شوې ده چې د (Source axis distance technique = SAD) په نوم يادېږي . د اکس وړانګومنبع وړانګيزه ساحه (Field Size) دناروغ په پوستکي باندې لګيږي اوپه پايله کې دتومورحجم په اندازه فوتون وړانګې ورکول کيږي. دتومورژورتيا Depth په d اوهلته د اکس وړانګو ساحه په S ښوول شوې ده.

دپام وړده چې په نومورې تخنيک کې د راډيوتراپی ماشين ايزوسنټرIsocenter دتومورحجم په مرکزکې کينبوول کيږي او وړانګيزه ساحه دتومورحجم سره برابرټاکل کيږي .

په نومورې تخنيک کې ددرملنې اکس وړانګو هره ساحه دتومورنسجونه پرلپسې رټاکوي. دSAD تخنيک ګټه د SSD تخنيک په پرتله داده چې کله يوځل په ناروغ باندې دليزرپه مرسته د اکس وړانګو يوه ساحه اعيارشوه نود وړانګې پاتې ساحې پرلپسې ورکول کيږي . داځکه چې ناروغ ته اړتيانه شته چې دخپل ځای څخه بې ځايه شي . همدالامل دی چې په لږوخت کې دډيروناروغانو درملنه ترسره کيږی اواقصادي ګټه په پام کې نيول کيږي .

په پيل کې ناروغ دميزپه سرځملي دماشين ايزوسنټردتومورپه مرکزکې کيښول کيږي . برسيره پردې دفاصلې ښونکې آلې په مټ دتومورژورتيا دناروغ په پوستکې باندې پروجکشن projection کيږي . د ساري په ډول که چېرته دتومورژورتيادسي ټې سلايزله مخې په بدن کې لس سانتي متره ژور موقعيت ولري نودفاصلي ښوونکې آلې په مټ SSD = 90 cm په پوستکې باندې پروجکشن کيږي.

دويم : د اکس وړانگوسرچينې اودپوستکې ترمنځ ثابت واټن تخنيک :

(Constant Source Skin Distance techniques)

ددرملنې يوه داسې تخنيکي کړنلاره ده چې ددرملنې په ترڅ کې دناروغ پوستکي سطحې Surface او د اکس وړانگو منبع (X-ray Source) ترمنځ واټن ثابت پاتې کيږي اولنډيزيې په SSD سره کيږي. ددرملنې فزيکې پلان لپاره داوبوپه يوه فنتوم کې هراړخيزفزيکي ارقام لکه د اکس وړانگو دانرژي سليزژورډوزمنحني percentage depth dose curves اندازه کيږي.دنومورومنحنيگانوپه مټ کښای شي چې د اکس وړانگوانرژي ډوزکچه دبدن په هره برخه کې محاسبه شي . د راډيو تراپي ماشين د اکس وړانگومنبع اودناروغ پوستکې ترمنځ واټن د اکس وړانگو هرې ساحې لپاره ثابت او دسل سانتي متر سره SSD = 100 cm مساوي دی .

کله چې د راډيو تراپي ماشين په خپل محورڅرخيږي نو دهرې خواڅخه اکس وړانگې دمنبع څخه راځي اومرکزي وړانگې په يوه ټکي کې يودبل سره قطع کوي . دمرکزي اکس وړانگو دتقاطع ټکي ته ايزوسنټر(Isocenter) ويل کيږی چې په SSD تخنيک کې دناروغ په پوستکې باندې پروت دی . ايزوسنټر Isocenter په فضاء کي يوټکی دی چې د راډيو تراپي ماشين دمحورمرکزټکی تشکيلوي.

په پيل کې ناروغ دميزپه سرځملي اوورپسې دمېزارتفاع ته ترهغه پورې تغيرورکول کيږي ترڅوچې د اکس وړانگو هرې ساحې لپاره د SSD واټن دناروغ په پوستکې باندې دسل سانتي مترسره برابرشي . نوموړې کړنلاره ديوخواډيره ستونځمنه ده اوبلخواډيروخت نيسي. خود SSD تخنيک گټه داده چې دبدن پراخې ساحې ته وړانگې رسولای شي . د ساري په ډول هغه ناروغان چې دوينې سرطان ولري اويا دخبيثولمفاوي غدو لکه Non-Hodgkin-Lymphom درملنه د اکس وړانگو په واسطه ترسره کيږي. په نوموړې ناروغی کې ناروغ ته ديوسلوشل څخه تريوسلوديرش سانتي متروواټن کې SSD = 120-130 cm وړانگې ورکول کيږي . په ليږې واټن کې د اکس وړانگو تباعدdivergenz دومره اغيزه نه لري دځکه چې وړانگې نسبتاًموازي خپريږي.

بلخواداټاکل شوي واټن SSD = 120-130 cm لپاره اړين ده چې ځانگړې سليزژورانرژي ډوزPDD محاسبه شي .

ديادولووړه چې د SSD تخنيک او SSD تخنيک ترمنځ دواټن په تړاولاندې اړيکي شتون لري.

(SSD = SAD-d)

په بله معنی اکس وړانگوسرچينې اودناروغ پوستکې ترمنځ واټن SSD ترلاسه کيږي کله چې د اکس وړانگوسرچينې اودماشين محورترمنځ واټن SAD څخه دتومورژورتيا d واټن منفي کړو.

د اکس وړانگوسرچينې اودپوستکې ترمنځ ثابت واټن تخنيک نيمگړتياپه دې کې ده چې ناروغ ددرملنې په ترڅ کې دهرې وړانگيزې ساحې په کارولوسره پرلپسې دخپل ځای څخه بايدبل اړخ ته وخوځول شي .

■ د راډيو تراپي ماشين کليبريشن : (Radiotherapy Machine Calibration)

د راډيو تراپي ماشين کليبريشن Calibration دتعريف سره سم دا معنی لري چې داوبوفنتوم Waterphantom په يوه ټاکلې ژورتيا Depth کې اوديوه ټاکلي وړانګيزساحې Field size لپاره په اوبوکې دفوتون اکس وړانګو جذب شوې انرژي ډوز absorbed dose in water څومره قيمت لري.

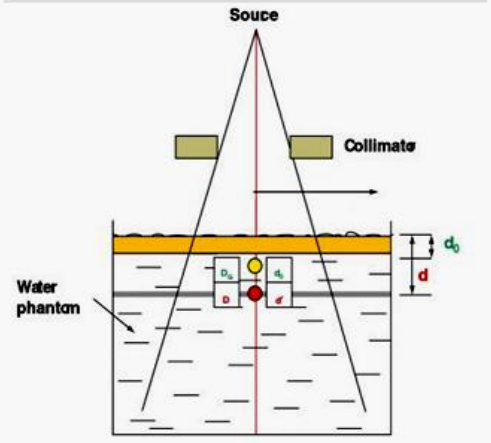
دکليبريشن په کړنلاره کې د راډيو تراپي ماشين دفوتون اوالکترون وړانګو انرژي ډوزقدرت Output Power اندازه کيږي.

دراډيو تراپي ماشين دانرژي ډوزقدرت واحد داسې اعيارکيږي چې يو مونيټوريونيټ 1MU ديو سانتي ګرې انرژي ډوز 1MU/cGy سره سمون لري . دنوموړې موخې لپاره داوبوفنتوم Waterphantom په ټاکلې ژورتياکې يوه آيونايز يشن چمبرکيښول کيږي اودمنبع څخه په ټاکلي واټن اود اکس وړانګو ټاکلي ساحې لپاره د وړانګوانرژی ډوزاندازه کيږي . په بله معنی کليبريشن دراډيو تراپي ماشين دفوتون وړانګودانرژي ډوزقدرت Beam output څرګندوي چې واحديې ګرې پرمونيټوريونيټ Gray per Monitor Unit ټاکل شوی دی . دنوموړي فزيکي کميت لنډيزپه (Gy/MU) ليکل کيږي.

د ساري په ډول دکوبالټ منبع Co-60 لپاره دکليبريشن واټن پينځه اتياسانتي متر SCD = 80cm + 5cm قيمت لري. دنوموړې موخې لپاره داوبوفنتوم په پنځه سانتي مترژورتياکې Z_{cal} = 5cm يوه آيونايز يشن چمبرکيښول کيږي . دکوبالټ وړانګو ساحه 10x10 cm او دکوبالټ سرچينې اوداوبوفنتوم سطحې ترمنځ واټن SSD = 80 cm ټاکل کيږي .ورپسې دکوبالټ منبع څخه وړانګې راوځي ترڅو چې د آيونايز يشن چمبرپه واسطه په يوه دقيقه کې سل سانت ګرې انرژي ډوز (100 cGy/min) اندازه شي .



ب شکل



الف شکل

۱۵- ۴۵ شکل : د راډيو تراپي ماشين الف شکل د کليبريشن Calibration کړنلاره کښل شوې ده چې دهرارخيزفزيکي ارقاموداندازه کولوپه موخه داوبوپه فنتوم کې (Waterphantom) الف شکل ترسره کيږي . په ب شکل کې داوبوفنتوم اوراډيوتراپي ماشين فزيکي بڼه ښوول شوې ده .

په اوبوکې ددرې بعده انرژي ډوزوېش داندازه کولوپه موخه د آيونايز يشن چمبرداوبو په فنتوم (Waterphantom) کې ژورښکته خواته Depth = d او همدارنګه عرضي Transverse خواته حرکت کوي . داوبوفنتوم داوبوڅخه ډک دی . د راډيوتراپي ماشين منبع Source څخه اکس وړانګې راوځي اوداوبوپه سطحه باندې لګيږي . دمنبع مرکزي وړانګې په اوږدوکې د d_0 ژورتياښوول شوې ده چې په دې ټکي کې داعظمي ډوزانرژي شتون لري . د آيونايز يشن چمبرداوبوپه d ژورتيا کې موقعيت لري اود وړانګوسليزانرژي ډوز PDD

اوهمدارنګه د وړانګوپه ساره ډوزوبش Dose Profile داندازه کولوپه موخه درې بعده خواته حرکت کوي . ديوه کوليمېټر collimator په مرسته د وړانګوشدت فوکس اود وړانګوساحه محدوده کېږي .

ب شکل : د راډيو تراپي ماشين تر کوپرې لاندې داوبوفنتوم کښښول شوی دی چې داوبوڅخه ډک دی .

دماشين ټول ډوزيمتري ارقام دsoftwares سيستم په مټ VMS;UNIX محاسبه کېږي اوورپسې يوه ځانګړي Windows NT کمپيوترته استول کېږي.

په ۱۵- ۴٦ شکل کې د راډيو تراپي ماشين کليبريشن Calibration دوه ډوله کړنلارې ښوول شوې دي چې دناروغ دوړانګيزې درملنې په موخه کارول کېږي . دکليبريشن يوه کړنلاره دفوتون وړانګومنبع اودماشين محورترمنځ واټن SAD په نوم يادېږي اوبله کړنلاره دفوتون وړانګومنبع اودپوستکې ترمنځ واټن SSD په نوم سره يادېږي .

لومړی : دمنبع اومحورترمنځ واټن کليبريشن کړنلاره : (Source Axis Distance = SAD) :

کليبريشن يوه داسې کړنلاره ده چې داوبوفنتوم په پنځه سانتي متر 5 cm ژورتياکې يوه آيونايز يشن چمبرکښښوول کېږي اودفوتون وړانګومنبع او آيونايز يشن چمبر ترمنځ واټن source chamber distance سل سانتي متره SCD = 100 cm ټاکل کېږي.

نوموړی واټن دراډيو تراپي ماشين ايزوسنټر Isocenter سره مساوي دی چې په SAD = SCD = 100 cm سره ښوول کېږي.د بېلګې په توګه په ۱۵-۴٦ شکل کې دراډيو تراپي ماشين کليبريشن کړنلاره ښوول شوې ده.

داوبوفنتوم په پينځه سانتي مترژورتياکې دفوتون وړانګوساحه Field size لس ضرب دلس سانتي متره 10 x 10 cm ټاکل کېږي .

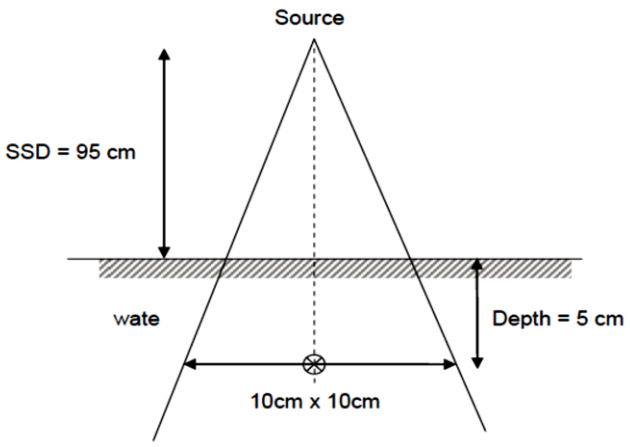
ورپسې د راډيو تراپي ماشين قدرت په تخنيکي تړاوداسې اعيارکېږي چې دنوموړوټاکل شووپارامترونو parameter لپاره داوبوفنتوم په پنځه سانتي متره ژورتياکې يومونيټورواحد1MU ديوسانتي ګرې 1cGy سره برابر (1MU = 1cGy) قيمت ولري .

دنوموړې موخې لپاره د راډيو تراپي ماشين ترهغه وخته پورې چلان وي اود ماشين منبع څخه فوتون وړانګې راوځي ترڅوچې آيونايز يشن چمبريوسانتي ګر1cGy اندازه کړي .

ديادولووړده چې دراډيوتراپې په ماشين کې توليدشوې اکس وړانګې په دوامداره توګه نه توليدکېږي بلکې دوپلسيزولټيج په مټ توليدکېږي او په واحد دمونيټوريونيټ Munitor Unit = MU سره اندازه کېږي . په عادي توګه دراډيوتراپې ماشين داسې کليبريشن کېږي چې داوبوفنتوم په پنځه سانتي مترژورتياکې يومونيټورواحد ديوسانتي ګرې انرژي سره سمون لري . 1MU = 1 cGy

څرنګه چې دراډيوتراپې ماشين اکس وړانګوپلسونه pulses په واحد دمونيټوريونيټ Munitor Unit = MU سره اندازه کېږي نو په يوه دقيقه کې دزيمنس فابريکي اونکورOncor ماشين قدرت Output مساوي دی له :

- د پنځه لس ميګاولټ 15MV فوتون وړانګولپاره : 500 MU/min
- دشپږميګاالکترون ولټ لپاره : D = 300 MU/min



۱۵-۴۶ شکل: دراډيو تراپي ماشين اکس وړانگودمنبع اودنوموړي ماشين محورترمنځ واټن SAD کليبريشن کړلاره ښوول شوې ده. (49) کله چې دراډيوتراپي اکس وړانگوسرچينې Source څخه دفوتون وړانگې راووځي نود اوبوفنتوم په پينځه سانتې مترژورتياکې Depth = 5 cm په يوه آيونايز يشن چمبرباندې لگيږي .نوموړي آله دفوتون وړانگوجذب شوې انرژي ډوزاندازه کوي. دراډيو تراپي ماشين قدرت داسې اعيارکيږي چې په ايزوسنټرکې سل مونيټورواحدونه MU ديوگرې Gray = Gy سره برابرشي يعنې 1 Gy = 100 MU

➢ دپام وړ :

په هرروغتون کې دراډيو تراپي ماشين کليبريشن کړلاره ديوبل سره توپيرلري. دېلگې په توگه که څه هم دنوموړي ماشين دانرژي ډوزقدرت په ايزوسنټرکې اندازه کيږي خو دماشين ايزوسنټرداوبوفنتوم په پنځه سانتې متر **5 cm**،اويا اوه سانتې متر**7cm** اويالس سانتې متر **10 cm** ژورتياکې موقعيت لري.ديادولووړه چې دزيمنس اونکورماشين کله چې دفابريکي څخه مشتريانوته تسليم کيږي دانرژي ډوزقدرت يې دشپږميگا ولټ **6 MV** فوتون وړانگولپاره داوبوپه لس سانتي مترژورتياکې نه وي ټاکل شوی بلکې د وړانگوانرژي سليزژورتياډوز**PDD** په اعظمي برخه کې يعنې يونيم سانتي مترژورتيا $Z_{max=}$ **1,5 cm** کې اندازه شوی وي . د ساري په ډول د siemens راډيو تراپي ماشين دانرژي ډوزقدرت دشپږميگاولټ فوتون انرژي لپاره په يونيم سانتې مترژورتيااو په يوه دقيقه کې درې سوه سانتې گرې پردرې سوه مونيټورواحددی.

Dose rate = (300 cGy/300

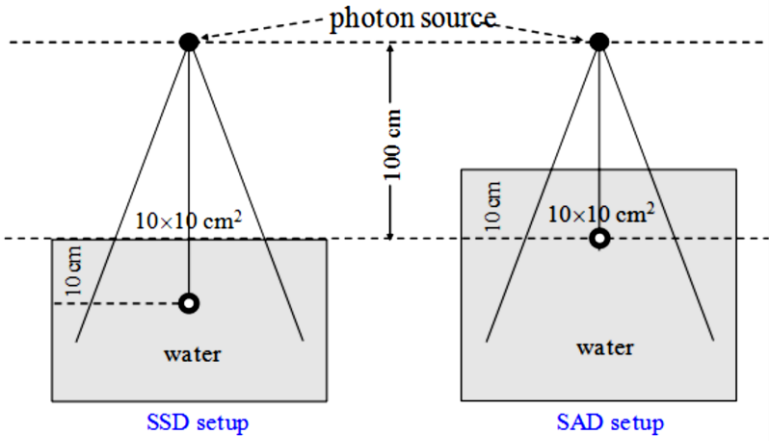
کله چې د آيونايز يشن چمبرداوبوفنتوم په لس سانتې مترژورتياکې کښوول شي نود راډيو تراپي ماشين اکس وړانگو منبع څخه وړانگې راوځي اوپه پايله کې دسل سانتې گرې (1Gy = 100 cGy) لپاره يوسلوپنځوس مونيټور واحدونه 150 MU په کاردی . په دې معنی چې په لس سانتي مترژورتياکې دماشين دانرژي ډوز قدرت کمښت مومي اومساوي دی له:

Dose rate = (300 cGy/450 MU)

دويم : دمنبع اوبدن پوستکې ترمنځ واټن کليبريشن : (Source Skin Distance = SSD) :

دکليبريشن يوه داسې تخنيکي چلنلاره ده چې د آيونايز يشن چمبرداوبوفنتوم Waterphantom په لس سانتي مترژوريتا d = 10 cm کې شتون لري اوداکس وړانگومنبع اودبدن پوستکې ترمنځ واټن سل سانتي متره SSD = 100 cm وي . دبدن په پوستکې باندې داکس وړانگوساحه لس ضرب دلس سانتي متره 10 x 10 cm ټاکل کيږي . ورپسې د راډيو تراپي ماشين قدرت په تخنيکي تړاوداسې اعيارکيږي چې دنوموړوټاکل شووپارامترو parameter لپاره داوبوفنتوم په لس سانتي متره ژورتياکې آيونايز يشن چمبر يومونيټورواحددیوسانتي گرې سره برابرقيمت اندازه کړي . دماشين انرژي ډوزقدرت مساوي دی له :

Dose rate = 1cGy/1MU



۱۵- ۴۷ شکل : دناروغ ددرملني لپاره دکليبريشن Calibration دوه عمده کړنلاړې ښوول شوې دي چې د SAD = Source Achs Distance او SSD =Source Skin Distance په نوم يادېږي .

دSAD تخنيک ته د(**هدف - محور- واټن**) هم ويل کيږي اولنډيزيې په (TAD) ښوول کيږي . دنوموړې کليبريشن لپاره دمونيټرووواحدونوMU محاسبه دلاندې فرمول څخه ترلاسه کيږي .(12)

Monitor Units for Target-Axis-Distance (TAD) Setup:

$$MU = \frac{TD \cdot Wt}{K \cdot TMR(r_{eff}, d) \cdot TSF(r) \cdot TF \cdot WF \cdot (SCD/SPD)^2 \cdot OAR(x, y, d)}$$

په پورتني فرمول کې دفزيکي کميتونو لنډيز او معنی په لاندې ډول تشريح کيږي .

- **Tumor dose = TD :** دتجويزشوې انرژي ډوز هغه برخه ده چې دتومورحجم يوه ځانګړې ټکي Referenc point ته ټاکل شوې وې
- **Beam Weighting = WT :** ددرملنې وړانګې اړونده ساحې سليزوزن
- **Machine output = K :** ددرملنې ماشين انرژي قدرت په واحدسانتي ګرې تقسيم په مونيټوريونيټ 1cGy/MU :

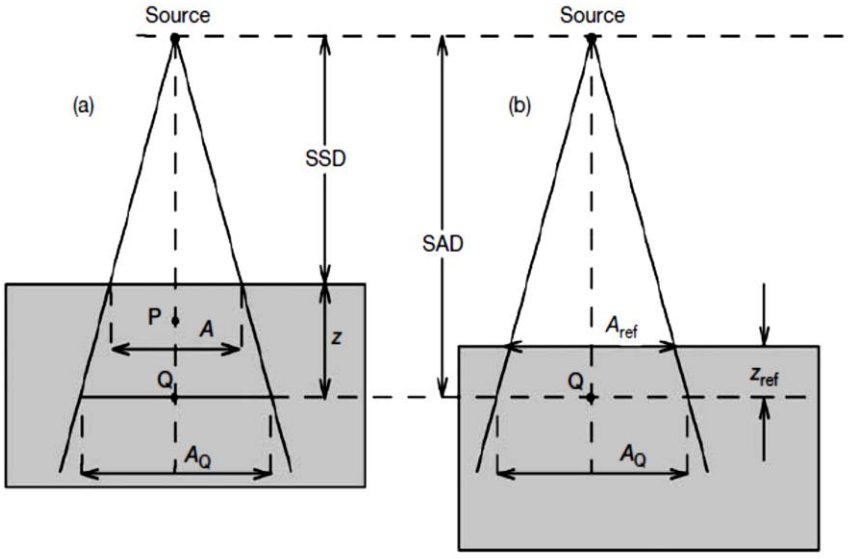
- **TMR(r,d) = Tissue maximum ratio :** (دنسج اعظمي تناسب) : په شکل a) کې داوبويومفنتوم کښل شوی دی چې داوبوپه z ژورتيا Depth او د Q په ټکي کې يوه آيونايز يشن چمبر موقعيت لري. دفوتون وړانګوسرچينې څخه دفوتون وړانګې راوځي اودابوپه فنتوم باندې عموداً لګيږي .دفوتون وړانګوهغه مقدارانرژي چې Qd په ټکي کې اندازه کيږي د $D_{Q,Z}$په حرف سره ښيو.

په ۱۵- ۴۸ شکل b) کې داوبوفنتوم څخه اوبه کموونکې آیونایز یشن چمبرې $Z_{max} = Z_{ref}$ کې موقعیت پیداکړي . په نوموړي ځای کې دفوتون وړانګو اندازه شوی انرژي ډوز په D_{max} ښیو.
د TMR(r,d) یوډول ځانګړی فزیکي کمیت دی چې د $D_{Q,Z}$ او $D_{Q,max}$ حاصل تقسیم څخه ترلاسه کیږي.

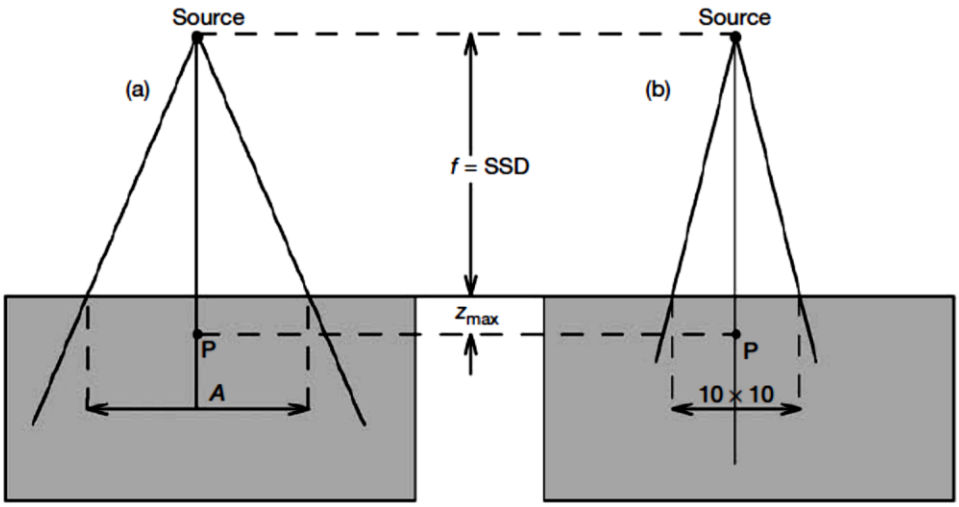
$$TMR(z, A_Q, h\nu) = \frac{D_Q}{D_{Qmax}}$$

➢ **Total scatter factor = TSF : (دبشپړشیندنې فکټور):** د اکس یعني فوتون وړانګومنبع څخه دفوتون وړانګې راوځي اوپه لاره کې داوبوپه فنتوم لګیږي . دمرکزي شعاع په اوږد وداوبوفنتوم په یوه ټکي P کې آیونایز یشن چمبرکیږدو. د وړانګې ساحه 10x10 cm ټاکو. نوموړی ټکي داوبوفنتوم په Z_{max} ژورتیاکې پروت دی چې هلته دانرژي ډوزاعظمي $D_{Z,max}$ قمیت لري . ورپسې د وړانګې یوه بله ساحه A ټاکو اود آیونایز یشن چمبرپه واسطه دانرژي ډوز په Z_{max} کې یوځل بیا اندازه کوو.

➢ دبشپړ شیندنې فکټور TSF عبارت له حاصل تقسیم دهغه انرژي ډوزڅخه دی چې دراکړشوي وړانګې ساحې A لپاره په Z_{max} اوپه P ټکې کې اندازه شوی وی $D_p(Z_{max},A)$ اوهغه انرژي ډوز $D_p(Z_{max},10x10)$ چې په همدغه ټکي او دa 10x10 cm وړانګوساحې لپاره په ژورتیا Z_{max} اوپه P ټکې کې اندازه شوی وی.



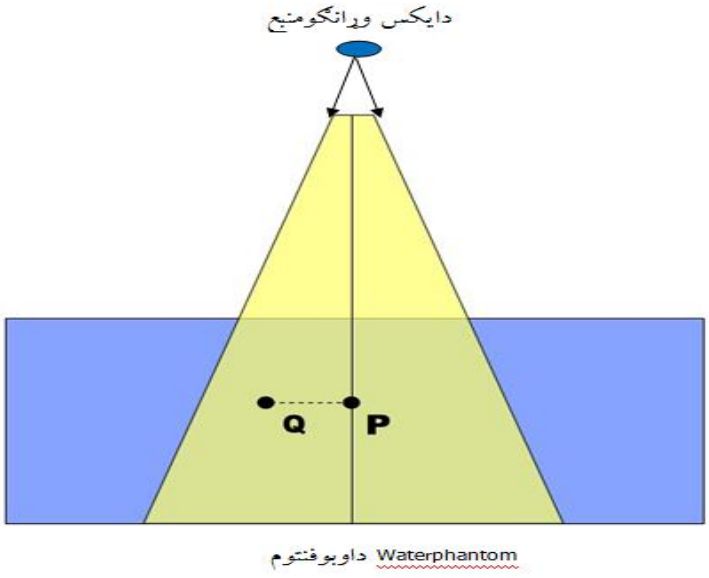
۱۵- ۴۸ شکل : (دنسج اعظمي تناسب) TMR تعریف کښل شوی دی.



۱۵- ۴۹ شکل : دښپړشيندنې فکټور **TSF** تعريف کښل شوی دی

$$TSF = D_p(Z_{max},A) / D_p(Z_{max},10x10)$$

- **Tray factor = TF :** يوفزيکي ضريب دی چې ديوې نرۍ پلاستيکي تختي څخه د وړانگودتيريدنې سلنه برخه ښيي . پلاستيکي تخته دفلزي بلاکونودکيښودلو په موخه کارول کيږي اوددرملنې ماشين په کوپړۍ کې شتون لري .
- **Wedge factor = WF :** دويج فيلترضريب
- **Source calibration distance = SCD :** دراډيوتراپې ماشين اکس وړانگومنبع اودکليبريشن calibration ټکي ترمنځ واټن ته ويل کيږي چې هلته آيونايز يشن چمبرکښول شوې وي اودفوتون وړانگوانرژي ډوز اندازه کوي .
- **Source point distance = SPD :** دراډيوتراپې ماشين اکس وړانگومنبع اوداوبوفنتوم دمطلوب ټکي ترمنځ واټن دی .
- **Off axis ratio = OAR :** د وړانگومرکزي محورڅخه بهريوه نقطه Q کې دانرژي ډوز D_Q تقسيم په انرژي ډوز Dp چې دمرکزي محورپه يوه نقطه P کې اندازه شوې وي . $OAR = D_Q / D_p$



$$OAR = D_Q/D_P$$

۱۵- ۵۰- شکل : دمرکزي شعاع څخه بهرپه يوه نقطه Q کې اودمرکزي شعاع په اوږدويوه نقطه P کې دانرژی ډوزتناسب D_Q/D_P ته **Off axis ratio** ويل کيږي .

➢ بيلگه : دناروغ په بدن کې يوتومورو پېژندل شوچې دمخ خواڅخه لس سانتي d = 10 cm اودڅټ خواڅخه دولس سانتي متره d = 12 cm ژورپروت دی . دمخ خوا وړانگې ساحه اندازه 12x12 cm ده اودماشين فوتون وړانگوانرژی شپږميگاولټ 6 MV ده .

دمخ خواڅخه د وړانگومنبع اوپوستکي ترمنځ واټن نوي سانتي متره SSD = 90 cm اودڅټ خواڅخه د وړانگې منبع اودپوستکي ترمنځ واټن اته اتياسانتي متره SSD = 88 cm دی . دتومورلپاره دتجويزشوي انرژي ډوزاندازه په يوه ځل باندې يوسلواتياسانتي ګرې Prescribed Dose = 180 cGy ټاکل شوې ده.

➢ پوښتنه : څومره مونيتورواحدونه MU په کاردي چې دتجويزشوي انرژي ډوزمقدارتومورته ورسيږي.؟

- دنومورې پوښتنې دحل په موخه دSAD تخنيک څخه کاراخلو. دياډولووړده چې ددې پوښتنې ځواب داخذليک (12) کتاب څخه اخيستل شوی دی.

Example 1:

6 MV, 180 cGy per treatment with AP/PA fields
AP SSD = 90 cm, d=10
PA SSD = 88 cm, d = 12
Field Size = 12 x 12

Use the SAD (or Isocentric) method with TMR

$$MU = \frac{TD \cdot Wt}{K \cdot TMR(r_{eff}, d) \cdot TSF(r) \cdot TF \cdot WF \cdot (SCD/SPD)^2 \cdot OAR(x, y, d)}$$

TD = 90 cGy (AP & PA)
K = 1.0 cGy/MU (assume if not given)
TMR(12 x 12, d=10) = 0.810 (AP value)
TMR(12x12, d=12) = 0.756 (PA value)
TSF(12x12) = 1.015
TF = 1.0
WF = 1.0
SCD = 101.5 (SSD + Dmax)
SPD = 100.0 (SSD + depth)
OAR = 1.0

So,

$$MU = \frac{90\ cGy}{(1.0\ cGy/MU) \times (0.810) \times (1.015) \times (1.0) \times (1.0) \times (101.5/100)^2 \times (1.0)} \quad \textbf{AP Beam}$$

$$MU = \frac{90\ cGy}{0.8468}$$

MU = 106.3 MU AP Beam

ځواب : دمخ خوا وړانګې ساحې AP لپاره یوسلو شپږ مونیتور واحدونه 106 MU په کاردي.

دځې خواوړانګې ساحې مونیتورواحدونوشمېر دلاندې فرمول له مخې محاسبه کوو.

$$MU = \frac{90\ cGy}{(1.0\ cGy/MU) \times (0.756) \times (1.015) \times (1.0) \times (1.0) \times (101.5/100)^2 \times (1.0)} \quad \text{PA Beam}$$

$$MU = \frac{90\ cGy}{0.7903}$$

MU = 113.9 MU PA Beam

ځواب : دځې خوا وړانګې ساحې PA لپاره یوسلوځوارلس مونیټور واحدونه 114 MU په کاردي .

- د (TSD) = SSD تخنیک لپاره دمونیټورواحدونوMU محاسبه دلاندې فرمول څخه ترلاسه کیږي .(12)

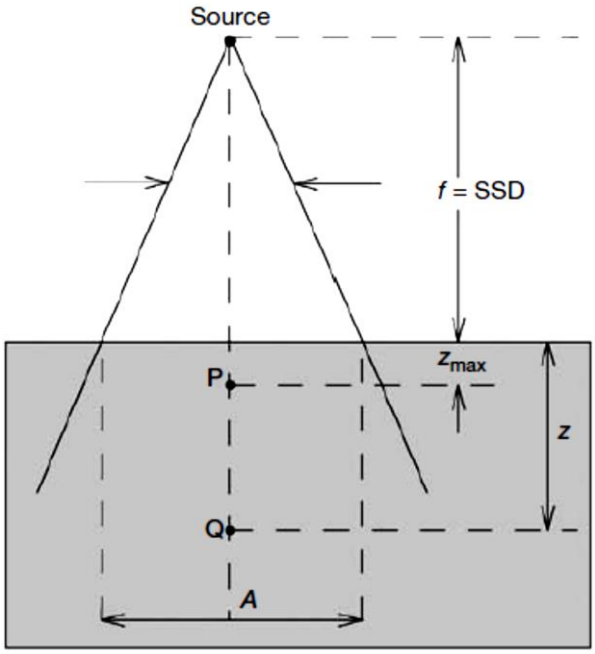
- **Monitor Units for Target-Skin-Distance (TSD) Setup :**

$$MU = \frac{TD \cdot Wt \cdot 100}{K \cdot P(d,r,f) \cdot TSF(r) \cdot TF \cdot WF \cdot [SCD/(f + d_{max})]^2 \cdot OAR(x,y,d)}$$

په پورتني فرمول کې لنډیزونه لاندې معنی لري .

- **Tumor dose = TD :** دتجویزشوي انرژي ډوز prescribed dose هغه مقداردی چې دتومورحجم یوه ځانګړي ټکي Referenc point ته ټاکل شوی وي . په عادي توګه نوموړی ټکی دکلینیکي حجم په مرکزکې ټاکل کیږي.
- **Beam Weighting = WT :** ددرملنې وړانګې اړونده ساحې سلیزوزن
- **Machine output = K :** ددرملنې ماشین انرژي ډوز قدرت ته ویل کیږي چې په واحدسانتي ګرې تقسیم په مونیټوریونیټ ښوول کیږی . 1cGy/MU .
- **Percent Depth Dose :** داوبوفنتوم په z ژوتیا اودمرکزي وړانګې په Q ټکي کې سلیزژورانرژي ډوز **P(d,r,f)** دفوتون وړانګوانرژي ډوز $D_Q(z)$ د آیونایز یشن چمبرپه مټ اندازه کوو. په دویم ګام کې دابوفنټوم په Z_{max} ژورتیا اود P په ټکي کې یوځل بیاد آیونایز یشن چمبرپه مټ دفوتون وړانګوانرژي ډوز$D_p(z_{max})$ اندازه کوو.

سلیزژورانرژي ډوز$P(d,r,f)$ هغه فزیکي کمیت دی چې دانرژي ډوز $D_Q(z)$ اواعظمي انرژي ډوز $D_p(z_{max})$ دحاصل تقسیم څخه ترلاسه کیږي اوپه $P(d,r,f = D_Q(z)/D_p(z_{max})$ ښوول کیږي



۱۵- ۵۱ شکل : دسلیزژورتیاانرژي ډوز **Percent Depth Dose** = P(d,r,f) تعریف کښل شوی دی

$$P(d,r,f) = D_Q(z) / D_p(z_{max})$$

Total scatter factr = TSF : د اکس وړانګومنبع څخه وړانګې راوځي اوپه لاره کې داوبوپه فنتوم لګیږي . دمرکزي شعاع په اوږد وداوبوفنتوم په یوه ټکي P کې آیونایز یشن چمبرکیږدو. نوموړی ټکی داوبوفنتوم په Z_{max} ژورتیاکې پروت دی چې هلته دانرژي ډوزاعظمي D_{Zmax} قمیت لري . د وړانګې ساحه 10x10 cm ټاکو. ورپسې د وړانګې یوه بله ساحه A ټاکو اود آیونایز یشن چمبرپه واسطه دانرژي ډوز په Z_{max} کې یوځل بیا اندازه کوو.

دبشپړ شیندنې فکټور TSF عبارت له حاصل تقسیم دهغه انرژي ډوزڅخه دی چې دراکړل شوې وړانګې ساحې A لپاره په Z_{max} ژورتیا اوپه P ټکې کې اندازه شوې وي $D_p(Z_{max},A)$ اوهغه انرژي ډوز $D_p(Z_{max},10x10)$ چې د10x10 cm وړانګوساحې لپاره په Z_{max} اوپه P ټکې کې اندازه شوې وي.

$$TSF = D_p(Z_{max},A)/ D_p(Z_{max},10x10)$$

TF : یوفزیکي ضریب دی چې دیوې نرۍ پلاستیکي تختي څخه د وړانګودتیریدنې سلنه برخه ښیي . پلاستیکي تخته دفلزي بلاکونودکښودلو په موخه کارول کیږي اوددرملنې ماشین په کوپړۍ کې شتون لري .

Wedge factor = WF : دویج فیلترضریب

SCD : ددرملنې ماشین اکس وړانګومنبع اودکلیبریشن calibration ټکي ترمنځ واټن دی .

source skin distance = f = SSD : د اکس وړانګومنبع اودناروغ پوستکې ترمنځ واټن دی .

Off axis ratio = OAR : دمحورڅخه بهريوه نقطه Q کې دانرژي ډوز D_Q تقسيم په انرژي ډوز D_p چې دمرکزي محورپه يوه نقطه Pکې اندازه شوې وي . $OAR = D_Q / D_p$

بيلگه :

دنخاع شوقي وړانگيزه درملنه ديوې عمودي وړانگيزې ساحې په مټ دڅټ خواڅخه PA ترسره کيږي. ددرملنې لپاره دماشين فوتون وړانگو انرژی شپږمېگاولټ 6 MV ټاکل شوې ده . دناروغ په بدن کې نخاع شوقي شپږسانتي متره ژورپروت دی. دتجويزشوې انرژي ډوز يوه برخه چې ناروغ ته په يوه ورځ کې يوځل ورکول کيږی، دوه سوه پنځوس سانتي گرې 250 cGy ټاکل شوې ده. دپوستکې اود وړانگې منبع ترمنځ واټن SSD سل سانتي متر دی. د وړانگې ساحې اندازه 8x24 cm دی.

- **پوښتنه** : څومره مونيټورواحدونه MU په کاردي چې نوموړي تجويز شوې انرژي ډوزنخاع شوقي ته ورسيږي.؟

Example 2:

6 MV, direct PA spine field treatment.
250 cGy, 100 SSD, depth = 6 cm
Field Size = 8 x 24
Open fields

Use the SSD (or Percent Depth Dose) method:

$$MU = \frac{TD \cdot Wt \cdot 100}{K \cdot P(d,r,f) \cdot TSF(r) \cdot TF \cdot WF \cdot [SCD/(f+d_{max})]^2 \cdot OAR(x,y,d)}$$

TD = 250 cGy
K = 1.0 cGy/MU
Eq. Sq. = 4(8)(24)/(8+8+24+24) = 12.0 cm
P(d=6, r=12.0, f=100) = 83.9
TSF(12x12) = 1.015
TF = 1.0
WF = 1.0
SCD = 101.5
f+Dmax = 100 + 1.5 = 101.5
OAR = 1.0

$$MU = \frac{(250\ cGy) \times (100)}{(1.0\ cGy/MU) \times (1.015) \times (83.9) \times (1.0) \times (1.0) \times (101.5/101.5)^2 \times (1.0)}$$

$$MU = \frac{25000}{85.16}$$

MU = 293.6 MU

- **ځواب** : ناروغ ته دشاله خوا PA د وړانگيزې ساحې په مټ بايد 294 MU مونيټورواحدونه ورکړشي ترڅونخاع شوقي ته دوه سوه پنځوس سانتي گرې انرژي ډوز 250 cGy ورسيږي.

■ دفزيکي پلان بنسټيزارقام : (Basic Data)

دراډيو تراپي فزيکي پلان دمحاسبه کولو لپاره ځانګړي تجارتي پروګرام سوفت ویر software ، اولوړقدرته هاردوېر سيستمونوته Hardwaresystems اړتياشته ده چې ددرملنې دري بعده پلان محاسبه په ډيرلږوخت کې ترسره کړي . ددري بعده فزيکي پلان محاسبه کولولپاره اړين ده چې دکمپيوترسيستم ته اړونده بنسټيزارقام Basic Data د درملنې ترمخه داخل شي. ټول فزيکي هراړخيز بنسټيزارقام داوبوپه فنتوم Waterphantom کې اندازه کيږي .

داځکه چې دانسان بدن نسجونو اوداوبوسره دفوتون وړانګوبيالوژيکي اوفزيکي غبرګون ډيرورته والی لري . د راډيوتراپي فزيکي پلان بنسټيزارقام چې داوبوپه يوه فنتوم کې اندازه کيږي په لاندې ډول دي :

- دفوتون اوالکترون ټولو انرژيولپاره اودټولو اکس وړانګيزوساحو لپاره دسليزژورانرژي ډوزPDD اندازه کول
- دفوتون اوالکترون ټولو انرژيولپاره اوټولو اکس وړانګيزوساحولپاره په توپيرلرونکي ژورتياکې Depth د سليزپه ساره انرژي ډوز وېش Transverse Dose Profile اندازه کول
- دفوتون اوالکترون وړانګولپاره دايزوډوزمنحنيګان Isodose curve اندازه کول چې يوځل دويج فيلتر Wedge filter سره اندازه شوي وي اوبل ځل پرته له ويج فيلتراخيستل شوي وي .
- دنومورټولوفزيکي کميتونوپه پام کې نيولو سره دراډيو تراپي ماشين کوپرۍ ټولې زاويې، دناروغ ميزټولې زاويې،دکولېمېټرټولې زاويې، د وړانګوساحې وزن Beam Field Weighting، دتومور راډيولوژيکي ژورتيا Radiological Depth،دنسج- فنتوم نسبت TPR ،ويج فيلتر فکټورونه، د وړانګودخطرځخه دسالم نسجونوخوندي ساتلوبلاک فکټورونه Block factor اونوراندازه شي.

➢ د اکس وړانګودرملنې فزيکي پلان Physical treatment Plan

يوه ځانګړې تخنيکې اوفزيکي کړنلاره ده چې ديوه طبي فزيک پوه Medical Physicist له خواترسره کيږي. دکمپيوترسيستم په کارولوسره د وړانګوانرژي، د وړانګوساحې وزن ، د وړانګوډول ، ويج فيلتر زاويه ،د وړانګوسمت اوشمېر ازمويل کيږي ترڅو د فزيکي پلان تومورحجم PTV په منځ کې د وړانګوجذب شوې انرژي ډوز يومتجانس ويش منځ ته راشي اوبلخواګاونډيوسالموغړوته ډيرلږ اکس وړانګې ورسيږي.

➢ د اکس وړانګودرملنې طبي پلان Medical treatment Plan

يوه ځانګړې کړنلاره ده چې دناروغ دسي ټي په سلايسونو CT-Slices کې د اکس وړانګوطبې ډاکټر Radiotheapist له خوا دتومورکلييزنکې حجم CTV اوهمدارنګه ګاونډي سالم غړي رسم کوي. برسيره پردې دتوموردمنځه وړلولپاره د وړانګوټول انرژي ډوز Total Energy Dose اوبرخه ايزانرژي ډوز Fractional Energy Dose په واحد ګرې Gray = Gy تجويزکوي.

لسمه برخه

شپاړسم څپرکی

د راډيوتراپي عملي کړنلاره

(Practical radiotherapy treatment process)

دسرطاني ناروغيورادیوتراپي عملي کړنلاره په دوديزه توګه په شپږوپړاوونوکې ترسره کيږي . دنومړې موخې لپاره دراډيوتراپي ډاکټربايديوخوا کلينيکي مهارت ولري اوبلخوا تخنيکي تجربې هم ولري .

په ١٦ - ١ شکل کې د پروستاټ Prostate غدې لپاره ددرملنې فزيکي پلان Treatment planning عملي کړنلاره دسي ټي -CT Sices په سلايسونوکې پرلپسې ښوول شوې ده .

- **لومړی** : دسي ټي سکنر CT scanner په مټ دناروغ داړونده غړولکه د پروستاټ غدې prostate gland اناتومی جوړښت اودتومورحجمونوپه ساره پرې شوی اکس وړانګوتصويرونه CT-images اخيستل کيږي . دسي ټي تصويرونو اخيستل ځکه اړين دي چې دتومورحجم پکې پېژندل کيږي اوله دې کبله ددرملنې په موخه د طبي پلان اوفزيکي پلان لپاره ورته اړتياشته ده .
- **دويم**: دتومورموقعيت ټاکل Tumor localisation : دسي ټي په ساره پرې شووو تصويرونوکې sectional image د راډيو تراپي ډاکټرله خوادتومورحجمونه لکه GTV,CTV, PTV اوهمدارنګه دخطرسره مخامخ ګاونډي سالم غړي رسم کيږی .
- **دريم** : د اکس وړانګوسيميليشن X-ray simulator په ترڅ کې دناروغ په پوستکي باندې دافقي اوعمودي ليزر وړانګودلګيدنې ځای Skin reference marks په رنګ باندې په نښه کيږي . داځکه چې ددرملنې په ترڅ کې دناروغ اناتومي موقعيت اوورسره سم دتومور Tumor موقعيت دليزر وړانګوپه نښه شووټکوباندې اعيارکيږي.
- **څلورم** : په نومړې شکل کې د پروستاټ غدې ددرملنې فزيکي پلان Treatment planning د پروستاټ غدې لپاره دسي ټي تصويرپه يوه slice کې کښل شوی دی . د پروستاټ غده ددريو وړانګيزوساحو (radiation fields) په واسطه رښاکيږي.
- **پنځم** : مخکې له دې څخه چې ناروغ ددرملنې ماشين ته ولاړشي دمجازي سيميلېټرVirtual simulation په مرسته ددرملنې فزيکي پلان په ناروغ باندې ازمويل کيږي . د ساري په ډول دصفردرجې اودنوي درجې زاويې له خواڅخه دتومورحجم اوګاونډيوغړوموقعيت د اکس وړانکو تصويرونو x-ray picture په مټ کنترول کيږي .
- **شپږم :** د راډيو تراپي درملنه (Radiotherapy treatment):

ناروغ دوړانګيزې درملنې په موخه د راډيو تراپي ماشين دهموارميزپه سرباندې پريوځي اودليزر وړانګې د پوستکي په هغه ځای باندې اعيارکيږي چې په سي ټي سکنرکې نښې ورباندې کښل شوې وي . ورپسې دفزيکي پلان دارقامو parameter

سره سم پروسټاټ غدې ته دفوتون وړانګې ورکول کيږي . دېلګې په توګه دفزيکي پلان ارقام لکه دفوتون وړانګوانرژي ،دراډيو تراپي ماشين د کوپړۍ زاويه ،دکوليمېټرزاويه، دتشعشع ساحه radiation field اوددرملنې واټن SSD اوداسې نوردفزيکي پلان پر اساس ټاکل کيږي .

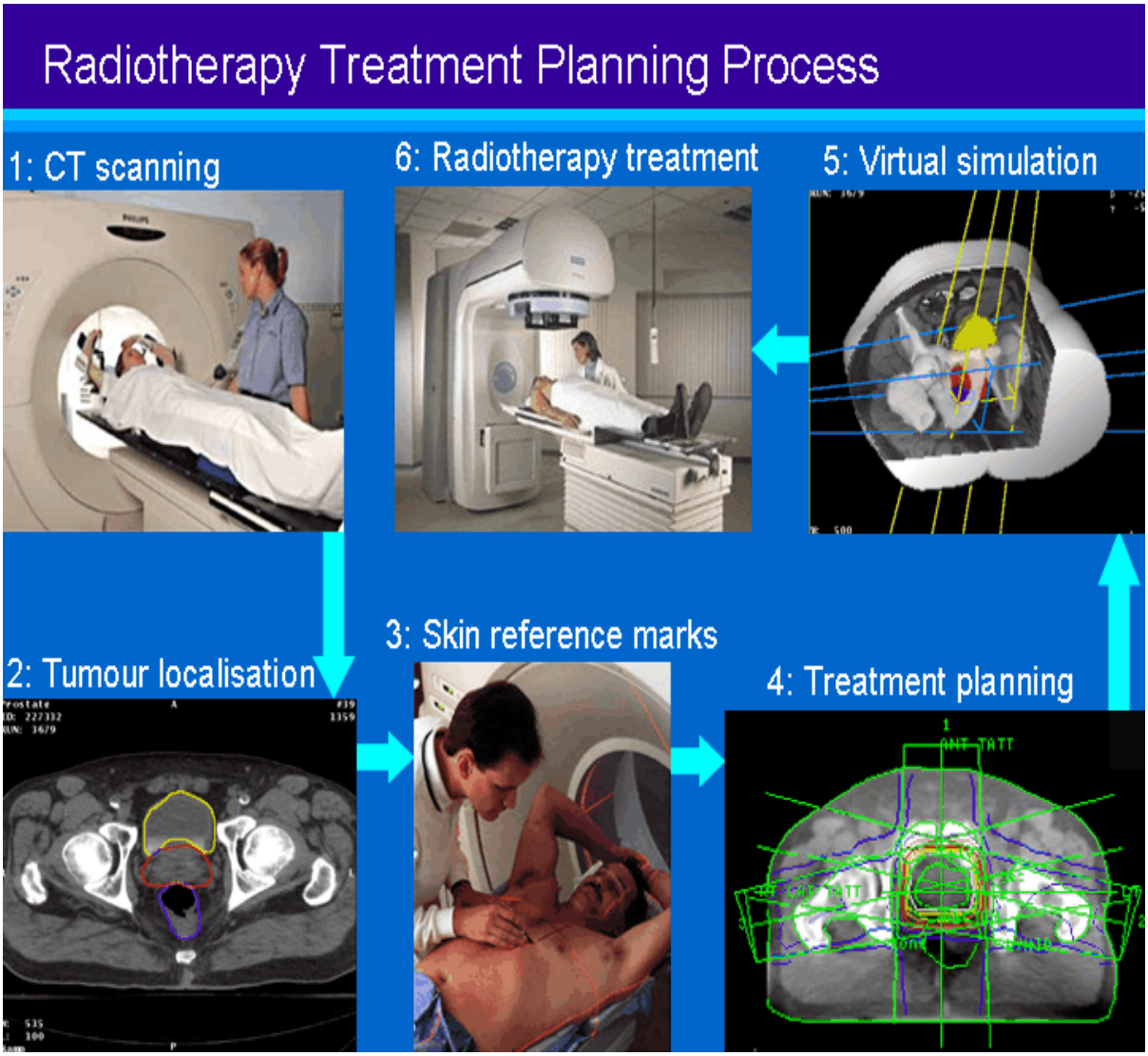
داړتياپه وخت کې د کوپړۍ لاندې برخه که ځينې آلات لکه wedges ور دننه استل کيږي چې د وړانګودشدت وېش beam modifing devices ته تغيرورکړي. ورپسې طبي پرسونل دسپارښت شوې انرژي ډوز (prescribe) مقدارسره مطابق مونيټورشمېرMU ، دفوتون وړانګو انرژي اوپاتې ټول ارقام دکمپيوترپه واسطه ددرملنې اړونده ساحې treatment field لپاره رابښکته Download کوي .

د اکس وړانګوساحې شمېر چې د پروسټاټ حجم ته په يوه وارباندې تشعشع Irradiation ورکوي آن ترشلوپورې هم رسيږي . په عادي صورت سره دخبيث تومورډرملنې په موخه په يوه ورځ اويوه ځل باندې دتجويزشوې ټولیزې انرژي Total prescibe dose څخه يوه برخه ډوزfractionated dose لرځه دوه ګرې (1,8Gy) قيمت لري. نومورې ډوزته reference dose هم ويل کيږي. دتومورنسجونو هغه ټکی چې تجويزشوې انرژي ورته سل په سل کې رسيږي دً Referenc point په نوم يادېږي اودتومورحجم په يوه مساعده برخه لکه په مرکزي برخه کې ټاکل کيږي. .دناروغ ددرملنې ټوله موده د پنځه څخه ترشپږاونۍ پورې دوام کوي . مخکې له دې چې ناروغ ته وړانګې ورسيږي دطبي فزيک پوه په واسطه دفزيکي پلان محاسبه بشپړ ترسره شوې وي .

کله چې دراډيو تراپي ماشين چلان شي يعنې د(beam on) نوانتخاب شوې فوتون اوياالکترون وړانګې دکمپيوتري سيستم په مټ دناروغ په بدن کې په سرطاني نسجونو باندې لګيږي. دېلګې په توګه داونکورزيمينس ماشين Oncor Siemens لپاره دفوتون وړانګې شپږميګاولټ او پنځه لس ميګا ولټ (6MV,15MV) اويادالکترون وړانګې (5MeV,6MeV,9MeV;12,MeV,18MeV) انرژي ټاکل کيدلای شي

کله چې په ناروغ باندې ددرملنې په موخه دفوتون وړانګې ولګيږي نوسمدلاسه دملټی ليف کوليمترMultileaf فلزي لوحې په حرکت پيل کوي . دملټي ليف لوحو شمېر يوسل شپېته 160 MLC ته رسيږي اود تنګستن فلزځخه جوړې دي ، پنډوالۍ يې پنځه ملي متره 5mm او اوږدوالۍ يې اته سانتي متره 8cm دی . په پايله کې دمتحرکوملټي ليف لوحو په مټ دفوتون وړانګوپراخه ساحه دومره محدوده کيږي چې کټ مټ دتومورحجم سره لرځه برابرهندسي شکل غوره کوي .

که دسرطاني ناروغيود درملنې په موخه دفوتون وړانګوپرځای دالکترون وړانګوځخه کاراخيستل کيږي نودتنګستن هدف Tungsten Target دماشين په کوپړۍ کې دخپل ځای څخه څنګ خواته ښورول کيږي. کله چې لوړانرژي الکترونونه دتعجيل کوونکي ټيوب څخه راووځي اودانحراف کوونکي مقناطيس څخه تيرشي، نوسم سيخ دناروغ په سرطاني نسجونو باندې لګيږي .



١٦- ١شكل : دپروستټات غدې prostate gland لپاره د راډيو تراپي عملي کړنلاره په سي ټي CT-images تصويرونوکې ښوول شوې ده چې په شپږوپړاوونوکې ترسره کيږي .

١. **CT Scanning :**

دسي ټي سکن په مرسته دتومورپه ساره پرې شوي سلايسونه CT- Slices اخيستل کيږي.

٢. **Tumour Localization :**

دراډيو تراپي ډاکټرله خوادتومورکلينيکي حجم دسي ټې په سلايسونوکې رسم کيږي.

٣. **Skin reference marks :**

دناروغ په پوستکي باندې د وړانګوساحې سرحداودليزر وړانګودلګيدنې ځايونه په نښه کيږي. بلخواددې لپاره چې ددرملنې په راتلونکو پړاوونوکې دناروغ دپريوتلوموقعيت تل ثابت پاتې شوی وي نوله همدې لا مله په ټاکلواناتومي ځايونوکې هم نښې کښل کيږي .

۴. **Treatment Planning :**

د پروسټاټ غدې ددرملنې فزيکي پلان ښوول شوی دی چې د دريو وړانګوساحي په مرسته يعنې صفردرجې 140^0 او د 240^0 درجې زاويوله خوارځاکيږي.

۵. **Virtual Simulation :**

مخکې له دې چې ناروغ ته وړانګې ورکړل شي يوځل بيادتومورموقعيت کنترول کيږي ادويرتوويل سيمولیشن په نوم يادیږي.

٦. **Radiation Treatment :**

په اخرې پړاوکې د وړانګوطبي پلان اوفزيکي پلان پر اساس دناروغ وړانګيزه درملنه د راډيوتراپي ماشين په فعال کولوسره ترسره کيږي.

■ دطبي پرسونل دندې :

- **دراډيوتراپي طبي ډاکټر:**

دسي ټي په سلايسونوکې دتومورکلينيکي حجم CTV اودسالموغړواناتومي موقعيت اوحجم رسم کول دي. همدارنګه دتومورمنځه وړلو لپاره د وړانګو دانرژي ډوزبشپړاندازه Total Dose تجويزکوي. برسيره پردې دټوليزانرژي ډوزهغه برخه هم دراډيوتراپي ډاکټرله خواټاکل کيږي چې ناروغ ته هره ورځ ورکول کيږي . دټول انرژي ډوزدابرخه چې په ورځ کې يوځل اوپه اونۍ کې پينځه ځله ناروغ ته ورکول کيږي دفراکشن انرژي ډوز Fractional Dose په نوم يادیږي.

- **طبي فريک پوه :**

دنومورې کارپوه دنده داده چې دتومورددرملنې لپاره دکمپيوترپه مرسته فزيکي پلان چمتوکړي. دنومورې موخې لپاره په لومړي ګام کې هراړخيزتخنيکونه لکه SSD تخنيک اويا SAD تخنيک ازمويي. په پايله کې هغه فزيکي پلان ټاکل کيږي چې دتومورکلينيکي حجم CTV په منځ کې يوخوادانرژي ډزمتجانس ويش منځ ته راشي اوبلخواګاونډيو سالمو غړيوته دوس سره سم بيخې لږ وړانګې ورسيږي . دنومورې موخې لپاره طبي فزيک پوه هراړخيزتخنيکي ارقاموته لکه د وړانګوانرژي، د وړانګوډول د وړانګوساحې زاويه اونوروپارامترونوته تغيرورکوي.

- **د راډيولوژي مرستيال شخص :**

دناروغ په تړاوټول اسنادمطالعه کوي اودپوره معلوماتوپراساس په ناروغ باندې په ډيردقت سره طبي پلان اوفزيکي پلان عملي کوي.

- **دپام وړ:**

- کله چې ناروغ ته ددرملنې په موخه په لومړي ځل وړانګې ورکول کيږي نوپه همدې ترڅ کې د وړانګوطبي ډاکټر،د وړانګوطبي فزيک پوه اود راډيولوژي مرستيال شخص حاضروي. هغوی په ګډه سره ددرملنې لارې چارې کنترول اوعملي کوي.

■ د وړانګو ساحې فزيکي پلان تخنيکونه : (Radiation fields techniques)

➢ **لومړی : د څرخېد ونکو وړانګو ساحې فزيکي پلان تخنيک**

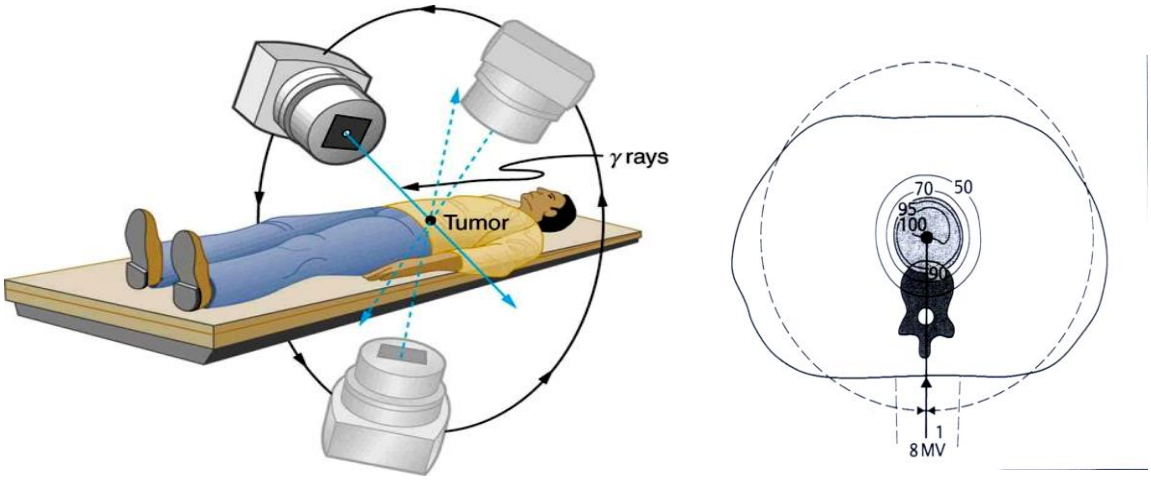
➢ **دويم : Intensity-modulated arc therapy (IMAT)**

➢ **دريم : د ولاړې وړانګو ساحې فزيکي پلان تخنيک**

➢ **څلورم : دمقابل خوا وړانګې ساحې فزيکي پلان تخنيک**

➢ لومړی : د څرخېد ونکو وړانګو ساحې فزيکي پلان تخنيک

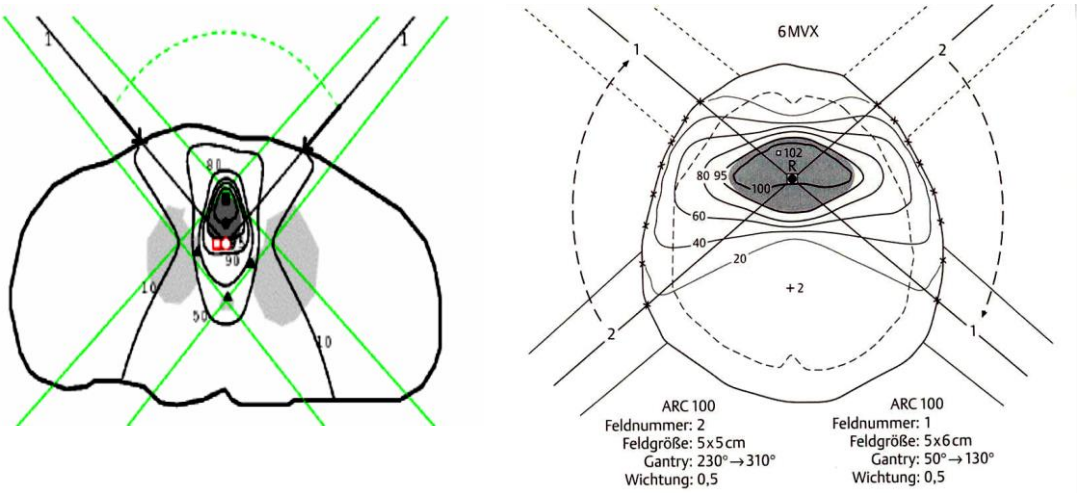
دراډيو تراپي يوځانګړی تخنيک دی چې د وړانګوسرچينه دناروغ په شاوخواراڅرخيږي اوپه دې توګه تومورډهرې خواڅخه رڼاکيږي. په عادي توګه دماشين ايزوسنټريک isocentric دفزيکي پلان PTV په مرکزکې ټاکل کيږي .



۲-۱٦ شکل : په شي اوکين خواشکل کې د راډيو تراپي ماشين په مرسته ديوې څرخېد ونکي وړانګيزساحيrotary irradiation فزيکي پلان تخنيک ښوول شوی دی . په کين خواشکل کې دناروغ په شاوخواد ګاماوړانګوسرچينه راڅرخيږي اودهرې خواڅخه په تومورباندې اته ميګاولټ 8MV فوتون وړانګې لګيږي. څرخېد ونکې زاويه درې سوه شپيته درجې ده 360° . ديادولووړده چې لوړانرژي اکس وړانګې دګاماوړانګې اويافوتون وړانګې په نوم يادېږي . (50)

په ښې خواشکل کې دناروغ په ساره پرې شوې سطحه ښوول شوې ده چې په مرکزکې يې تومورTumor او دفقرې هډوکي vertebrae شتون لري اود څرخېدونکي وړانګيزساحې تخنيک rotary irradiation په مرسته ورته اکس وړانګې ورکول کيږي . دپرې شوې کرښې دايروي بڼه د څرخېد ونکي ماشين مسير راښيي اوناپرې شوی منحني دناروغ بدن حجم راښيي . د څرخېد ونکي وړانګيزساحې ايزوډوزکرښې دتومورپه شاوخواکې دايروي بڼه لري.کلينيکي حجم په خړرنګ ښوول شوی دی اود فقرې هډوکي سره تماس لري. دراډيو تراپي ماشين ايزوسنټردکلينيکي حجم PTV په مرکز کې پروت دی اوپه همدې محورکي دانرژي ريفرينس ډوزټکي Referenc dose point هم ټاکل شوی دی. دنومورې ټکي څخه د ايزوډوزاعظمي کرښه تيريږي اودسل په سل انرژي ډوز % 100 سره سمون لري. دفقرې هډوکي ته دريفرنس انرژي ډوز پينځوس سلنه 50% برخه اودتومور کلينيکي حجم ته پنځه نوي سلنه 95% برخه رسيږي .

نن ورځ د څرخېد ونکي وړانگوتخنيک دومره ډېرنه کارول کيږي ،داځکه چې سالم نسجونوته هم يولږځه وړانگې رسيږي. خوبرسېره پردې دنړۍ په ډېروروغتونونوکې ورځخه گټه پورته کيږي داځکه چې دپوستکي برخې ته لږانرژي ډوزرسيږي .

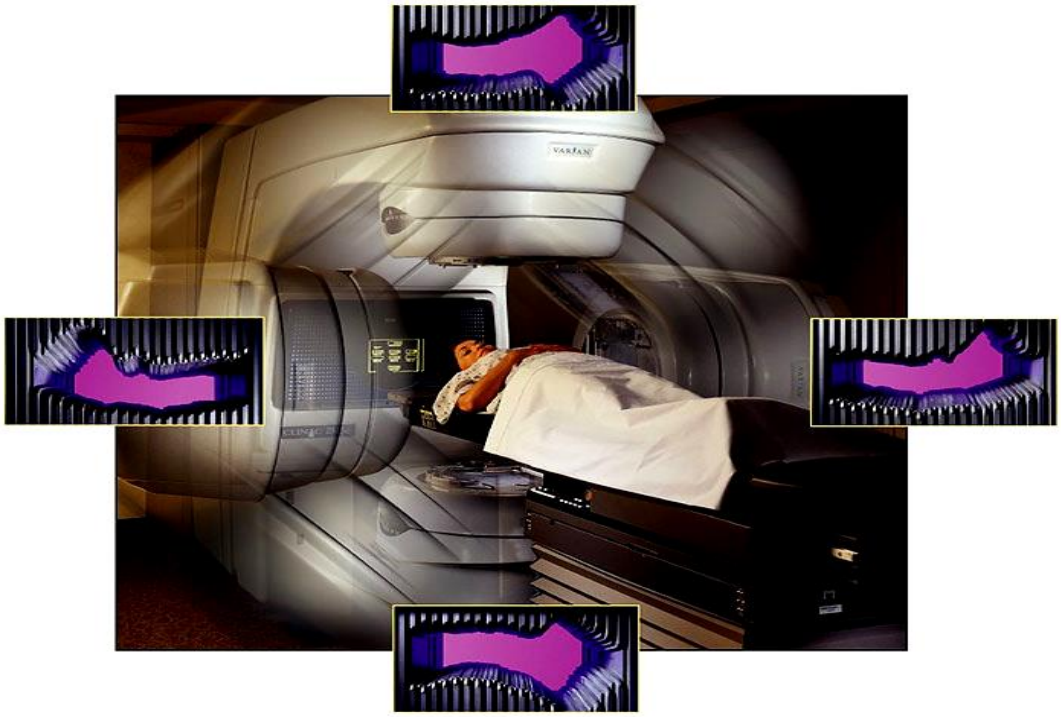


١٦- ٣ شکل : کينې خواته د مرۍ oesophagus تومور Tumor ديوه څرخېد ونکي راډيو تراپي پلان په واسطه رڼاکيږي. څرخېد ونکې زاويه د 310^0 درجې څخه پيل کيږي اوپه پنځوس درجې 50^0 زا و يه باندې ختم کيږي . دانرژي ريفرېنس ډوزنقطه دپلان حجم PTV په منځ کې ټاکل شوې ده. دفزيکي پلان په حجم کې دايزوډوزکرښې اعظمي قيمت 105% اوکوچنی قيمت ېې 90% دی . دخطرسره مخامخ سالم غړو لکه سږی،اودفقرې هډوکي ته په خپل وارسره دريفرنس انرژي ډوز10% او 50% برخه رسيږي.

ښي خواته دسرماغزو تومورفزيکي پلان کښل شوی دی چې ديوه څرخېدونکی تخنيک اوشپږميګاولټ 6 MV فوتون انرژي په مټ ترسره شوی دی. نوموړی تومورد کوپړۍ په مرکزي برخه کې موقعيت لري. د راډيو تراپي ماشين گانټري(1) دناروغ کوپړۍ ښي خوا برخه کې ددوه سوه ديرش درجې زاويي څخه پيل کيږي اوپه درې سوه لس درجې زاويه باندې ودريږي ($230^0 \rightarrow 310^0$). دناروغ کوپړۍ کينې خوابرخه کې دماشين گانټري (2) دپنځوس درجې زاويي څخه پيل کيږي اوپه يوسلوديرش درجه زاويه باندې دريږي ($50^0 \rightarrow 130^0$). دانرژي ريفرېنس ډوزنقطه R دپلان حجم PTV په منځ کې ټاکل شوې ده اوهلته دانرژي ډوز 100% قيمت لري. دفزيکي پلان په حجم کې دايزوډوزکرښې اعظمي قيمت 102% اوکوچنی قيمت 95% دی . دماغزوسالم نسج ته دريفرينس ډوزشل سلنه 20% څخه آن تراتيا سلنه 80% پورې وړانگې رسيږي.

- **دويم : Intensity-modulated arc therapy (IMAT)**

(IMAT) دراډيو تراپي يوډول ځانگړی تخنيک دی چې د څرخېد ونکو وړانگومنبع په مرسته دناروغ کلينيکي حجم رڼاکوي خود وړانگې هر ه ساحه په ټاکلي زاويه کې لږځه څوځانيي تم کيږي . په همدې ترڅ کې داړونده زاويي سره په تړاوکې دملټي ليف کوليمېټرفلزي پاڼې(MLC) په ميخانيکي توگه ترهغه وخته پورې خوځيږي ترڅودکلينيکي حجم سره کټ مټ يوشان اناتومي شکل غوره کړي. په ١٦- ۴ شکل کې د(IMAT) تخنيک کړنلاره ښوول شوې ده .



١٦- ۴ شکل : دويرين فابريکي Varian system د راډيو تراپي ماشين ښوول شوی دی چې دناروغ په شاوخواراڅرخيږي. دماشين په کوپړۍ کې د وړانګومنبع پرته ده اودصفرزاويي 0^0 ،نوي درجه زاويي 90^0 ، يوسلواتيادرجې زاويي 180^0 اوددوه سوه اويادرجې زاويي 270^0 له خواکلينيکي حجم رڼاکيږي .دپام وړده چې دنومورو زاويوله ديدview څخه دکلينيکي حجم شکل يوشان نه ښکاري اوله همدې لا مله د يوسلوشل ملټي ليف کوليمېټرفلزي پاڼو(MLC) په مرسته د وړانګوساحې ته داسي تغيرورکول کيږي چې کلينيکي حجم سره کټ مټ برابرهندسي شکل غوره کړي.

- **درېيم : دولاړې وړانګو ساحې فزيکي پلان تخنيک : Standing fields technique**

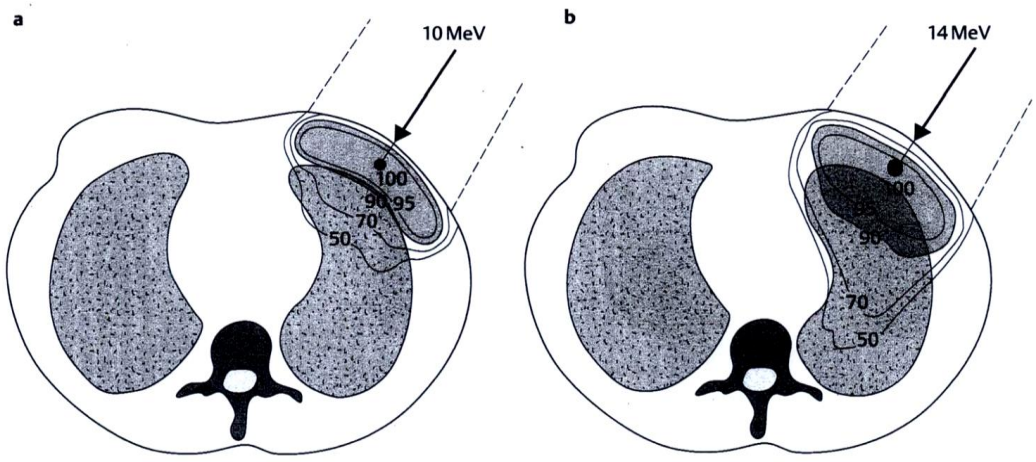
د ولاړې وړانګوساحې فزيکي پلان ددرملنې يوداسې ډول تخنيک دی چې د وړانګوساحو موقعيت ددرملنې په ترڅ کې ثابت پاتې کيږي اودناروغ په تراوحرکت نه کوي . همدارنګه ناروغ هم په خپل نښه شوي ثابت موقعيت کې پرته له حرکته پروت وي .

په بدن کې دتومورحجم PTV دموقعيت سره مطابق د وړانګويوه ولاړه ساحه اوياډيرې ولاړې ساحي Standing fields کارول کيږی. د ساري په ډول هغه تومورونه چې پوستکې ته ورنږدي پراته وي دالکترون وړانګو اويافوتون وړانګو يوې ولاړې ساحې په مټ رڼاکيږي . خوهغه تومورونه چې په بدن کې ژورپراته وي دفوتون وړانګوډيروولاړوساحوپه مټ رڼاکيږي.

بلخواد وړانګو ډيرو ولاړو ساحو کارول ګټورتماميږي داځکه چې دفزيکي پلان تومورحجمPTV کې دانرژي ډوزويښ ديوې ولاړې ساحې په پرتله متجانس شکل لري.

په ١٦- ۵ شکل کې دسينې پوستکي خبيث تومورفزيکي پلان حجمPTV دلس ميګا الکترون ولټ انرژي 10 MeV يوې ولاړې الکترون وړانګو ساحې په واسطه رڼاشوی دی . داځکه چې نوموړی خبيث تومورديوې خواپوستکې ته نږدي پروت دی اوبلخوادخبيث تومورحجم کوچنی دی اودبوست Boost په نوم سره يادېږی.دنوموړې فزيکي پلان تومورحجم PTV په خړرنګ کښل شوی دی

دالکترون وړانګوګټه دفوتون وړانګوپه پرتله داده چې دالکترون وړانګوانرژي ډوز دتومورنسج حجم څخه لاندې پاتې ژورتياکې سمدلاسه کمښت مومي. په پايله کې دسږي سالم غړي ته د وړانګونسبي انرژي ډوز اعظمي قيمت څخه يوازې اوياپه سلنه 70% برخه انرژي ډوز رسيږي .



١٦- ٥ شکل : a) دسيني پوستکي ته نږدې دکوچني تومورحجم په خړنګ کښل شوی دی چې ژورموقعيت نه لري اوله دې کبله دلس ميګاالکترون ولټ (10 MeV) الکترون وړانګو يوې ولاړې ساحې په مټ رښاکيږي . دسيني پوستکي تومواوهمدارنګه دسالم سږي غړي دواړه په خړنګ کښل شوي دي . دسيني پوستکي تومورپه کلينيکي حجم کې دريفرينس په ټکي کې دتجويزشوې انرژي ډوزقيمت سل په سل 100% اوپاتې برخه کې دانرژي ډوزوښ په خپل وارسره په 95%,70% او 50% ښوول شوی دی .

b) که چېرته دپوستکي تومور دپوستکي لاندې ژورپروت وي نودلس ميګاالکترون ولټ الکترون انرژي پرځای دځوارلس ميګاالکترون ولټ انرژي الکترون وړانګوولاړې ساحې په مټ رښاکيږي . په ښې خواشکل کې دسيني بوست Boost تومورحجم دځوارلس ميګاالکترون ولټ (14 MeV) الکترون وړانګو يوې ولاړې ساحې په مټ رښاشوی دی

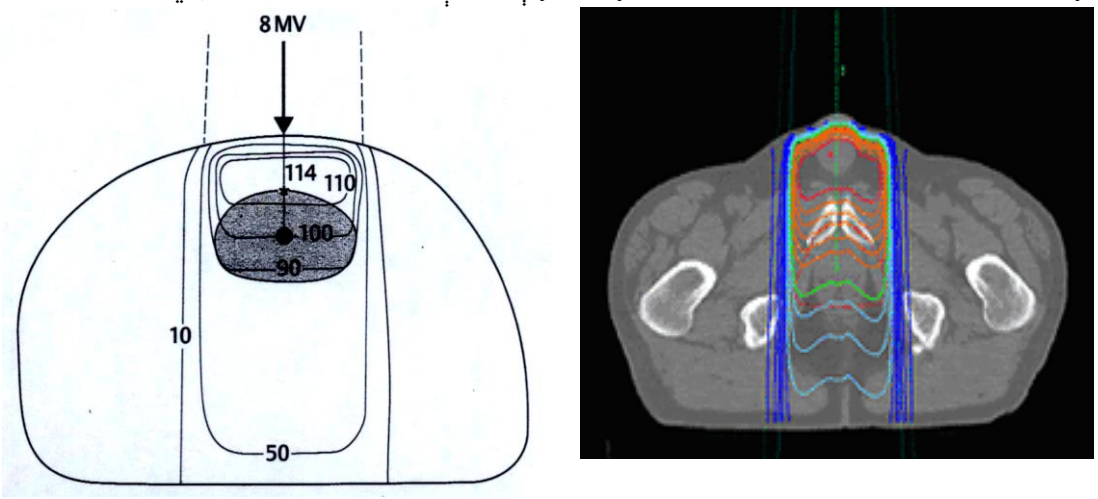
د ښلګې په توګه په ١٦- ٦ شکل کې د غاړې تومورداالکترون وړانګوولاړې ساحې په مټ رښاکيږي. داالکترون وړا نګې ځکه ټاکل شوې دي چې تومورپوستکي ته ورنږدي پروت دی .په نوموړې کړنلاره سره لا ندې ژورسالم نسجونه د وړانګودخطرځخه په امن کې ساتل کيږي . که چېرته داالکترون وړنګوپرځای دفوتون وړانګې وکارول شي نوژورسالم نسجونوته چې دپوستکي تومورلا ندې څټ خواکې موقعيت لري دوړانګوخطرسره مخامخ کيږي اوزيان ورته رسيږي .



١٦- ٦ شکل : دالکترون وړانګوولاړې ساحې په مټ دناروغ غاړې تومورته دالکترون وړانګې ورکول کيږي. د راډيو تراپي ماشين په کوپړۍ کې يوځانګړی فلزي جوړښت نښلول شوی دی چې دتيوبوس Tubus په نوم سره يادیږي. دنوموړي جوړښت په مرسته دالکترون وړانګو تشعشع ساحه دتوموراناتومي سره مطابق محدوده کيږی . (17).

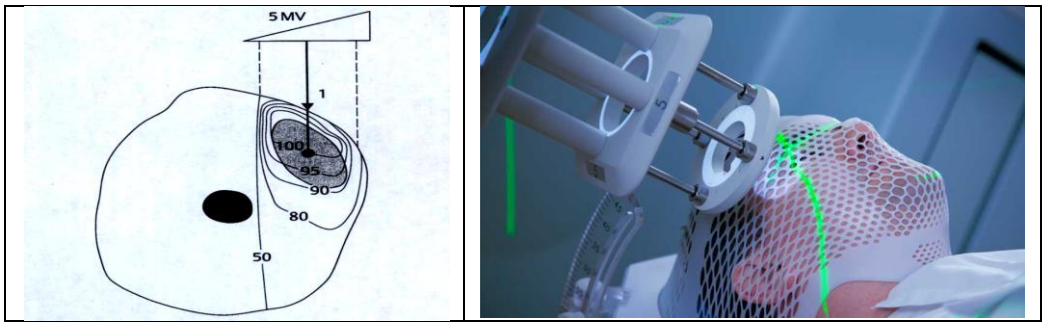
که چېرته دفزيکي پلان تومورحجمPTV دپوستکې لاندې ژورپروت وی (ca 3 cm) نودالکترون وړانګوولاړې ساحې په مټ رنړاکيږي اوکه چېرته تومورديوستکې لاندې ډيرژور (5 cm) پروت وي نودالکترون وړانګوپر ځای دفوتون وړانګوځخه ګټه پورته کيږی . داځکه چې دژورتياپه تړاو دفوتون وړانګې دانرژي ډوزمقدارددالکترون وړانګوپه پرتله ډيردی .

د ساري په ډول په ١٦- ٧ شکل کې دفزيکي پلان تومورحجم دپوستکي لاندې ځوسانتي متره ژورپروت دی اوله دې کبله دالکترون وړانګو پرځای داته ميګاولټ 8 MV فوتون وړانګوولاړې ساحې په مټ رنړاکيږي.



١٦- ٧ شکل : داته ميګاولټ 8 MV فوتون وړانګويوې ځانګړې ولاړې ساحې فزيکي پلان تخنيک ښوول شوی دی. دانرژي ايزوزډوز کرښې دفزيکي پلان تومورحجم PTV په منځ اوشاوخواکې کښل شوې دي. دفزيکي پلان تومورحجم PTV په تورونګ کښل شوی دی او په متجانس ډول نه رنړاکيږي. داځکه چې دتومورحجم مخ خوابرخه کې دايزوډوزلوړترين قيمت 114% اولاندې برخه يې 86% قيمت لري . همدالامل دی چې په يوه داسې حالت کې اړين ده چې دفزيکي پلان طريقې ته تغيرورکړشي . په دې معنی چې د وړانګو يوې ولاړې ساحې پرځای ډيرې ولاړې ساحې وکارول شي چې دهرې خواځخه په تومورباندې ولګيږي.

دبدن هغه سطحه چې منحني شکل ولري اوترلاندې يې د تومورحجم PTV پروت وي لکه دسر کوپړۍ اويادغاړې برخه نوپه يوه داسې صورت کې اړين ده چې نوموړوغړوته وړانګې کړي ورسيږي . په نوموړي حالت کې دانرژي ډوزدمتجانس وښې ترلاسه کولولپاره دويج فيلتر ځخه ګټه پورته کيږي .

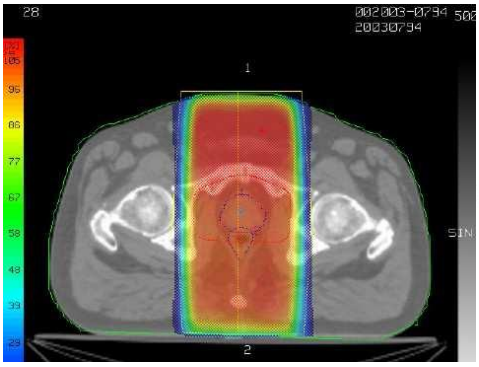


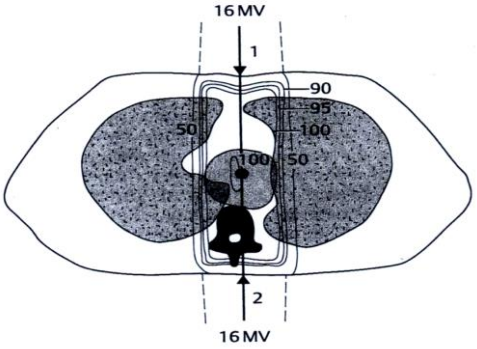
١٦- ٨ شکل : شي خواته دماغزوسرطان meningioma وړانګيزه درملنه ښوول شوې ده چې دفوتون وړانګو يوې ولاړې ساحې په مټ رنړاکيږي . دغاړې په کيڼ خواکې ترپوستکې لاندې دفزيکي پلان يوتومورTumor ښوول شوی دی چې دفوتون وړانګوولاړې ساحې (1) په مټ رنړاکيږي. دفوتون وړانګوانرژي پنځه ميګاولټ قيمت لري.د تومورحجمPTV په تورونګ کښل شوی دی .

دانرژي ډوزدمتجانس وښې ترلاسه کولوپه موخه دويج فيلترWedge Filter څخه ګټه پورته شوی ده . دفزيکي پلان تومورTumor لاندنی سرحد څخه دانرژي ايزوډوزنوي سلنه 90% کرښه تيريږي

- **څلورم : دمقابل خوا وړانګو ساحې فزيکي پلان :**

نومورې تخنيک هغه مهال کارول کيږي چې دفزيکي پلان تومورحجم PTV دبدن په مرکزي برخه کې موقعيت ولري . په ١٦- ٩ شکل کې دمقابل خوا وړانګې ساحې فزيکي پلان نښوول شوی دی چې ددوومقابل خوا وړانګيزوساحوپه مټ ترسره کيږي. لومړی وړانګيزه ساحه دګانټري صفردرجې څخه اودويمه وړانګيزه ساحه ديوسلواتيادرجې څخه په تومورباندې لګيږي. په بله معنی نومورې برښنايز ساحې يودبل سره په يوسلواتيادرجه زاويه 180^0 مخالف سمت لري .



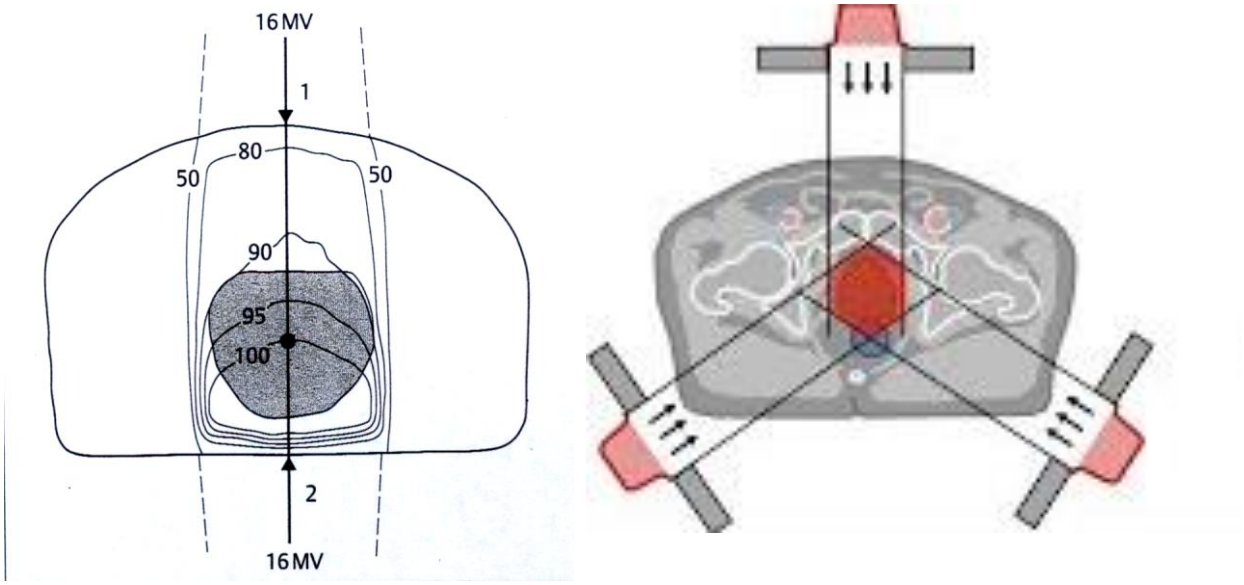


١٦- ٩ شکل : دمقابل خوا فوتون وړانګوولاړوساحو فزيکي پلان نښوول شوی دی . دفوتون وړانګوانرژي شپاړس ميګاولټ 16 MV قيمت لري .

په ١٦- ٩ شکل کې چې دپلان تومورحجم PTV يې دمقابل خوا وړانګې ساحو په مرسته رڼاشوی دی دانرژي ډوزوښ دتومورپه ريفرينس ټکې کې سل سلنه 100% دی . دتومورپاتې حجم ،پينځه نوي سلنه 95% ،نوی 90% سلنه اوپنځوس سلنه 50٪ ايزوډوزکرښو له خوامحدودشوی دی . دپلان تومورحجم PTV د 95% سلنې ايزوډوزپه منځ کې پروت دی اوپه متجانس ډول رڼاکيږي . دمقابل خوا ولاړو وړانګيزو ساحوانرژي يوشان ده اوشپاړس ميګاولټ 16 MV قيمت لري. دمقابل خواولاړو ساحو دوزن فکټورونه weighting factor مساوي ټاکل شوی دی . څرنګه چې دتومورحجم دنخاع شوکې Spinal cord سره نږدې پروت دی نوله همدې لا مله نومورې ډول تخنيک تريوي ټاکلې انرژي ډوزپورې 40 Gy اعتبارلري .

دښلګې په توګه که چېرته دټول تجويزشوي انرژي ډوز اندازه 60 Gy ټاکل شوې وي اوy 40 دمقابل تخنيک په مټ تومورته ورکړشي نوپاتې 20 Gy بياوروسته ديوبل ډول تخنيک په واسطه تومورته ورکول کيږي. په وروستي تخنيک کې بايد نخاع شوکې ته هيڅ وړانګې وه نه رسيږي . داځکه چې که نخاع شوکې ته دځلوينښت ګرې څخه زيات انرژي ډوزورسيږي نودزيان خطراحتمال يې ډيرلوړدی . نخاع شوکي ته په هيڅ صورت دپنځه ځلوينښت ګرې 45 Gray څخه زيات انرژي ډوز وه نه رسيږي .

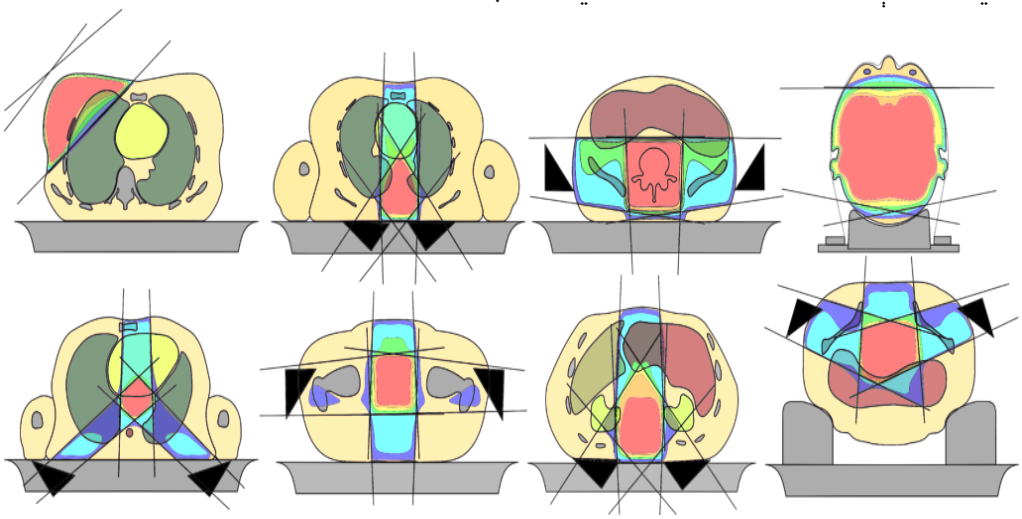
که چېرته دپلان نښې حجم PTV دبدن په مرکزکې پروت نه وې اودبدن يوې څنډې خواته نږدې پروت وي نودفوتون وړانګوانرژي 16 MV همداسې پاتې کيږي خودمقابل وړانګوساحو دوزن فکټورونه weighting factor تغيرکوي . په نومورې کړنلاره سره د فزيکي پلان تومورحجم PTV ته متجانس انرژي وښې رسيږي .



١٦- ١٠ شکل : کينې خواته ددوو مقابل خواولا ړووړانګوساحو اوښي خواته ددريوخواڅخه دولاړو وړانګو ساحو فزيکي پلان PTV کښل شوی دی .

په کينې خواکې دمقابل خوا وړانګو ولاړې ساحو فزيکي پلان ښوول شوی دی چې د وړانګوساحې وزن فکټور ديوبل څخه توپيرلري . داڅکه چې تومورددويمې وړانګې ساحې ته ورنږدې موقعيت لري اوله دې کبله يې دوزن فکټوردلومړی وړانګې ساحې په پرتله لږڅه دوه چنده دی . دلومړی وړانګې ساحې وزن فکټور يودی weighting factor = 1 خوددويمې وړانګې ساحې وزن فکټور دوه نيم $\text{weighting factor} = 2\frac{1}{2}$ ټاکل شوی دی . دفزيکي پلان تومورحجم PTV دنوي 90% څخه تر سل 100% ايزوډوزکرښوپه منځ کې پروت دی .

په پايله کې دلومړی وړانګې ساحې خواته سالم غړي د وړانګودخطرڅخه نسبتاً مصؤن ساتل کيږي . داڅکه چې هغوی ته دتجويزشوې انرژي ډوز يوازې اتياسلنه 80% برخه انرژي ډوزرسيږی .



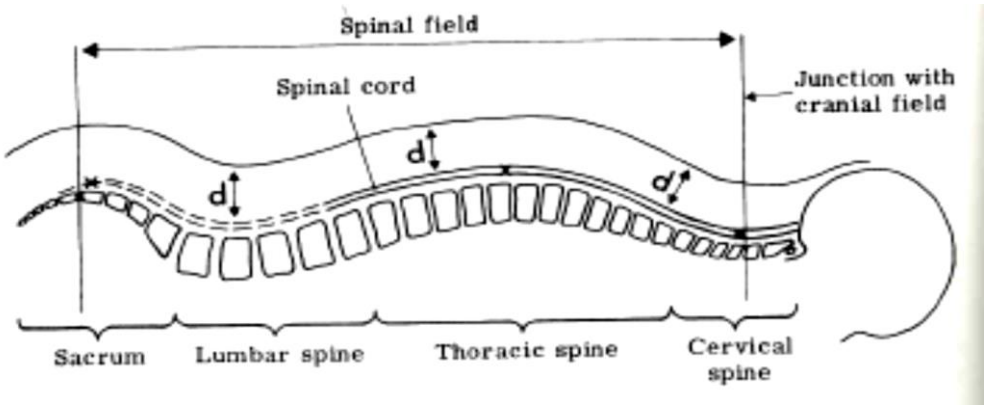
شکل : په بدن کې دسرطان په ناروغۍ اخته توپيرلرونکوغړو راډيوتراپي تخنيکونه کښل شوي دي .

داعصابو مرکزي سيستم تومورونه : (Central nervous system disease)

سريزه :

دماغزوتومورونه Tumors داعصابو مرکزي سيستم ټولوهغو تومورونوته ويل کيږي چې دسر کوپړۍ په ماغزو اود Spinal cord نخاع شوکي په ماغزوکې منځ ته راځي. ځرنګه چې داعصابو مرکزي سيستم دتوپيرلرونکوحجروڅخه جوړدی نوله دې کبله دماغزوتومورنوم دارونده سرطاني حجروسره مطابق نوم لري. په ماغزوکې کېدای شي چې خبيث malignant تومورونه اوياسليم Benign تومورونه منځ ته راشي .

- دماغزوخبيث تومورونه دتعريف سره سم هغو تومورونو ته ويل کيږي چې دميوتېشن (mutation) له کبله ديوې خوادماغزوحجروغيرنارمل جوړښت منځ ته راځي اوبلخوادخبيث تومورحجرو دويش کړنلاره په خپل واک سره ترسره کيږي اودکنترول څخه وځي. په پايله کې دتومورکتله دوخت په تېريدوسره غټه کيږي اوخبيثي حجرې د لمفاوي بهيراويادويني بهيرله لاري دبدن نوروغړوته خپرې کيږي.
- داسې هم کېدای شي چې دماغزو تومور په لومړي پړاوکې د ماغزو د حجرو څخه سرچينه اخيستی وي او يا داچی ماغزو ته د بدن د نورو برخو د سرطاني حجرو ابتدايي تورمور primary metastatic cancers څخه د متاستازيس (Metastasis) له لارې سرچينه اخيستی وي .



١٦- ١٠ الف شکل : داعصابومرکزي سيستم CNS اناتومي جوړښت بڼه کښل شوې ده .

- په ټوليزه توګه دماغزوخبيث تومورونه په دوه ډوله دي :

• دماغزوابتدايي خبيث تومورونه primary tumors :

اصلي تومورونه اويا په بله معنی ابتدايي تومورونه هغه تومورونه دي چې پخپله په ماغزوکې پيداشوي وي اوورپسې دبدن نوروغړوته خپورشوي وي. دماغزوخبيث تومورونه ، نه يوازې داچې پخپله په ماغزوکې پيداکيږي بلکې دماغزوپه لمفاوي نسجونو،دوينې په رګونو،د کوپړۍ په اعصابو Cranial nerves ، دماغزوپه پوښ پټ کې (meninges) ، کوپړۍ ، د هايپو فيز غده hypophysis کې پيداکيږي .

خبيث تومور کېدای شي چې پخپله دماغزوپه عصبي حجرو neurons اويادماغزوپه ګليال Glial حجروکې منځ ته راشي .

دماغزوثانوي خبيث تومورونه Secondary tumors :

په ماغزوکې کېدای شی چې يوتومورهم منځ ته راشي چې دبدن ديوه بل ځای څخه دلمفاوي بهيراويادوينې بهيرله لاري يعنې دمتاستاتيک metastatic کړنلارې په ډول ماغزوته انتقال شوی وي . د تعريف له مخی ټول متاستاتيک تومورونه خبيث تومورونه دي.

ثانوي خبيث تومورونوته د **ماغزو متاستازيس تومورونه** ويل کيږي اوپه ماغزوکې هغه وخت پيدا کيږي چی د بدن نورو برخو څخه لکه سږی ،سينه ،مقعد، کليه اونوروغړوڅخه سرطاني حجرې د وينې بهيراويا لمفاوي بهيرله لارې ماغزو ته خپرې شي .

د ماغزو دتومورونو نښې نښانې :(Signs and Symptoms)

دماغزودتومورونولومړنی نښې نښانې په دې پورې اړه لري چی تومورپه کومه اندازه غټ شوی دی، څه ډول تومورډی type ، د خپرېدنې وړتيايې څومره ده او د ماغزو په کومه برخه کې پيداشوی دی .

دبېلګې په توګه دتومورډنښو منفي اغيزی په دې پورې هم اړه لري چې آياسليم تومورډی اوکه خبيث تومورډی. سليم تومورونه ډيرسوکه او ورو وده کوي او په ډيرو نادرو حالا تو کې د ماغزو نورو برخو او يا د بدن نورو غړو ته خپرېږي. برعکس خبيث تومورونه په چټکی سره وده کوي او د ماغزو بيلابيل جوړښتونه تر يرغل لاندی راولي .

د ماغزو خبيث تومورونه د ماغزو سرطان په نامه يادېږي. سره ددی چی د ماغزو سرطان ټول ډولونه د سرطان ټولی ځانګړتياوی نه لري لکه د بدن نورو غړو ته د سرطاني حجرو خپريدنه خو کولای شي د ماغزو په دننه کې بيلابيلو برخو ته خپور شي خو د بدن نورو غړو ته يې د خپريدو امکان ډير کم دی.

د ماغزو د تومورونو يوه ځانګړتيا چی د نورو تومورونو څخه توپير لري داده چی د ماغزو تومورونه د کوپړی په دننه کې پيداکيږي . دا کار دوی ته د زياتې ودې امکانات کموي خو په ماغزو باندې فشار زياتيږی. په سلو کې 40% د ماغزو تومورونه سليم دي.

د تومور وده ددی لامل گرځي چی د کوپړی په دننه کې فشار زيات شي او دا ددې سبب گرځي چی دزړه بدوالی، خوبجن حالت او د سترګو په لېد کې ستونزه پيداشي. همدارنګه سرخوږي او رواني ناروغي هم د تومور د ودی له امله منځته راځي. په ناڅاپي توګه په ماغزو باندی د فشار زياتوالی د بيهوشي سبب گرځي چی دا بيړنی درملنې ته اړتيا لري. ځينی نښی او اعراض په دی پوری اړه لري چی تومور د ماغزو په کومه برخه کې ځای لري. نښی نښانی او نورې ستونزې د ماغزو دهمغې برخې د دندو د ګډوډيدو له امله منځ ته راځي کوم چې د تومور حجرو تر يرغل لاندی راغلې دي.دبېلګې په توګه لکه دحافضې کمښت،د بدې خوا اوياکين خوامخ شل کيدل Hemiparesis ، دخبرې کولو ستونزه Aphasia، ديوه جسم دوه عکسونوليدل Diplopia، داوريدلو ستونزه ، دحس کولو ستونزه سرګرځيدنه،اوداسې نور

که څه هم دماغزوسرطان اصلي لامل لا تراوسه څرګندنه دی خولاندې فکتورونه کېدای شي چې د ماغزو د تومورونو لپاره زمينه برابره کړي.

- عمر : د ۱۲ کلنی څخه مخکې او ۴۰ کلنی څخه وروسته د ماغزو د تومورونو خطراحتمال زيات اټکل کيږي.
- د چاپېريال بيلابيل فکتورونه : د بيلګی په ډول ځيني ځانګړي کيمياوي مواد لکه ځيني صابونونه، حشره وژونکي درمل، ځيني غوړين کيمياوي توکي د ماغزو د تومورونو خطر زيات کوي

- د نورو سرطاني ناروغيو لپاره د سر راډيوتراپی کړنلاره هم کولای شي د ماغزو د سرطان خطر زيات کړي.

- د بدن د معافيت کموالی او دغه راز ارثي فکتورونه (چی د ناروغ دکورنۍ په يو يا څو غړو کې د ماغزو تومور موجود وي) هم رول لري. خو ارثي فکتورونه په ډيرو نادرو حالا تو کې د ماغزو د سرطان خطر زياتوي، يواځنۍ بيلګه پدی برخه کې د يوه ځانګړي جين د ميوټيشن له امله د ماغزو د سرطان منځته راتګ دی لکه د Von-Hippel Lindau په ناروغي کې چې دانسان په درېيم کروموزوم کې ميتوتيشن منځ ته راځي. همدارنګه کېدای شي چې په يوه جين لکه P53, جين کې ميوتيشن منځ ته راشی . نوموړی جين د تومورمخنيوي جين Tumor suppressor gene په نوم يادېږي . نوموړی جين يوځانګړی جين دی اونه پريږدي چې يوه سالمه حجره په سرطاني حجره واوړي.

دماغزوسرطان ددرملنې لپاره لاندي عمومي کړنلارې پېژندل شوې دي:

- **جراحي درملنه :**

که چېرته ابتدايي خبيث تومورپه ماغزوکې وپېژندل شي نودماغزوسرطاني حجري دوس سره سم بيخي ليرې (resection) کيږي . که چېرته سرطاني حجري دبدن نوروبرخوته خپرې شوې وي نودعملياتوبرسيره کيمياوي درملنه اود وړانګودرملنه هم ترسره کيږي. ناروغان دعملياتوڅخه وروسته کېدای شي چې د صرع په ناروغۍ epileptic seizures اخته شي.

- **کيمياوي درملنه :**

د زهرجنوکيمياوی موادو پوسيله د سرطاني حجرو وژلوته کيموتراپي ويل کيږي .نوموړې درملنه هغه چاته ورکول کيږي چې دماغزو ډيرسخت خبيث تومورولري اوابتدايي تومورپه بدن کې خپورشوی وي . ځينې دواګانې شته دي چې سرطاني حجري دمنځه وړي خوپه څنګ کې يې هغو سالمو حجروته چې په چټکۍ سره ويشل کيږي هم تاوان رسوي. کيمياوي درملنه په ډيری سره په کوچنيانوکې استعمال کيږي . لکه دوينې سرطان لپاره کيمياوي درملنه ډيره اغيزمنه ده .

دماغزولپاره کيمياوي درملنه دومره برترې نه لري داځکه چې ډيرې دواګانې ماغزوته لاره نه شي پيداکولای. داځکه چې کله دوينې بهيرڅخه دماغزومايع ته ورننوځي نوديوې غشاپه واسطه Blood–brain barrier بنديږي. بلخوادکيمياوي درملنې ناوړه څنګيزې اغيزې لکه دسراوښتانوتويدل،دوينې کمښت Anemia،ستړيا،قی کول،ضعيف کيدل،بې اشتهاوالی،احسال اودوزن کمښت هغه څه دي چې دکيمياوي زهرجنوتوکوسره تړاولري.

- **د وړانګودرملنه :**

که چيری د جراحی پوسيله د تومور د ټولو برخو ايستل ګران وي اويداچې متاستازيس شتون ولري نو کيموتراپی او راډيوتراپی ورکول کيږي. نوموړې درملنه په ډيری سره دمغزدثانوي تومورونولپاره کارول کيږي. د

وړانګودرملنې موخه داده چې دتومورحجرې بیخې له منځه یوسې اوسالمې حجري دتخنیکې امکاناتوپه پام کې نیولوسره دوس سره سم د وړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي.

- د ماغزو د پړسوب د کمولو لپاره کیدای شي سټیرایدونه (Steriods) ورکړل شي. د اختلاجاتو (مرګي ډوله حملې) د قابو کولو لپاره هم درمل ورکول کیږي. هغه ناروغان چې د تومور له املې په رواني اوفزیکي سټونزو اخته کیږي، ددوی په درملنه کې احیای مجدد یا ریهب (Rehabilitation) د پام وړ رول لري.

- **دمغزوتومورونوډولونه : (Brain Tumor Types)**

دروغتیانړیوال سازمان له خوا WHO په ماغزوکې دابتدایي تومورونوډلبندي په لاندې ډول ده :

Box 18.1 WHO classification of brain tumours*

- Tumours of neuroepithelial tissue (of which astrocytomas, ependymomas and oligodendrogliomas are commonest). These are graded I–IV
- Tumours of cranial or paraspinal nerves
- Tumours of the meninges
- Lymphomas and haemopoietic malignancies
- Tumours of the sellar region
- Germ cell tumours
- Metastatic tumours

*With permission.

دروغتیانړیوال سازمان له خوا WHO په ماغزوکې دابتدایي تومورونو سلنه برخه په لاندې ډول ویشل شوې ده .

- ✓ Gliomas(Astrozytom,Glioblastom,Ependymom) (50.4%)
- ✓ Meningiomas (20.8%)
- ✓ Pituitary adenomas (15%)
- ✓ Nerve sheath tumors (8%)

دروغتیانړیوال سازمان WHO له خوادماغزوتومورونودخبیثوالې درجه بندي په لاندې ډول ده:

- لومړی درجه سلیم تومور WHO Grade I
- دویمه درجه لا هم سلیم تومورWHO Grade II
- درېیمه درجه لږخبیث تومورWHO Grade III
- څلورمه درجه خبیث تومور WHO Grade IV

- **گليوما Glioma :**

دماغزومرکزي سيستم يوډول تومورډی چې دسر کوپړی اويادشمزی په ماغزوکې پيل کيږي. دگليوما تومورنوم ځکه ورکړشوی دی چې دماغزود Glial cell په حجروکې خبيث تومورمنځ ته راځي. دنوموړو حجرودنده داده چې يوخواعصبي حجرې neurons تغذيه کوي اوبلخواپه فزيکي اوکمياوي تړاودعصبي حجرو ساتنه اوپايښتنه په غاړه اخلي.

- **دگليوما سرطان درملنه :**

د گليوما سرطان درملنه دهغوی دحجروپه هيستولوژي پايپ کې بدلون لکه غيرعادي هسته،دميتوزفعاليت ، نېکروز necrose جوړونه،پولي مورفي،دحجروکثافت او دخبيثوالي په درجه او په ماغزوکې دهغوی د موقعيت سره په تړاوکې ترسره کيږي. د گليوما سرطان درملنه دجراحي،کيمياوي موا دو،اود وړانگوپه مټ ترسره کيږي. ددرملنې نوموړي طريقې يادا چې په ځانگړې توگه اويا ديوبل سره په گډه ورکول کيږي.

ځرنگه چې دماغزو گليوماسرطان دتوپيرلرونکوحجروځخه جوړدی نوله همدې لا مله دحجرو دهيستولوژيکې جوړښت په تړاوپه لاندونومونوسره يادېږي:

داپندوم حجرې Ependymomas ، استروسايت حجرې Astrocytoma ، اوليگوډنډرو گليوما Oligodendroglioma ، دمغزساقي برخې حجرې Brainstem glioma، داپتيکي عصب حجرې Optic nerve glioma ، ترټولوډيرخبيث اويرغل کوونکی Glioblastoma multiforme دي چې د استروسايت حجروځخه جوړې دی.

دټيټې درجې يعنې Grade I-II گليومادرملنه دعملياتوپه مټ ترسره کيږي. که چېرته دتومورپه سرحدي څنډه کې ددې شک پيداشي چې هلته بياهم سرطانې حجرې شتون لري نودعملياتو ځخه وروسته سمدلاسه د وړانگودرملنه پيل کيږي اواصلي تومورته 45- 50,4 Gy انرژي وړانگې ورکول کيږي. داځکه چې نوموړي تومورونه په ماغزه کې خواره واره منځ ته راځي اويوټاکلي سرحدنه لري .

دلوړې درجې Grade III-Grade IV گليوماډيرخبيث اويرغل کونکی سرطان دی . درملنه يې دعملياتوپه مټ ترسره کيږي اوورپسې ځواونی وروسته د وړانگودرملنه پيل کيږي. ځرنگه چې نوموړی تومورډيريرغل کوونکی دی اودځه مودې ځخه بېرته راگرځي نودرملنه يې د وړانگواوکيمياوي موادوپه مټ ترسره کيږي. د وړانگودرملنې په ترڅ کې کيمياوي درملنه هم ورسره ملگري کيږي. ناروغ ته هره ورځ د 75 mg/m^2 /d درمل temozolomide په مټ کيمياوي درملنه ترسره کيږي.اصلي تومورته په ټوليزه توگه 60 Gy اوهره ورځ دوه گړې 2 Gy وړانگې ورکول کيږي .کله چې د وړانگودرملنه پای ته ورسږي ورپسې هره اته ويشتمه ورځ دپنځوورځولپاره هره ورځ 200 mg/m^2 /d نوموړی درمل شپږدوري(سايکل) ورکول کيږي.

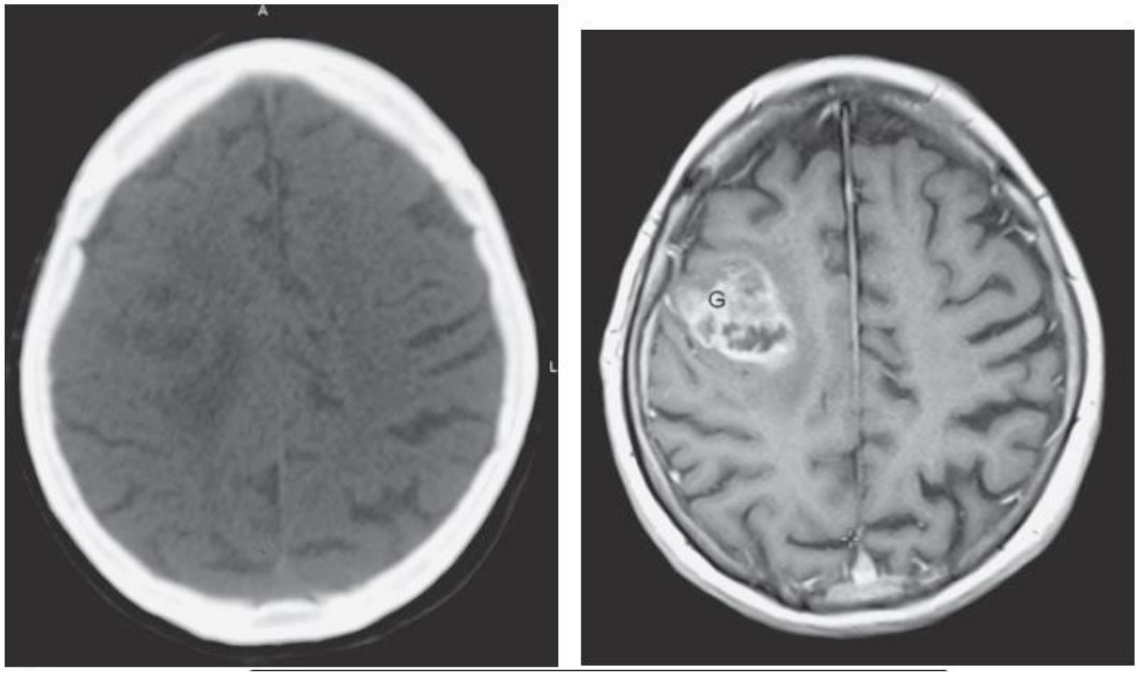
- **د وړانگودرملنې انرژي ډوزرژيم :**

ددويم اودرېيم درجه Grade II/III گليوم کلينيکي نښې حجم CTV لپاره پنځه څلويښت گړې 45Gy په پنځه ويشت ورځوکې چې هره برخه يې په ورځ کې 1,8 Gy وي دپنځواونيوپه موده کې ورکول کيږي. بل رژيم يې دادی چې 54 Gy په پنځه ورځوکې اوهره ورځ نهه گړې 9 Gy ورکول کيږی.

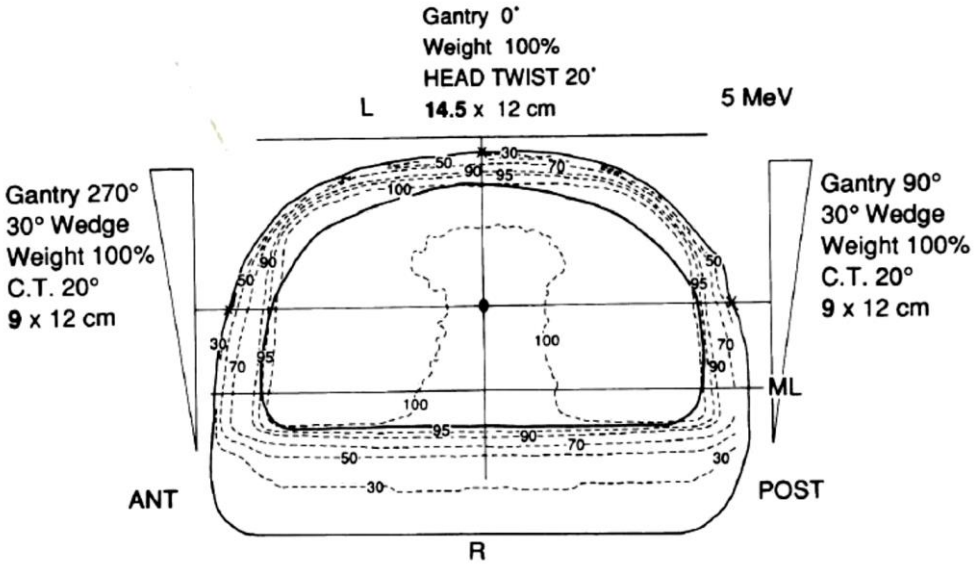
دځلورم درجه گليوم Grade IV گليوم کلينيکي نښې حجم لپاره 50-60 Gy پنځوس گړې په پنځه ويشت اويادېرشوورځوکې چې هره برخه يې په ورځ کې 2 Gy وي دپنځواونيوپه موده کې ورکول کيږي.

دسر کوپړی هغه گليوما چې پرمخ تللي پړاوته رسيدلي وي د ساري په ډول لکه ميډولو بلاستوما Medulloblastoma اودنړيوال صحي سازمان له خواپه [WHO grade III–IV] په دريم اوياځلورم پړاوکې تشخيص شوی وي نوپه لومړي وخت کې بشپړعمليات کيږي. ميډولوبلاستوما دماغزويوابتدايي ډيرخبيث تومورډی چې په کوچني مغز کې اوياد کوپړی په څټ ژورتيا(posterior cranial fossa) کې په ډيری سره منځ ته راځي.

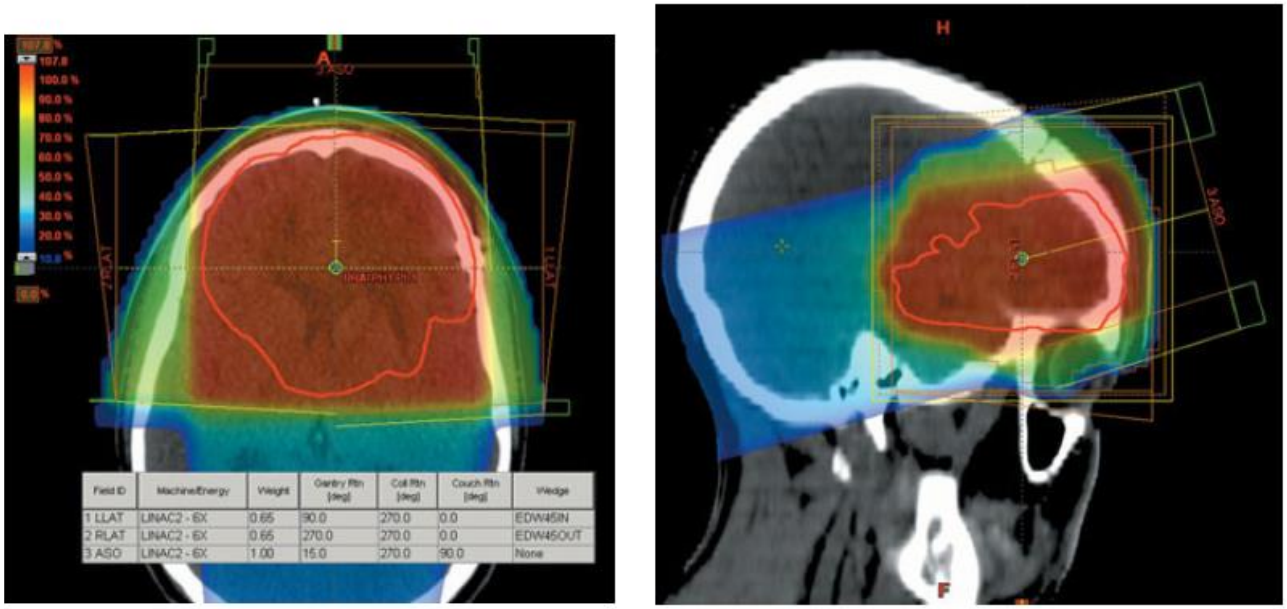
څرنګه چې دعملياتو کړنلاره تل په بشپړه توګه نه شي ترسره کېدای اونيمګړتياوې دځان سره لري نودعملياتو څخه وروسته بيا هم ددې ډيرخطرشته دی چې داصلي تومور په ځای کې اويادهغه څخه ليرې په بل ځای کې دميډولو بلاستوما تومور بېرته راوګرځي همدالامل دی چې د شمزی نخاع شوکې ته 60–65 Gy وړانګې ورکول کيږي ترڅودنوموړي خبيث تومورد بېرته راګرځيدنې مخنيوی شوی وي . د وړانګودرملنې سره په ملګرتياکې کيمياودرملنه هم ترسره کيږي . د ساري په ډول لکه lomustine, cisplatin, carboplatin, vincristine درمل ديادولووړدي.



١٦- ١١ شکل : کينې خواته دسرماغزو MRT اوښي خواته د CT سلايزکښل شوی دی . دسرګليوما سرطان په G حرف ښوول شوی دی . دپام وړه چې نوموړې ناروغي هغه مهال ښکاره کيږي کله چې دMRT اود CT سلايزونه سره يوځای ويلې Fusion شي .

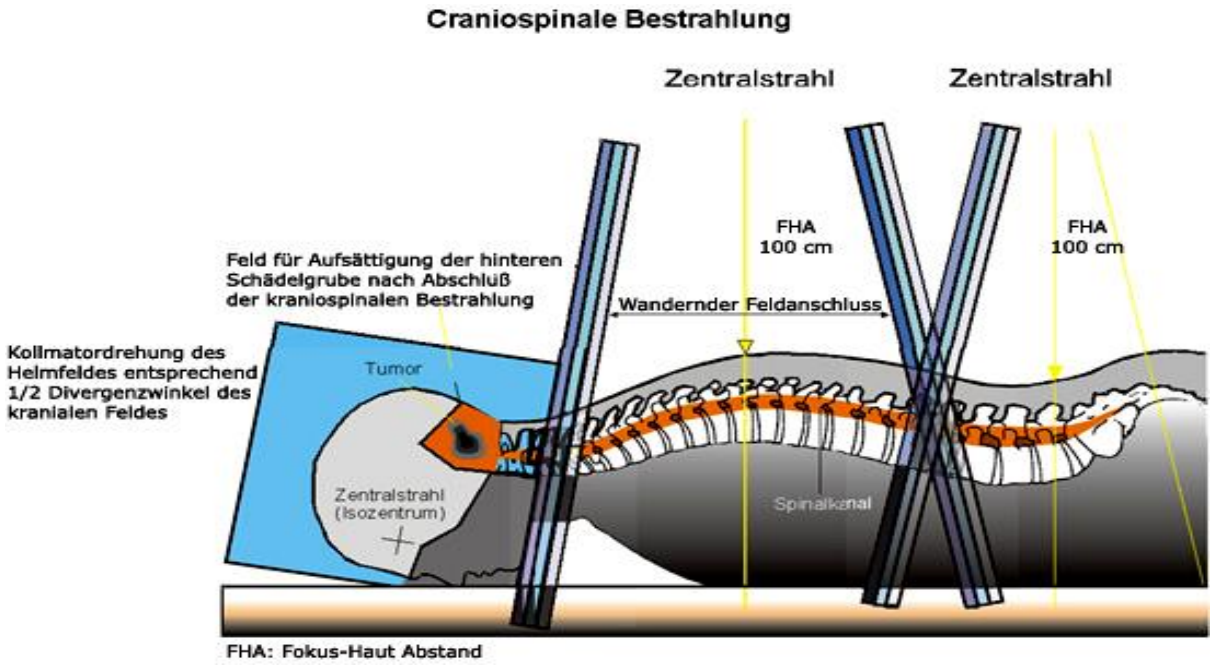


۱۶-۱۲ شکل : دسرماغزو ګليوما سرطان Glioma راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی چې ددريووړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي . دناروغ دسرکوپړي مخ خوا Anterior څخه څټ خواته posterior دوه مقابل خوا وړانګيزې ساحې اويوه ساحه دسر کوپړی دپاس خواڅخه په ټول مغزباندې لګيږي .

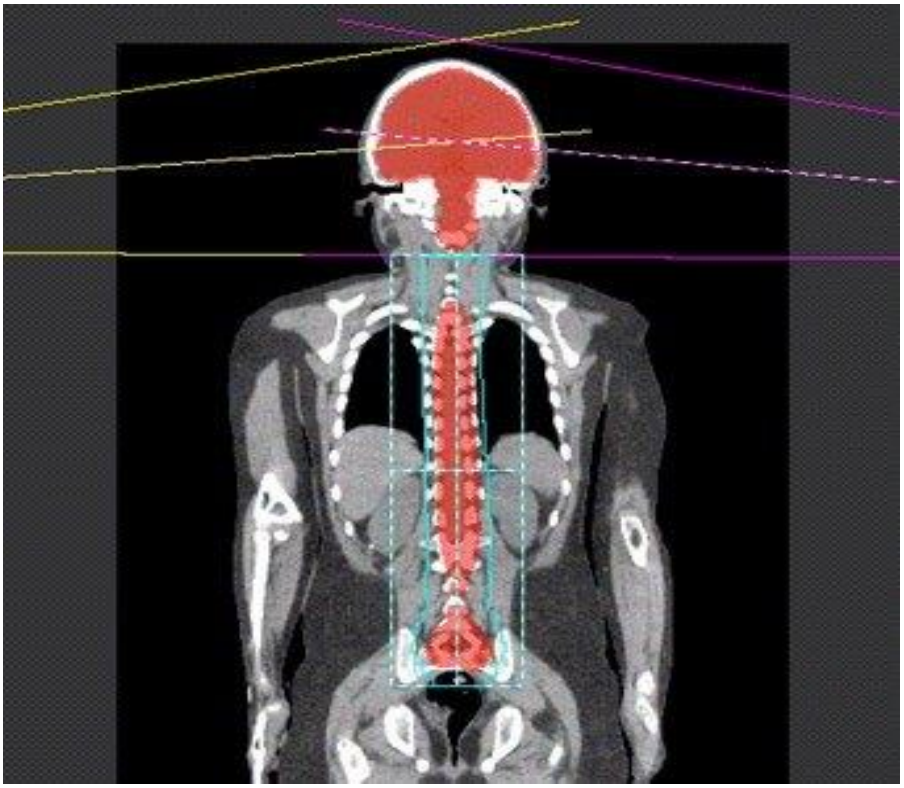


۱۶-۱۳ شکل : دسرماغزو ګليوما سرطان Gloma راډيو تراپي فزيکي پلان a) Axial او b) Sagittal سلايزونو *slices* کې کښل شوی دی چې ددريووړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي .

که چېرته دشمزی ماغزه دميډولو بلاستوما په خبيث توموراخته وي نودڅټ خواڅخه دوه عمودي وړانګيزساحي ورکول کيږي. په ۱۶-۱۴ شکل کې دسر کوپړی ماغزه اودنخاع شوکي ماغزو دميډولو بلاستوما Medulloblastoma ناروغی وړانګيزه درمنله ښوول شوې ده. په همدې کړنلاره کې دسر کوپړی اودنخاع شوکي مايع Cerebro Spinal Fluid ته هم وړانګې ورکول کيږي.



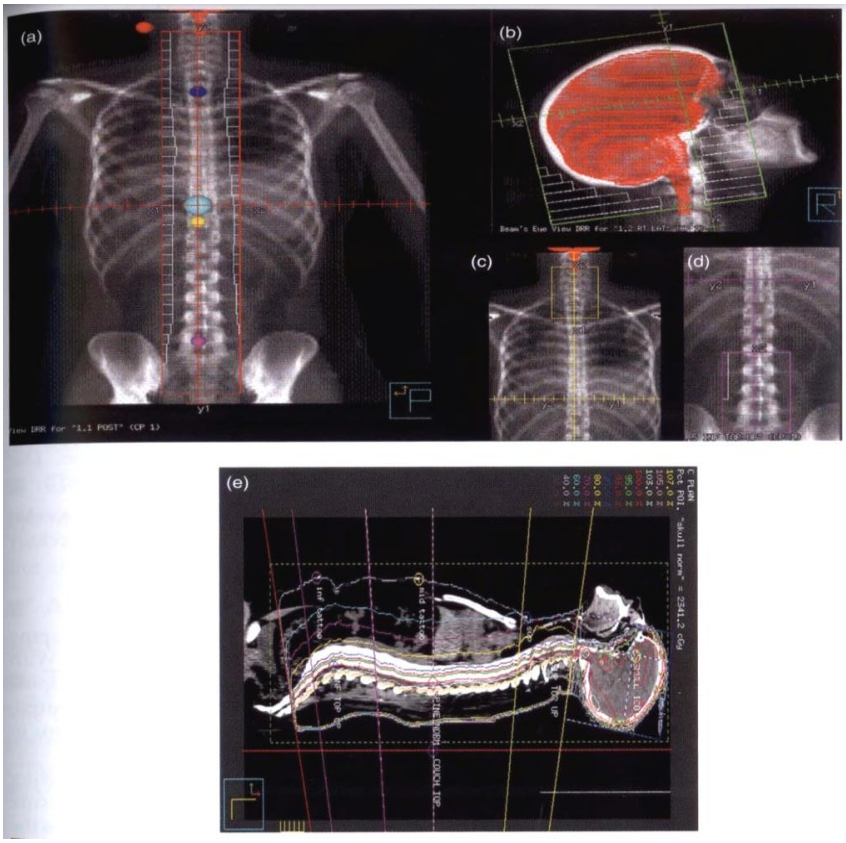
۱۶- ۱۴ شکل : داعصابومرکزي سیستم دشمنۍ ماغزه **spinal cord** دځې خوا **PA** ځخه په دوو وړانګیزوساحورناکیږي اودسرماغزه **Brain** په دوو مقابل وړانګو ساحوباندې رنا کیږي چې زاویه یې **90°** او **270°** قیمت لري . د وړانګې منبع اودناروغ ځې خواپوستکي ترمنځ فاصله سل سانتي مترده FHA = 100 cm . مرکزي وړانګه Zentralstrahl په یوه غشي ښوول شوې ده دسرماغزوتومور Tumor اصلي ځای د کوپړۍ په ځې برخه کې پروت دی اوپه تورپلن ټکي ښوول شوی دی . دناروغ مخ دفلزي بلاک په واسطه پټ شوی دی ترڅودمخ ټول سالم غړي داکس وانګودخطراوزیان ځخه په امن کې وساتل شي . (51)



۱۶- ۱۵ شکل :- دسر کوپړۍ ماغزواودملاشمزی ماغزو Craniospinal marrow irradiation سرطاني ناروغۍ وړانګیزه درملنه ښوول شوې ده . دسرماغزه **Brain** په دوو مقابل سمت وړانګو ساحوباندې رنا کیږي چې زاویه یې **90°** او **270°** قیمت لري . دملاشمزی سرطاني ناروغۍ ته دځې له خواځخه عموداً یعنې صفردرجه زاویه ددوو وړانګیزوساحوپه مټ وړانګې ورکول کیږي. دوه ګاونډی ساحي ځکه ټاکل کیږي چې تراپي ماشین وړانګیزه ساحه په تخنیکي تړاودځلویښت ضرب ځلویښت سانتي متره 40 cm x 40 cm سطحې ځخه نه زیات کیږي .

په نوموړې کړنلاره کې مرکزي وړانګې Zentrahlstrahl په خپل ځای پاتې کیږي خود وړانګې ساحې څنډې په هریوه فرانکسیون fraction کې یوپربل باندې اوړي. داځکه چې ترڅو دځنډوبرخې ته هم دتجویزشوې انرژي ډوزاندازه ورسیږي . د تراپي ماشین سرچینې Source اوپوستکي ترمنځ واټن سل سانتي متر FHA = 100 cm ټاکل شوی دی. هغه خبیث تومورونه چې دکوپړۍ په ماغزوکې خواره واره شتون ولري ددوو مقابل وړانګیزوساحو په مټ یعنې ښي خوا ځخه اوکیې خواځخه په نوي درجه اودوه سوه اویادرجه زاویه (90^0 , 270^0) وړانګې ورکول کیږي . نوموړې ساحې ته دهیلم هولځ وړانګیزه ساحه Helmholzfeld ویل کیږي اود وړانګې ایزوسنټرم یې په سلیبي کرښه + په نښه شوی دی . ددرملنې په اخري پړاوکې دفزیکي پلان نښې حجم PTV کوچنی کیږي اوله دې کبله دیوې کوچنۍ وړانګېزې ساحې Boost field په مټ رنا کیږي.

ددې لپاره چې دشمزی وړانګیزې ساحې اود کوپړۍ وړانګیزې ساحې څنډوترمنځ تشعب divergence منځ ته رانشي نودماشین کولیمېټرزاویې ته تغیرورکول کیږي . دکولیمېټرزاویې قیمت دشمزی وړانګیزې ساحې په طول پورې اړه لري اوپه عادي صورت کې لږځه داوو ځخه تراته درجې زاویې (7^0 - 8^0) پورې ټاکل کیږي.



١٦- ١٦ شکل: دسرماغزواودشمزی نخاع شوکې ماغزومیډولو بلاستوما Medulloblastoma خبیث تومورد وړانګودرې بعده ساحې Beam Eyes View اوددرملنې کړنلاره ښوول شوې ده. (14)

a) دناروغ څټ poster خواڅخه نخاع شوکې Spinal Cord دیوې عمودي وړانګیزې ساحې په مټ رڼاکیږي. دملټي لیف کولیمیترMLC په کارولوسره دبدن سالم غړي د وړانګودخطرڅخه خوندي ساتل کیږي

b) دناروغ څنګ lateral خواڅخه دسرماغزه د ښي خوا اوکینې خواڅخه په خپل وارد راډیو تراپي ماشین دوه سوه اویادرجې زاویي 270^0 او نوې درجې زاویي 90^0 له خوارڼاکیږي. سترګې ،غوږونه اومخ دملټي لیف کولیمترپه کارولوسره دوړانګودخطرڅخه خوندي ساتل کیږي

c) اوd) ددووکوچنیو وړانګیزو ساحوپه مټ دنخاع شوکې هغه برخه یوځل بیارڼاکیږي چې هلته دانرژي ډوزمتجانس ویش نه لري .

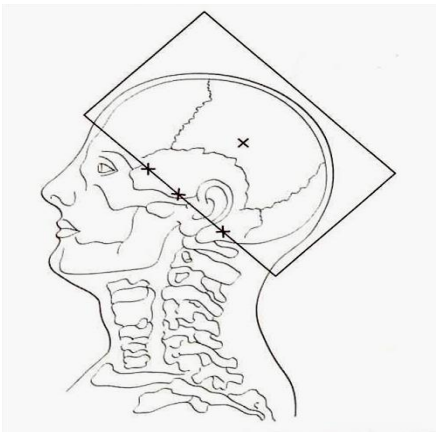
e) دسراودنخاع شوکي په ماغزوکې دانرژي ډوزویش ښوول شوی دی. دڅټ خواڅخه نخاع شوکې ددوو عمودي وړانګوپه مټ رڼا کیږي. دملټی لیف فلزي پاڼوMLC په کارولوسره د وړانګې ساحه داسې ټاکل کیږي چې دبهرله خوا دکلینیکي نښې حجم سره برابرهندسي بڼه غوره کړي (9) .

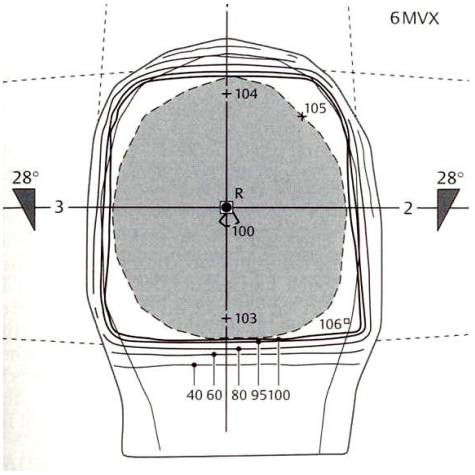
• د وړانګوانرژي ډوزویش پلان :

په لومړي پړاوکې دسرماغزواونخاع شوکي ته پنځه دیرش ګرې 35 Gy تجویزکیږي چې په یوویشت ورځوکې اوهره ورځ دانرژي ډوزبرخه 1,66 Gy ګرې ده دپلان تومور حجم PTV ته ورکول کیږي. درملنه څلورنیمې اونۍ دوام کوي اوپه اونۍ کې پنځه ورځې دپلان تومور حجم ته وړانګې ورکول کیږي. په دویم پړاوکې یوازې دتوموراصلي ځای رڼاکیږي چې دبوسټ Boost په نوم یادیږي.

دبوسټ ډوز نولس ګرې 19 Gy قیمت لري اودسر کوپړۍ څټ خواته یعنې په څټ ژورتیا(posterior cranial fossa) کې کوم ځای کې چې ابتدایي تومورپیداشوی وي ورکول کیږي. دبوست تومور حجم Boost درملنه په دولس ورځوکې ترسره کیږي اوپه هره ورځ

کې دښپړ تجويزشوې انرژي ډوزيوه برخه (1,66 Gy ګرې) دبوست تومور حجم ته ورکول کيږي. درملنه دوه نيمې اونۍ دوام کوي اوپه اونۍ کې پنځه ورځې دبوست تومور حجم ته وړانګې ورکول کيږي.

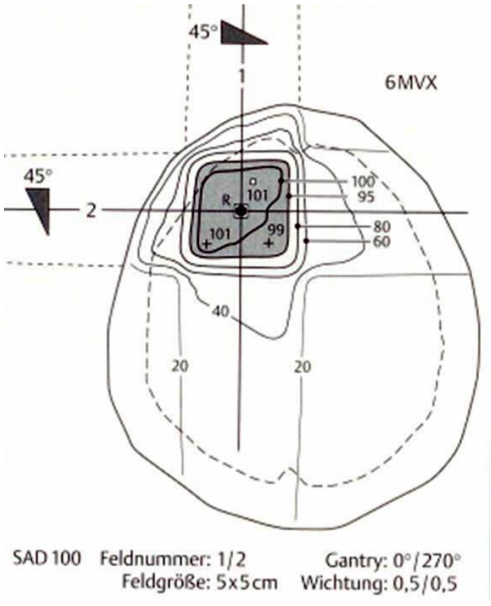


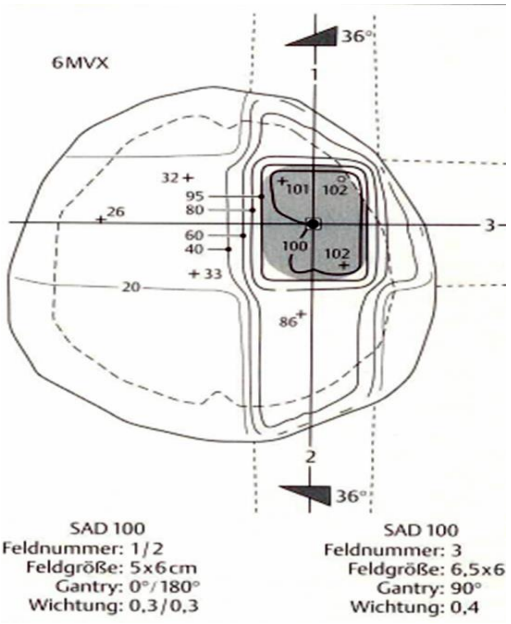


١٦- ١٧ شکل: دسرماغزو خبيث تومور لپاره دراډيو تراپي درملنې فزيکي پلان ښوول شوې دی چې ددوو مقابل وړانګيزوساحواويومخامخ وړانګيزې ساحې په مټ دفوتون وړانګې ورکول کيږي. دانرژي ډوزمتجانس ويش په موخه ددوووييج فلتر Wedge Filter څخه ګټه پورته کيږي چې زاويه يې 28° قيمت لري .

که چېرته د کوپړۍ په ماغزوکې دميتاستازله لارې خبيث تومورپيداشوی وي نوددوو مخامخ وړانګيزوايزوسنټريک ساحو په مټ يعنې ښي خوا څخه اوکين خواڅخه په نوي درجه اودوه سوه اويادرجه زاويه (270^{0} , 90^{0}) وړانګې ورکول کيږي (١٦-١٧ کين خواشکل) .

نوموړي درملنه هغه مهال هم کارول کيږی کله چې دسرماغزه دوينې په سرطان اخته وي اويادسرپه ماغزو کې ابتدايي لمفاوي غدو Lymphoma سرطان شتون ولري .



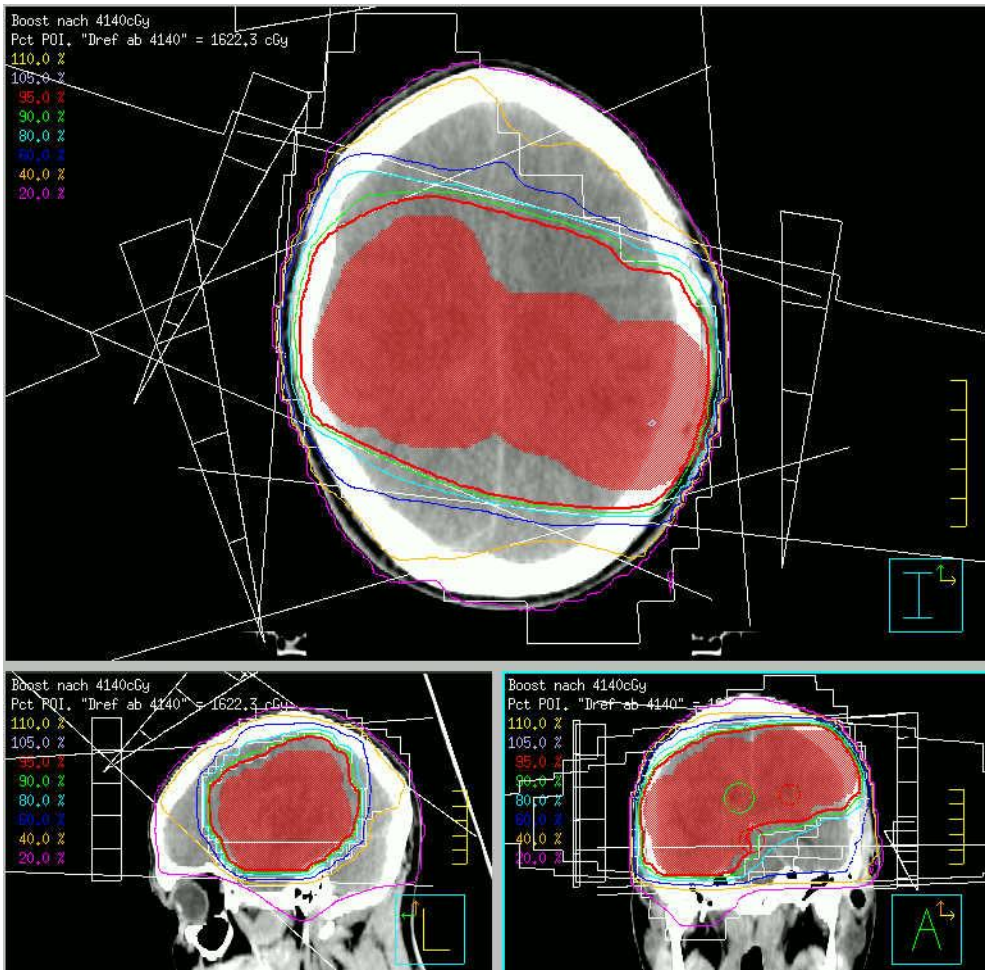


۱۶- ۱۸ شکل: دسرماغزوپه ښي خواشکل کې اوهمدارنګه په کين خواشکل کې خبيث تومور پېژندل شوی دی چې دځو وړانګيزوساحو په مټ رڼاکيږي .په نوموړي شکل کې دراډيو درملنې فزيکي پلان ښوول شوی دی. دواړه تومورونه په خړرنګ کښل شوي

د کوپړۍ په ښي خواڅنډه کې يعنې جداري parietal برخه کې يوتومور پروت دی چې ددريو و ايزوسنټريک وړانګيزوساحو په مټ رڼاکيږي. نوموړي وړانګيزې ساحې په خپل وارسره دماشين ګانټري دصفردرجې زاويې، نوي درجې زاويي اويوسلواتيادرجې زاويې له خوارڼاکيږي . دلومړی وړانګيزې ساحې اوددويمې وړانګيزې ساحې لپاره دشپږديرش درجې فلتر wedge filter 36^0 څخه ګټه پورته کيږي ترڅودتومورپه حجم کې دانرژي ډوزمتجانس ويش منځ ته راشي . د راډيو تراپي ماشين فوتون انرژي شپږميګاولټ 6MV ټاکل شوې ده. دکلينيکي نښې حجم CTV دپنځه نوې سلنې 95% ايزوډزکرښې په واسطه محدودشوی دی.

د کوپړۍ په کين خوا څنډه کې (جداري frontal) دسرماغزويو تومورپروت دی .دا تومور د دو و ايزوسنټريک وړانګيزوساحو 5x5 cm په مټ رڼاکيږي. نوموړي وړانګيزې ساحې په خپل وارسره دماشين ګانټري دصفردرجې زاويې اودوه سوه اويادرجې زاويې له خوادسرماغزوپه تومورباندې لګيږي .

دلومړی وړانګيزې ساحې شدت اوددويمې وړانګيزې ساحې شدت دپنځه څلويښت درجې فلتر wedge filter 45^0 په مټ متجانس کيږي . دکلينيکي تومورحجم CTV په منځ کې دانرژي ډوزريفرنس ټکې په R ښوول شوی دی . په نوموړي ټکي کې دانرژي ډوزسل سلنه برخه ټاکل شوې ده. دکلينيکي تومورحجم CTV دپنځه نوې ايزوډزکرښې 95% په واسطه محدودشوی دی. د راډيو تراپي ماشين فوتون وړانګو انرژي شپږميګاولټ 6MV قيمت لري.

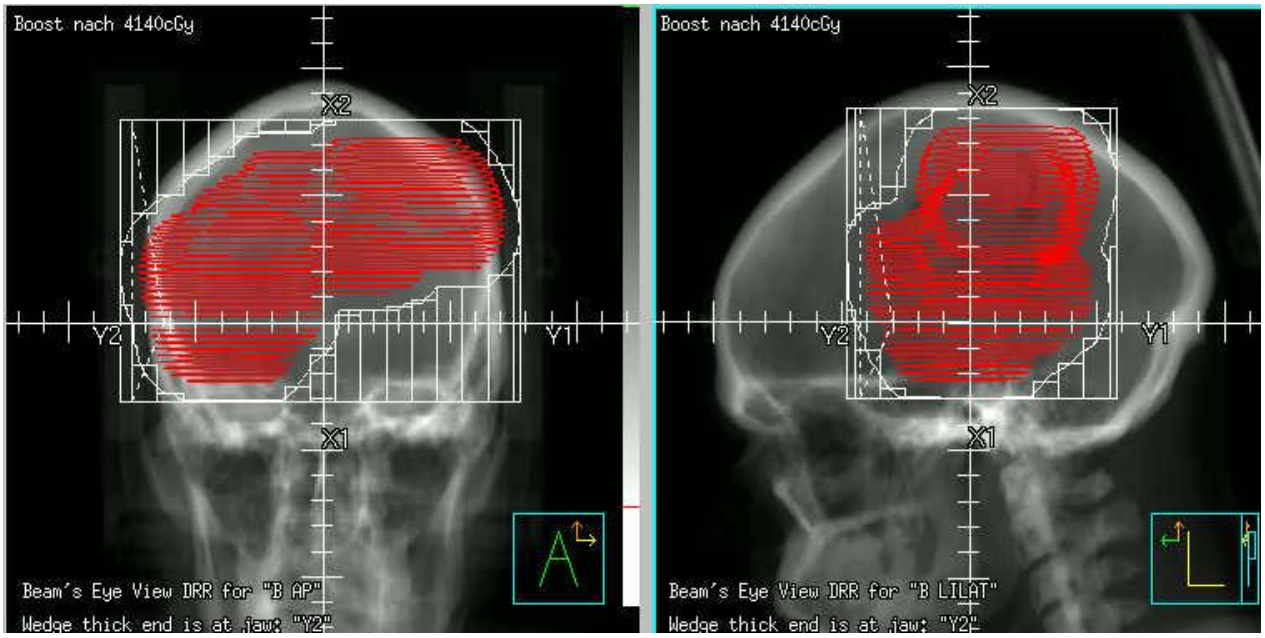


١٦- ١٩شکل : دسرماغزو ګليوما سرطان Gliomas لپاره دراډيو تراپي فزيکي پلان ښوول شوی دی چې دځلورو وړانګيزوساحوپه مټ ترسره کيږي .

دسرماغزو ګليوما Glioma تومورپه سي ټي سلايزونوکې په سوررنګ کښل شوی دی چې دکلينيکي تومورحجم CTV اندازه يي لږځه ټول ماغزه ډکوي.

دانرژي ايزوډوزويش دسي ټي په سلايزونوکې په توپيرلرونکو رنګونو باندې کښل شوی دی اوپه خپل وارسره دپاس نه ښکته خواته ترانسورس يابه ساره پرې شوې سطحه Transverse plane ، فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane اوزاجيتل پرې شوې سطحه Sagittal plane راښيي. دسرماغزو ګليوما Glioma تومور د ,95% ايزوډوزکرښې څخه محدود شوې دی. د تراپي ماشين ايزوسنټر isocenter دکلينيکي تومور حجم CTV په منځ کې ټاکل شوی دی .

د وړانګوپه ساحوکې دويج فيلتر Wedge filter شتون لري ترڅوپه کلينيکي تومور حجم CTV کې دانرژي ډوزويش متجانس شکل غوره کړي.



١٦- ٢٠ شکل : دسرماغزو ګليوما Glioma سرطان کلينيکي تومور حجم CTV په درې بعده بڼه Beam Eyes View DRR دمخ خواڅخه A اوڅنګ خواڅخه L په سوررنګ کښل شوی دی.

دسرماغزو ګليوما Glioma سرطان کلينيکي تومور حجم CTV دملټي ليف کوليميتر MLC په واسطه احاطه شوي دی ترڅو دماغزوسالمو نسجونو ته وړانګې وه نه رسيږي. د وړانګې ساحې radiation field په کښ خواڅنډه کې دويج فيلتر Wedge filter شتون لري ترڅوپه کلينيکي تومور حجم CTV کې دانرژي ډوزويش متجانس شکل غوره کړي. دفيلترښه په ټکوټکوکښل شوې ده. دتجويزشوې انرژي ډوزرژيم له مخې په لومړي پړاوکې دسرماغزو ګليوما Glioma سرطان کلينيکي تومور حجم CTV ته 41,4 Gy ګړې انرژي ډوزورکول کيږي . کله چې نوموړې انرژي ډوزپه تومورکې جذب شي نودتومورحجم کمښت مومي اودبوست حجم Bosst target Volume په نوم يادېږي. په دويم پړاوکې دبوسټ اصلي کلينيکي حجم ته پاتې شل ګړې 20 Gy انرژي ډوزورکول کيږي . په ټوليزه توګه همدغه ډول ګليوما Glioma سرطان ته چې په دريم اوځلورم پړاوکې وي 61,4 Gy وړانګې ورکول کيږي.

دسرماغزوابتدايي لمفاوي سرطان : (Primary brain lymphoma)

سريزه:

داعصابومرکزي سيستم ابتدايي لمفوم ته دماغزو لمفاوي سرطان ويل کيږي چې دماغزو اويانخاع شوکي په لمفاوي نسج کې خبيث لمفوسايټونه B-Cells منځ ته راشي. که څه هم لمفوسايټونه دماغزواصلي حجرې نه دي اوپه ايميني سيستم پورې اړه لري خوځرنګه چې په ماغزوکې لمفوسايټونه تل شتون لري نوله دې کبله دماغزوابتدايي لمفو م په نوم يادېږي.

داعصابومرکزي سيستم ثانوي لمفوما Secondary CNS lymphoma هغه سرطان دی چې د ماغزوڅخه بهرپه يوه لمفاوي غړي کې پيداشوی وي او دمټاستازيس metastasis له لارې ماغزوته خپورشوی وي.

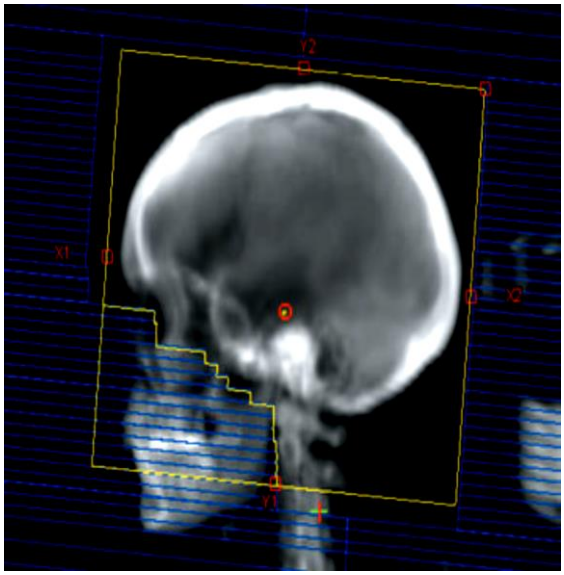
دماغزوابتدايي لمفوم په ډيری سره دماغزو اونخاع شوکي په پوښ شووغشا وومنينجيز(meninges) کې پېژندل کيږي . دسرماغزو لمفاوي سرطان لږڅه نوي سلنه 90% برخه دخبيثوحجرو B-cell تومورونه تشکيلوي. ډيرګمان کيږي چې نومورې تومورد Epstein–Barr virus وايرس دسرايت په پايله کې منځ ته راځي. د لمفاوي سرطان حجرې لږڅه ديرش سلنه برخه درګونوشاوخوا فضاء ته نفوذکوي اوبيادسراوشمزی ماغزومايع ته Liquor cerebrospinalis اوهمدارنګه دماغزو پوښ شوو غشاووته مېنينجيز (meninges) انتشارمومي.

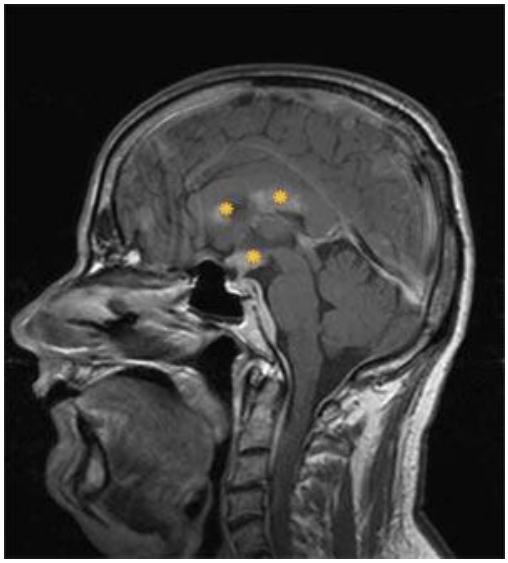
- **د لمفاوي سرطان ابتدايي نښې نښانې :**

داپيليپتيک ناڅاپې حمله، سردردي،تبه،دشپې له خواخولې کيدنه ،دوزن کمښت،بې اشتهايي، سټړيا، کمزوتيا، دوينې کمښت ، غبرګ تصويرونوليدل، په ستونې کې دډوډی تيرولو ستونزه ، سرګرځيدنه، ديوخواسترګې ديدکمښت ، دشيانوهيريدنه dementia اوداسې نور. دماغزو لمفاوي تومورتشخيص په پوره باورسره دماغزوڅخه دنسجونويوې نمونې Biopsy اخيستل دي.

- **دسرماغزو لمفاوي سرطان پېژندنه :**

دمقناطيسي رزونېنس تصويرونوپه مټ MRI کېد ی شي چې دنومورې ناروغی تشخيص په ډيردقيق اوحساس توګه ترسره وشي . د ښلګې په توګه په ۱۶- ۲۱ شکل کې داعصابومرکزي سيستم ابتدايي لمفوم ناروغی پېژندل شوې ده .

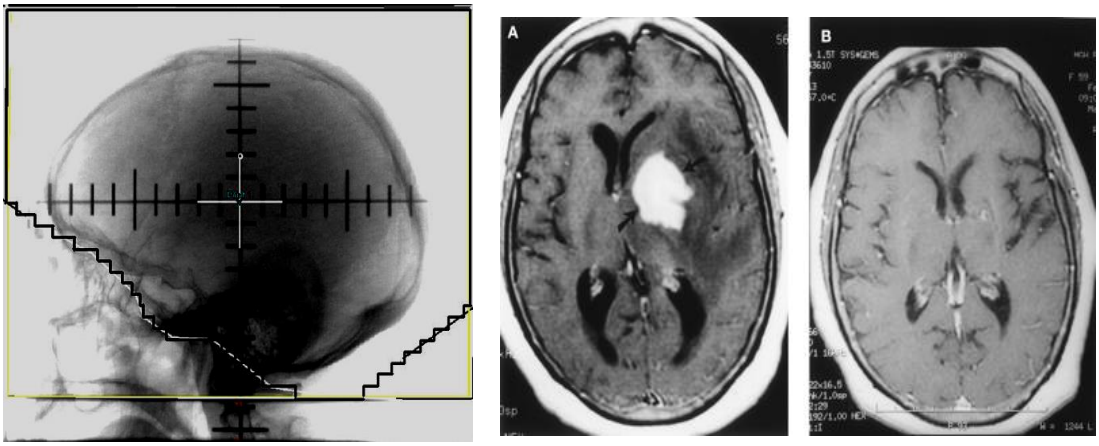




١٦- ٢١ شکل: کين خواته دمقناطيسي رېزونېنس تصويرې آلي MRI په مټ دسرماغزو ابتدايي لمفوم ناروغۍ پېژندل شوې ده . دمقناطيسي وړانګوپه Sagittal plane سطحه کې نوموړې ناروغۍ دستورواويا په سپينوټکوپه شان ليدل کيږي.(52)

دنوموړي شکل ښي خواته داکس وړانګوراډيوګراف وړانګيزه ساحه په درې بعده ډول ښوول شوې ده چې ددرملنې وړانګيزې ساحې سره سمون خوري . ددرملنې وړانګيزه ساحه دملټي ليف کوليمتر Multi- leaf په مرسته احاطه شوې ده ترڅودسترګواومخ سالم حجرې د اکس وړانګو دخطرڅخه په امن کې وساتل شي .

C



١٦- ٢٢ الف شکل: دسرپه ماغزوکې لمفاوي سرطان دمقناطيسي رزونېنس (MRI) تصويري کړنلاري په مټ پېژندل شوی دی.

A) دسرماغزودمقناطيسي رزونېنس کړنلارې (MRI) سلايس Slice ښوول شوی دی. دسلايس په مرکزي برخه کې د لمفوما ناروغۍ B-cell lymphoma ابتدايي تومورپه سپين رنګ سره تشخيص شوی دی.

B) دسرپه ماغزوکې د لمفاوي سرطان همدغه برخه وروسته له دوو مياشتوڅخه يوځل بيا د(MRI) په سلايسونوکې اخيستل شوې ده کله چې دناروغ درملنه دکيمياوي درمل methotrexate په مټ ترسره شوه. په نوموړي سلايس کې ليدل کيږی چې د لمفوما تومورديکيمياوي درملنې څخه وروسته بيخي له منځه تللی دی.

c) کين خواته داکس وړانګوراډيوګراف وړانګيزه ساحه په درې بعده ډول ښوول شوې ده چې ددرملنې وړانګيزې ساحې سره سمون خوري. ددرملنې په موخه دسرټول ماغزه د ښي خواڅخه 270^0 اودکين خواڅخه 90^0 دفوتون دوومقابل خوا وړانګيزوساحوپه مټ رېنا کيږي چې شريک ايزوسنټرلري. دکيمياوي درملنې څخه وروسته دماغزو وړانګيزه درملنه ډيره اړينه ده دا ځکه چې ابتدايي تومور کېدای شي چې ياپه خپل ابتدايي ځای کې اويادماغزوپه بله برخه کې بېرته راوګرځي (recurrence). په بله معنی دتومورعودت يا بېرته راتګ احتمال مخنيوی د وړانګوپه مرسته کيږي.

- **دسرماغزو لمفاوي سرطان درملنه :**

داعصابومرکزي سيستم ابتدايي لمفوم سرطان درملنه دعملياتو له لارې نه ترسره کيږي دا ځکه چې دتومورنسجونه بيخي نه شي ليرې کېدای . همدالامل دی چې نوموړې ناروغۍ دکيمياوي درملنې او وړانګودرملنې په مټ ترسره کيږي. په پايله کې ناروغ ته دخپل ځان بنسټيزحجرې پيوند کيږي.

بلخوادعملياتودرملنه لکه resection دومره اغيزمنه نه ښکاري داځکه چې تومورپه ماغزوکې ډيرژورپروت وي. په يوازنۍ توګه د وړانګودرملنه هم دومره اغيزمنه نه ده داځکه چې نوي سلنه % 90 لمفاوی تومورونه دځه مودې ورسته په همغه ابتدايي ځای کې اويابل چېرته نږدی ځای کې ښرته راپيداکيږي .

کيمياوي درملنه د وړانګودرملنې سره يوځای هغو ناروغانوته چې عمريي دشپږتوکالوځخه ټيټ وي نسبتاًښې پايلې لري. د ساري په ډول کيمياوي درملنه د Methotrexate درمل په کارولوسره ډيره اغيزمنه نتيجه ورکړې ده . داځکه چې دوينې اوماغزوترمنځ غشاحاجز الدم في الدماغ blood–brain barrier ځخه نومورې درمل تېرېدلای شي. بلخوا ستاندارديکيمياوي درمل مرکب لکه CHOPاغيزمن نه دي داځکه چې دوينې اوماغزوسدځخه نه شي تېريدلای. دکيمياوي درملنې ځخه وروسته دسر ټول مغزته وړانګيزه درملنه ورکول کيږي په دې توګه چې ځلوينښت ګړي 40 Gy انرژي ډوزفزيکي پلان حجم ته ورسيږي. ناروغ ته هره ورځ دوه ګړي فرکشن 2 Gy fraction دځلورواونيوپه موده کې اوپه هره اونۍ کې پنځه ځله ورکول کيږي.

د انډکشن induction درملنې رژيم regimes ښوول شوی دی اوهغه چاته ورکول کيږي چې عمريي داويياکالوځخه ټيټ وي					
1	Methotrexat*	3,5	g/m²	Infusion. (3 h 15')	day 1
	Cytarabin	2 x 2	g/m²	Infusion. (1 h)	day 2 and day 3
2	دلوړډوزکيمياوي درملنې رژيم				
	Rituximab	375	mg/m²	Infusion	day –7
	BCNU	400	mg/m²	Infusion. (1 h)	day –6
	Thiotepa	2 x 5	mg/kg	Infusion. (2 h)	day –5 and –4
	A SCT				day 0

٦- ١جدول : داعصابومرکزي سيستم لمفاوي سرطان کيمياوې درملنې دوه رژيمونه regimes ښوول شوي دي. په نومورې جدول کې ASCT = Autologous stem cell transplantation دوينې بنسټيزحجروپيوند کول معنی لري .

دسږې سرطان : (Lung cancer)

دسږي سرطان خبيث تومور لږځه 98% تشکيلوي اونښې نښانې يې ډيروروسته پيل کيږي . نومورې خبيث تومردسږوپه نسجونوکې دسرطاني حجروبې کنترولە ډېرښت اوپه خپل سريوه ناڅاپه پيل کيږي. دسږي ابتدايي تومورونه دسږي اپيتليل حجرو epithelial cells ځخه سرچينه اخلي.

دسږي سرطان لومړنۍ نښې نښانې ټوخيدل، خستګی ، دهډوکودرد، په خراشکی (بلغم) کې وينه اچول،دوزن کمښت،دسابندښت اودسينې درددی . دنومورې سرطان ترټولواړين لامل سګرټ ځکول دي. هغه کسان چې تراوړدې مودې پورې سګرټ ځکوي لږځه 80–90% کسان دسږي په سرطان اخته کيږي. همدارنګه په ذهرجنوبيالوژيکې ،کيمياوي کارسينوګنموادو لکه asbestos ،ارثي Genetics ، زهرجن فلزات، راډيواکټيف موادو لکه رادون ګاز، ديورانيم اوپلوتونيم ګاما وړانګې اودچاپېريال ککړتيانورعمده لاملونه تشکيلوي. دسږي سرطان دطبي آلاتولکه دسينې راډيوګراف اوسي ټي CT په مټ پېژندل کېدای شي.

ترټولودباوورټتشخيص کړنلاره دسږي شکمن ځای څخه دبرونکوسکوپی bronchoscopy په ترڅ کې دنسجونونمونه biopsy اخيستل دي. دسږي ابتدايي تومورډبدن نوروبرخوته لکه مقابل سږي برخه،ينه،ماغزو،هډوکو،پښتورگو اوزړه ته مېتاستاز کوي. لږڅه لس سلنه برخه ناروغان دسږي سرطان نښې نه حس کوي په داسې حال کې چې دناروغۍ دپېژندنې په ترڅ کې نوروغړوته خپورشوی وي. دسږي سرطان يوخوادتومورغټوالي،د مېتاستاز خواصودرلودلواوخپريدلوپربنسټ TNM اوبلخوا دهستولوژي څېړنو په ترڅ کې دحجروتوپيرلرونکي ډولونو پر اساس ډلبندي کيږي.

دسږي ابتدايي سرطان دوه عمده ډولونه شته دي چې د کوچنۍ حجرې سږي سرطان small-cell lung carcinoma (SCLC) اودغيرکوچنۍ حجرې سږي سرطان د non-small-cell lung carcinoma (NSCLC) په نو يادېږي .

لومړی :

دسږي کوچنۍ حجرې سرطان small-cell lung cancer(SCLC)

يوډيرخبيث تومورډی چې په سږي، درحم غاړې او پروستاټ غده کې منځ ته راځي. دنومورې تومورحجرې دسالمونارمل حجروپه پرتله کوچنی دي اوناتوپيرشوی نل لري. اتياسلنه برخه دغدواپيتل epithel څخهAdenocarcinoma ، څلويښت سلنه د غِشاء های مُخاطي اودپوستکې اپيتل څخه سرچينه اخلي.

د کوچنۍ حجرې سږي سرطان په لوړه کچه خبيث سرطان دی چې په سږي کې منځ ته راځي . دنومورې سرطان درملنه دکيمياوي موادواو راډيوتراپي په مټ ترسره کيږي اودسږي سرطان **% 15** برخه تشکيلوي .

دويم :

دسږي ناکوچنۍ حجرې سرطان : non-small-cell lung cancer (NSCLC)

دسږي اپيتل حجرويوډول سرطان دی چې دکيمياوي درملنې پروړاندې برخلاف د SCLC په پرتله دومره اغيزمن حساسيت نه لري. همدالامل دی چې دنومورې سرطان درملنه دعملياتوپه مټ ترسره کيږي. خوبياهم مرستندويه کيمياوي درملنه دعملياتو څخه دمخه (neoadjuvant chemotherapy) اويادعملياتو څخه وروسته (adjuvant chemotherapy). ورکول کيږي. نومورې تومورډسږي يوډول حجرو څخه سرچينه اخلي چې سلول سنګفرشی يا squamous cell په نوم يادېږي.

دغيرکوچنۍ حجرې سږي سرطان دسږي په epithelial کې منځ ته راځي اودرملنه يې دعملياتوپه مټ ترسره کيږي اودسږي سرطان لږڅه % 85 برخه تشکيلوي .

دسږي سرطان نښې نښانې عبارت دي له :

ټوخيدل ، په خراچکي **sputum** کې وينه دوزن کمښت ، سا تنګي اوپه سينه کې دردحس کول دي .

دسږي سرطان لاملونه عبارت دي له :

دچاپېريال ککړتيا، په تکاويوکې درادون ګازتنفس کول . دکيمياوي زهرجنو موادولکه **Asbest** سره کارکول . دسږي سرطان لږڅه ٪۸۵ په هغو خلکوکې پيداکيږي چې سګرټ څکوي . دسږي سرطان تشخيص دبيوپسې biopsy کړنلاري اويادbronchoscopy کړنلارې اويا **CT** آلې په مټ ترسره کيږی .

- **دسړي سرطان درملنه :**

دسړي ابتدايي تومور رغوونکې درملنه :(curative treatment) په لاندې ډول ده :

a) دسړي کوچنۍ حجرې سرطان درملنه (small-cell lung cancer(SCLC **:**

دسړي کوچنۍ حجرې سرطان درملنه د وړانګواوکيمياوي درمل په مټ ترسره کيږي . داځکه چې نوموړی سرطان ډيريرغل کوونکی ډول دی او حجرې يې په ډيرلوړفريکونس سره ويشل (mitosis)کيږي . بلخواد اکس وړانګواوکيمياوي درمل سره ډيرحساسيت ښيي . همدالامل دی چې دنوموړي سرطان درملنه په عادي توګه دلومړي پړاوڅخه تردرېيم پراوپورې Stages I-III disease د وړانګواوکيمياوي درمل په مټ ترسره کيږي . په لومړی ورځ Cisplatin 60 mg/m2 اوetoposide 120 mg/m2 اوورپسې دلومړی ورځي څخه تردرېيمې ورځي پورې هره يوو يشتمه ورځ دځلورڅخه ترشپږدورې پورې ورکول کيږی. د وړانګودرملنه دکيمياوي درملنې په لومړی اويادويمه دروه کې پيل کيږي. دکيمياوي درملنې سره په ملګرتياکې د وړانګې درملنه هم يوځای کيږي ترڅويوې خوادناروغ عمر موده اوږده شي اوبلخوادناروغۍ ببرته را ګرځيدنې مخنيوی شوی وي . په مجموع کې پنځوس ګرې 50 Gy اوهره ورځ دوه ګرې 2 Gy کلييزيکي نښې حجم ته ورکول کيږی.

که چېرته دسړي کوچنۍ حجرې سرطان ځلورم پړاوته رسيدلی وي T3-4 اودسړي څخه بهر ګاونډيوغړوته خپورشوی وي او مېتاستاز يې په غړوکې توليد کړې وي نودرملنه يې يوازي دکيمياوي درمل په مټ يعنې پرته له وړانګو ترسره کيږي .

دبيلګې په توګه : په لومړی ورځ Cisplatin 60-80 mg/m2 اوetoposide 80-120 mg/m2 اوورپسې دلومړی ورځې څخه تردرېيمې ورځې پورې هرې يوويشتمې ورځې څخه تراته ويشتمې ورځې پورې دځلوروڅخه ترشپږدورې پورې ورکول کيږي. ددې لپاره چې په ماغزوکې مېتاستاز منځ ته رانشي نوداحتياط اومخنيوي په موخه ټول ماغزه د وړانګوپه مټ رېښاکيږي .

b) دسړي ناکوچنۍ حجرې سرطان درملنه: (NSCLC) non-small-cell lung cancer :

دسړي اپيتل حجرويوډول سرطان دی چې دکيمياوي درملنې پروړاندې د SCLC په پرتله دومره حساسيت نه لري. همدالامل دی چې دنوموړي سرطان درملنه دعملياتوپه مټ ترسره کيږي. خوبياهم مرستندويه کيمياوي درملنه دعملياتو څخه دمخه (neoadjuvant chemotherapy) اويادعملياتو څخه وروسته (adjuvant chemotherapy). ورکول کيږي. نوموړی تومورډسړي يوډول حجرو څخه سرچينه اخلي چې سلول سنګفرشی يا squamous cell په نوم يادیږي.

لومړي اودويم پړاو: Stadium I-II :

که چېرته دسړي ناکوچنۍ حجرې سرطان (NSCLC) په بيخي ابتدايي پړاوکې وي اودسړي ګاونډي لمفاوي غدوته خپورشوی نه وي نوستانداردرملنه يې دعملياتوپه مټ ترسره کيږي. په هغه چاکې چې عمليات يې ناشوني وي نود وړانګودرملنه ورکول کيږي. همدارنګه که چېرته دتومورغټوالی دځلورسانتي مترڅخه واوړي اوتومورګاونډيو لمفاوي غدوته خپورشوی وي اودويم پړاوته رسيدلی وي نودعمليات څخه وروسته يوه مرستندويه Adjuvant کيمياوي درملنه ورکول کيږي. د ساري په ډول لاندې کيمياوي درملنې رژيم تجويزکيږي: په لومړی ورځ اواتمه ورځ Cisplatin 50 mg/m2 ورسره يوځای vinorelbine 25 mg/m2 په لومړی،اتمه،پنځلسمه، اودوه ويشتمه ورځ هره اته ويشتمه ورځ ترڅلورودوروپورې ورکول کيږي.

درېيم پړاو : Stage IIIa , IIIb disease :

که څه هم دنومورې پړاولپاره هم دعملياتودرملنه اړين ده خوډيرلږ يعنې لس سلنه ناروغان دعملياتوکانديدان وي . که چېرته دعملياتو په ترڅ کې ښکاره شي چې دسينې لمفاوي غدوته تومورخپورشوی دی نو دعملياتو څخه وروسته په خپل وارسره کيمياوي مرستندويه اود وړانګو مرستندويه Adjuvant درملنه ورکول کيږي. که تومردسينې څخه بهرنوروګاونډيوغړوته مېتاستازکړی وي نودعمليات درملنه دومره ګټوره نه تمامېږي. پرځای يې همزمان کيمياوي اود وړانګودرملنې سپارښتنه کيږي.

دبېلګې په توګه : په لومړی ،اتمه،نهه يوويشتمه،اوشپږديرشمه ورځ باندي Cisplatin 50 mg/m2 ورسره يوځای plus etoposide (VP-16) 50 mg/m2 دلومړی ورځې څخه ترپنځمې ورځې پورې اوبيادنهه ويشتمې ورځې څخه تردرديرشمې ورځې پورې ورکول کيږي.

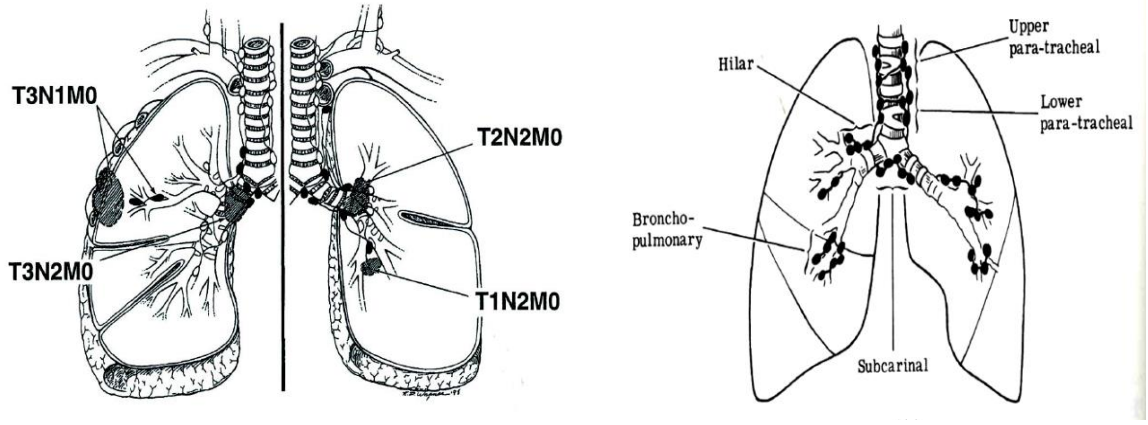
دبېلګې په توګه په لومړی اونهه ويشتمه ورځ باندې Cisplatin 100 mg/m2 اوپه لومړی،اتمه،پنځه لسمه،دوه ويشتمه اونهه ويشتمه ورځ باندي /vinblastine 5 mg/m2 په اونۍ کې ځلورځله ورکول کيږي. ورپسې د وړانګودرملنه په پنځوسمه ورځ پيل کيږي.

ځلورم پړاو: Stadium IV :

دسږي سرطان ځلورم پړاو علاج ناشونی دی داځکه چې تومورديدن ډيروغړوته دمېتاستازله لارې خپورشوی وي. ناروغ ته يوازې دردکموونکې ياپالياتيف palliative درملنې په موخه کيمياوي درمل ورکول کيږي ترڅودناروغ په بدن کې دردکمښت ومومي اودناروغ دژوندکيفيت ښه شي. دبېلګې په توګه کيمياوي درملنې رژيم په لاندې ډول تجويزکيږي. په لومړی ورځ Cisplatin 75 mg/m2 اوpaclitaxel 175 mg/m اوهره يوويشتمه ورځ دځلوروځخه ترشپږدورې پورې ورکول کيږي.

دسږي سرطان مرحله بندي : Lung cancer staging

دسږي سرطان ددرملنې وړاندوينه اودرملنه دخبيث تومورديپراختيادرجه، اودنومورې تومورداصلي ځای څخه بل ځای ته خپريدل دي . همدالامل دی چې دسږي تومورپرمختګ پړاوونه د TNM سيستم پر اساس درجه بندي کيږي .

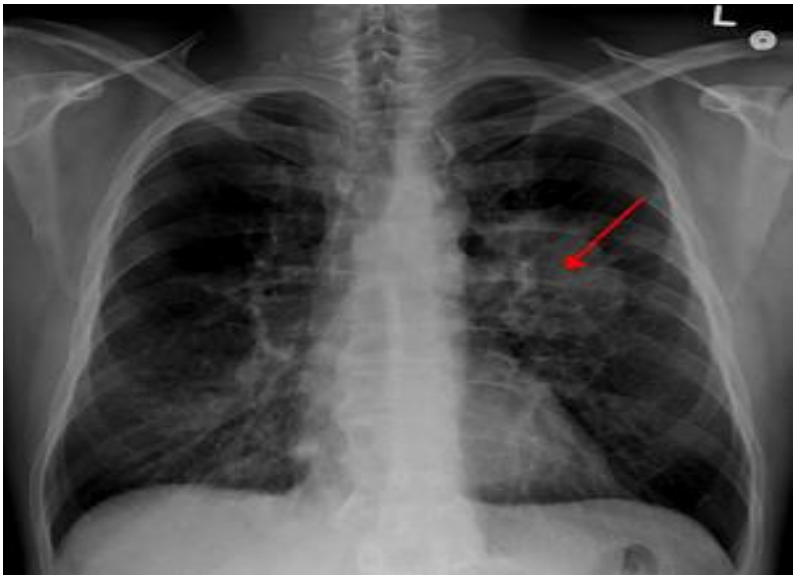


۱۶- ۲۶ شکل : : په ښي خواکې دسږي لمفاتيک ځانګو بهير کښل شوی دی . په کيڼ خواکې دسږي تومورپرمختګ پړاوونه د TNM سيستم پر اساس ښوول شوي دي. په نومورې ډلبندي کې دتومورلپاره T = Tumor ، د لمفا وې غوټې لپاره N = Node اودميتاستازلپاره د M حرف کارول کيږي. دبېلګې په توګه T1N2Mo داسې معنی لري چې

دتومورغټوالی تردوه سانتي پورې رسيږي ، تومورپوې لمفاوي غوټې ته نفوذکړی دی اوګاونډيوغړوته سرطان نه دی خپورشوی اومیتاستازشتون نه لري .

دسږي سرطان پېژندنه : Diagnosis

دسږي سرطان پېژندنې په موخه لومړی ګام داکس وړانګوپه مټ دسينې راديوګراف chest radiograph اخيستل دي . کمپيوترتوموګرافي ياسي ټي تصوير CT imaging يوه بله کړنلاره ده چې دسږي سرطان دتومور ډول اودتومورپراختياپه ډاګه کوي . دسږي سرطان دباورو اومعياري پيژندنه دبيوپسي Biopsy کړن لاري په مټ ترسره کيږي چې دسږي اړوندبرخې څخه يوه نمونه اخيستل کيږي اودتومور histopathology جوړښت ترڅيړنې لاندې نيول کيږي .





١٦- ٢٧ شکل: په پورتني شکل کې دسينې اکس وړانګو راډيوګراف ښوول شوی دی. د راډيوګراف په کينې خواسږې کې يوتومورتشخيص شوی دی چې ديوې پنډې سپينې کتلې په ډول ښکاري. په لاندې شکل کې همدغه تومورډسې ټې CT slice په وړانګيزسلايزکې يوځل بيا په يوه کرښه کښل شوی دی .

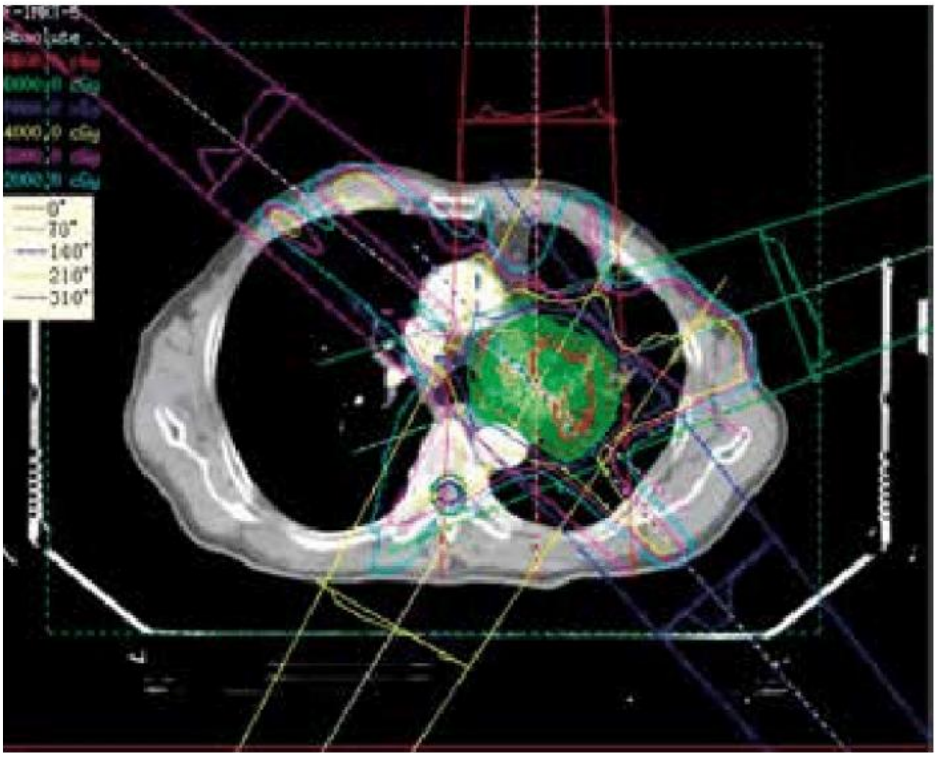
دسږي سرطان رادیوتراپي : Lung Cancer Radiotherapy

دسږي سرطان راډيوتراپي د خبيث تومورډول اوپراوونو Stage سره سم ترسره کيږي . دسږي سرطان رادیوتراپي چې موخه يې رغوونکې درملنه وي curative هغه مهال ناروغ ته ورکول کيږي کله چې ناروغ دنوروناروغيو اوفکټورونو له امله دعملياتولپاره مناسب نه وي . همدارنګه دعملياتوڅخه وروسته ناروغ ته راديوتراپي ورکول کيږي ترڅودعملياتوپه ترڅ کې لا ژوندی پاتې شوې تومورحجرې له مينځه يووړل شي اودسږي سرطان دبيرته راګرځيدنې مخه ونيول شي. دعملياتوڅخه دمخه هم ناروغ ته راديوتراپي درملنه ورکول کيږي ترڅودتومورحجم کوچنی شي اوعمليات اسانه شي . ددې لپاره چې دسږي خبيث تومورددبدن نوروبرخولکه ماغزو اوهډوکوته خپورنه شي نواړين ده چې راديوتراپي درملنه ترسره شي .

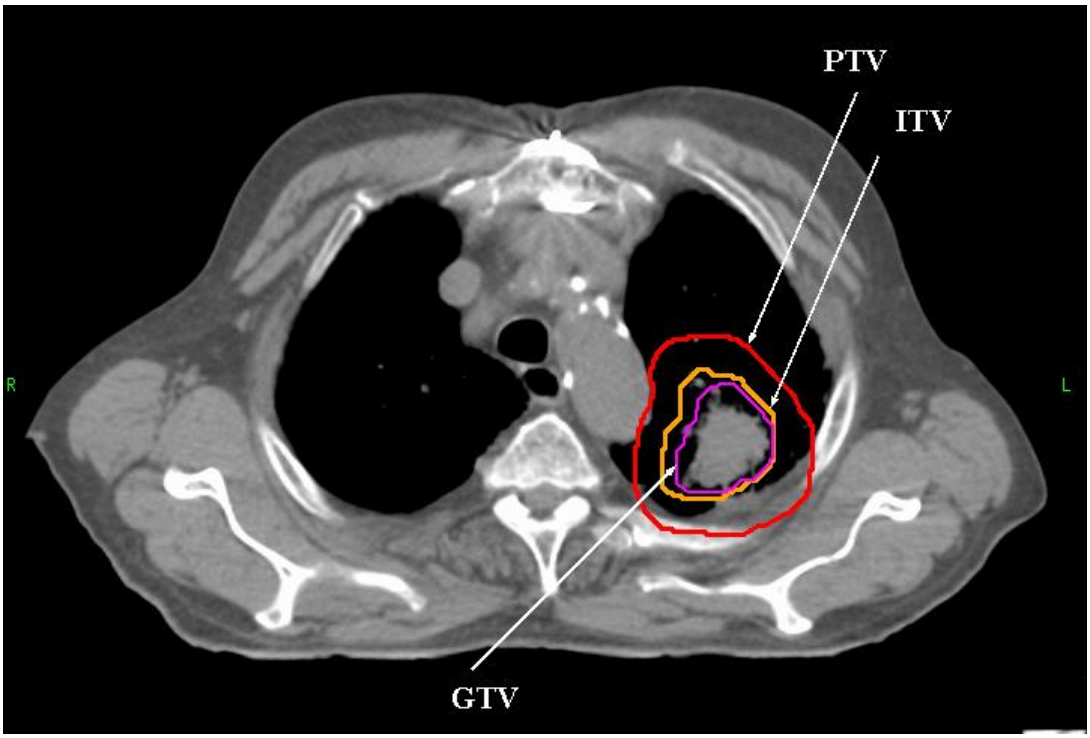
که چېرته دسږي سرطان دبدن نوروغړوته خپورشوی وي اوناروغ ناوړه نښې نښانې ولري لکه ټوخيدل ،درد، دوينې بهيدل اوداسې نوردرواخله نواړين ده چې دناروغ دتسکين کولوپه موخه راديوتراپي درملنه ترسره شي . په ١٦- ٢٨شکل : کې دسږي سرطان راديوتراپي عملي کړنلاره ښوول شوې ده .



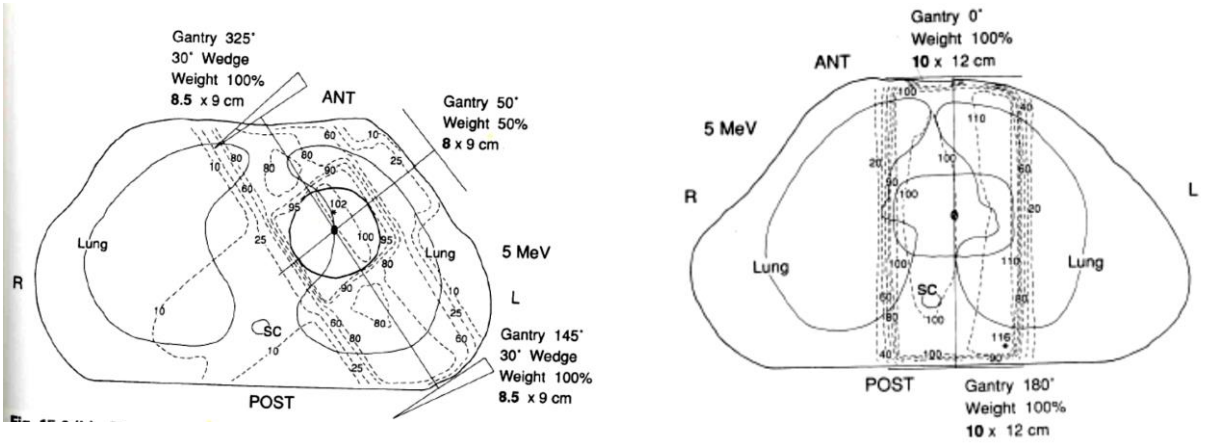
١٦- ٢٨شکل : دسږي سرطان راديوتراپي عملي کړنلارې عکس ښوول شوې ده . لوړانرژي فوتون وړانګې دخطي تعجيل کوونکي ماشين منبع څخه راوځي اودناروغ په سينه باندې لګيږي .



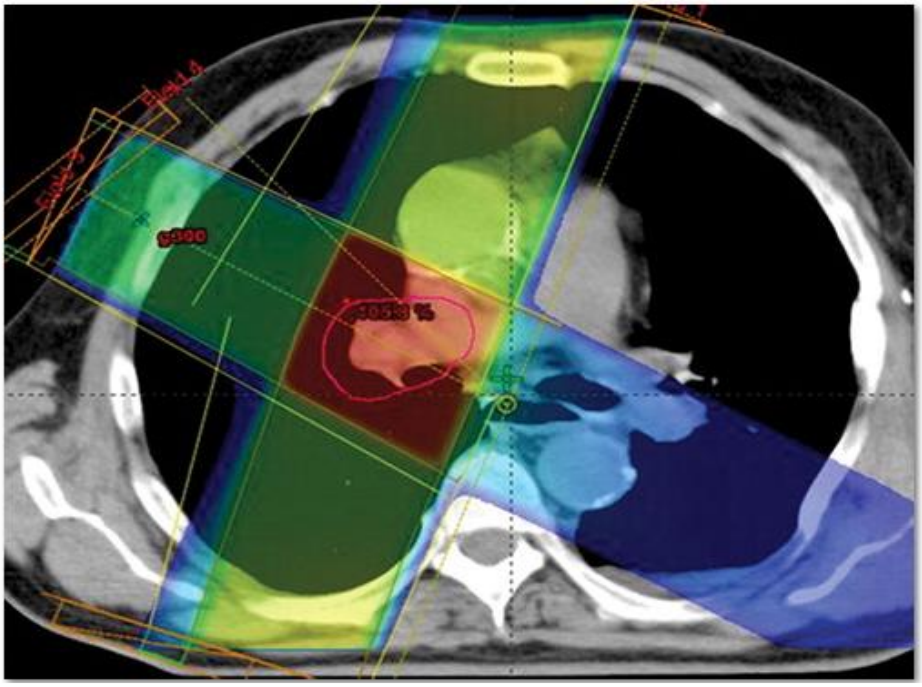
١٦- ٢٨ الف شکل : دسي ټي په سلايس **CT Slice** کې دکين خواسړي سرطان پېژندل شوی دی چې دپلان نښې حجم **PTV** دپنځوخواڅخه دفوتون وړانګوساحوپه مټ رښاکيږي .



١٦- ٢٩ شکل : دسي ټي په سلايس CT Slices کې د 50 report (ICRU) راپورپه اساس دسړي سرطان خبيث تومور توپيرلرونکي حجمونه تعريف شوي دي .



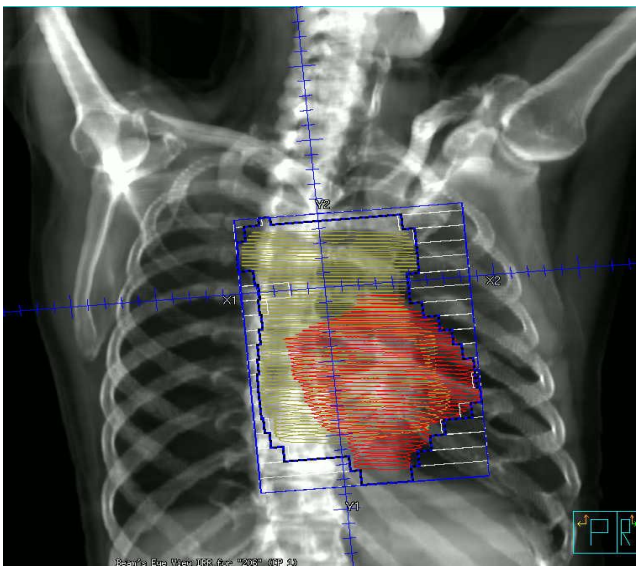
١٦- ٢٩ الف شکل : په ښي خواشکل کې دسږي سرطان دپلان نښې حجم **PTV** دسيني منصف **Mediastinum** په مرکزي برخه کې شتون لري اوله دې کبله ددوومقابل خواوړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي . په کين خواشکل کې دسږي سرطان دپلان نښې حجم **PTV** دسيني منصف په کين خواکې موقعيت لري اوددريووړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي . دفزيکي پلان حجم **PTV** په يوه ټرلې دايروي کرښه کښل شوی دی .



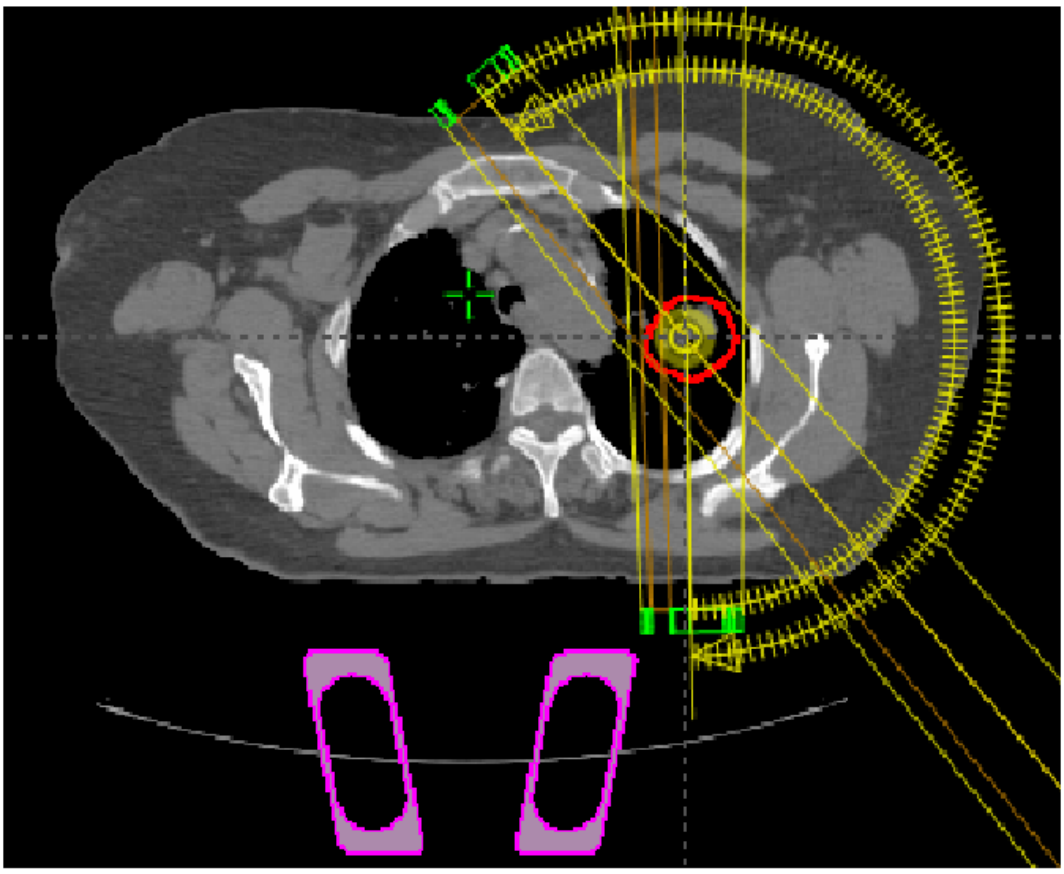
١٦- ٣٠ شکل : دسي ټي په سلايس **CT Slice** کې دښي خواسږي سرطان پېژندل شوی دی چې ددووخواځخه دفوتون وړانګوساحوپه مټ رڼاکيږي . دفزيکي پلان حجم **PTV** په يوه ټرلې کرښه کښل شوی دی .

دسږي سرطان راديوتراپي لپاره دتومورتوپيرلرونکي حجمونه ډيراړين دي . په ١٦- ٢٩شکل کې د 50 report (ICRU) راپورپه اساس دسږي سرطان خبيث تومور توپيرلرونکي حجمونه په لاندې ډول تعريف شوي دي

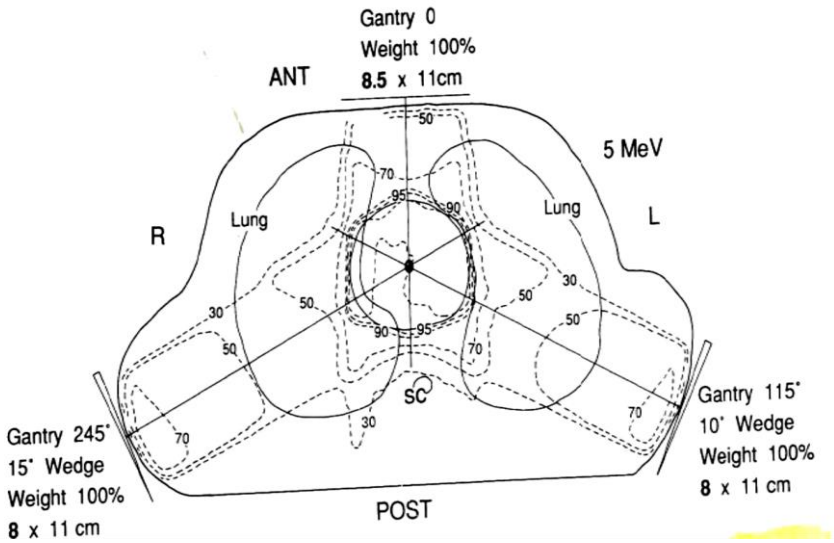
gross tumour volume (GTV) ، clinical target volume(CTV) ، planning target volume(PTV)



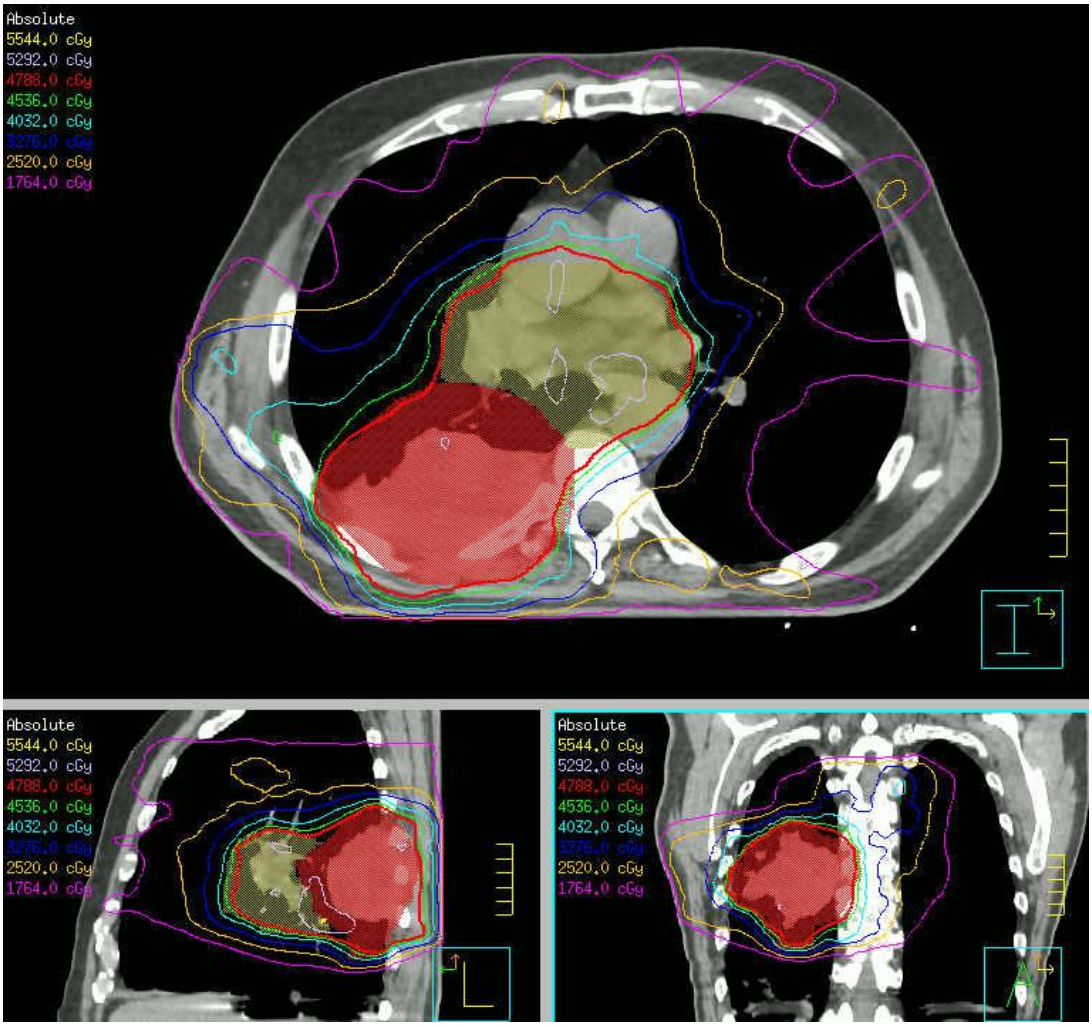
١٦- ٣١ شکل: دسړي تومورکلينيکي نښې حجم په درې بعده DRR راډيوګراف کې کښل شوی دی چې دملټي ليف کوليمټز MLC په واسطه احاطه شوی دی . د وړانګوساحه دماشين لړځه صفردرجي څخه کارول شوې ده.(14)



١٦- ٣٢ شکل : دسي ټي په سلايس **CT Slice** کې دښې خواسړي سرطان بوست حجم **Boost** راډيو تراپي پلان کښل شوی دی چې ددوو مقابل خوا څرخېد ونکووړانګوساحوپه مټ رښاکيږي . نوموړې کړنلاره د **Arc Radiotherapy** په نوم يادېږي . دفزيکي پلان حجم **PTV** په يوه دايروي کرښه کښل شوی دی



١٦- ٣٣ شکل : دبرونش سرطان **Bronchus cancer** راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی چې د منصف **Mediastinum** په مرکزي برخه کې موقعيت لري . نوموړی سرطان دشي خواڅخه اوکين خواڅخه په دوو مايلو وړانگيزوساحو اودمخامخ خواڅخه سم سيخ په يوه وړانگيزه ساحه رڼاشوی دی .



۱۶- ۳۴ شکل: دسي ټي CT په سلايسونوکې دسړي تومورکلينيکي نښې حجم CTV اوپه شاوخوايې د وړانگودرملني فزيکي پلان حجم PTV دبدن په توپيرلرونکوپړې شووسطحوکې لکه Sagittal, Frontal, transverse plane ښوول شوی دی. دسړي دپلان نښې حجم PTV دپنځه نوي سلنې ايزوډوزکرښې Isodose څخه محدودشوی دی. په پورتني فزيکي پلان کې کلينيکي نښې حجم دډيروخوا وړانگيزوساحوپه مټ رڼاشوی دی خوپه سي ټي سلايس کې نه دي ښوول شوي. . (14)

دانرژي ډوزويش پلان :

درغوونکې ناکوچنۍ حجرې سرطان (NSCLC) درملنې لپاره 55 Gy په شلوورځوکې اوهره برخه يې په ورځ کې 2,75Gy دځلوراونيوپه موده کې ورکول کيږي.

مرستندويه Adjuvant ناکوچنيوحجروسرطان (NSCLC) درملنې لپاره 50 Gy په شلوورځوکې اوهره برخه يې په ورځ کې 2,5Gy دځلوراونيوپه موده کې ورکول کيږي.

درغوونکې کوچنۍحجرې سرطان (SCLC) درملنې لپاره 40 Gy په پنځه لسوورځوکې اوهره برخه يې په ورځ کې 2,67Gy ددريواونيوپه موده کې ورکول کيږي.

دردکموونکې ياپالياتيف Palliative درملنې لپاره دوه رژيمونه ديادولووړدی.

لومړی رژيم: په يوه ځل باندې لس ګرې 10 Gy ورکول کيږي

دويم رژيم: په ټولیزه توګه شپاړس ګرې 16 Gy په دووبرخوکې ورکول کيږي اوهره برخه يې اته ګرۍ8 Gy وي.

په لاندې جدول کې دسړي سرطان دمنځه وړلولپاره دانرژي ډوزاندازه تشريح شوې ده .

Dose-fractionation

■ Curative NSCLC

55 Gy in 20 daily fractions of 2.75 Gy given in 4 weeks.
66 Gy in 33 daily fractions given in 6½ weeks.

■ Adjuvant NSCLC

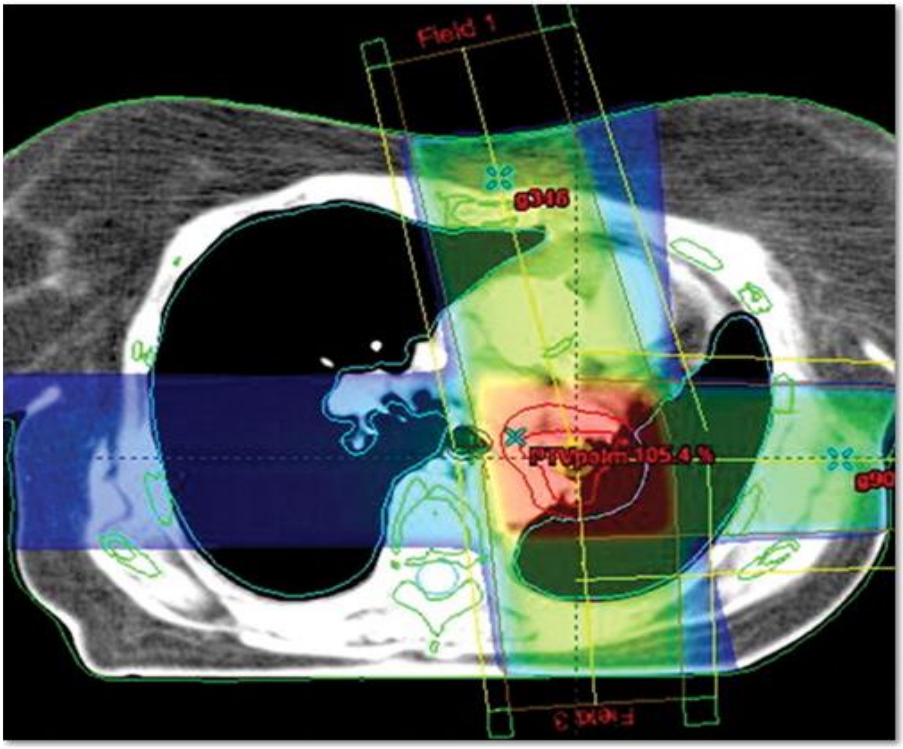
50 Gy in 20 daily fractions of 2.5 Gy given in 4 weeks.
60 Gy in 30 daily fractions given in 6 weeks.

■ Curative SCLC

40 Gy in 15 daily fractions of 2.67 Gy given in 3 weeks.

Consider

66 Gy in 33 daily fractions given in 6½ weeks
or
45 Gy in 30 fractions of 1.5 Gy treating twice daily given in 3 weeks.



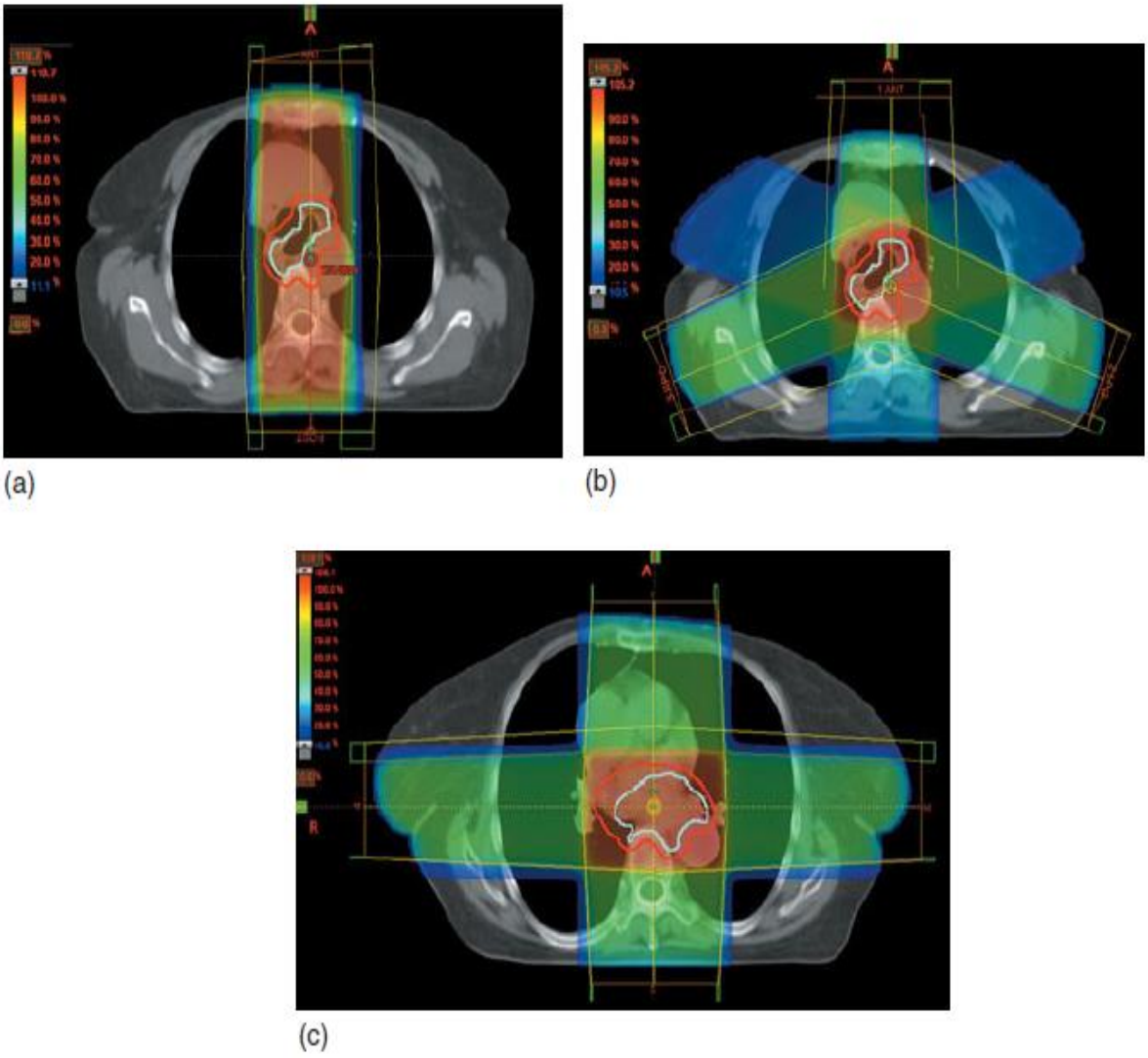
۱۶- ۳۵ الف شکل: دسي ټي **CT** په سلايسونوکې دسړي تومورکلينيکي نښې حجم **CTV** اوپه شاوخوايې د وړانگودرملني فزيکي پلان حجم **PTV** ښوول شوی دی. دسړي دپلان نښې حجم دپنځه نوي سلنې ايزوډوزکرښې **Isodose** څخه محدودشوی دی. په پورتني فزيکي پلان کې کلينيکي نښې حجم يه کين خواسړي کې موقعيت لري اودځلورو وړانگيزوساحوپه مټ رښاشوی دی . **(14)**

دمری سرطان : Esophageal cancer

دمری سرطان يوډېرخبيث تومورډی چې دپنځوکالوڅخه وروسته يوازې 20% ناروغان ژوندي پاتې کيږي اوکه چيرته نوموړې ناروغي دبدن بل ځای ته وغځيږي نويوازې **3%** ناروغان دنوموړې مودې څخه وروسته ژوندي پاتې کيږي . دمری سرطان کلينيکي نښې نښانې وچ ټوخيدل ، صدري درد،په استفراغ کې وينه ،قی کول، دخوراک تيرولوپه ترڅ کې درد،دوزن کمښت، داوازځيږوالی اونور.

دمری سرطان دوه عمده خبيث تومورونه شته دي چې د squamous-cell carcinoma اودadenocarcinoma په نوم يادیږي . دمری سرطان لامونه عبارت دي له : سگرت څکول ،الکول ،ډېرتاوده مايع څښل، کله چې دمعدې اسيدمری ته راپورته شي اودردمنځ ته راشي نودمری دردادودزړه ايشيدل ،سوزش سردل منځ ته راځي چې د Gastroesophageal reflux ناروغی په نوم يادیږي اودمری سرطان لامل گرځي.

دمری سرطان تشخيص د endoscope تخنيکې آلې په مټ ترسره کيږي چې داړونده ځای څخه دبيوپسې Biopsy نمونه اخيستل کيږي .که چيرته دمری سرطان حجم کوچنی وي نودرملنه يې دجراحي له لارې ترسره کيږي . که دنوموړي سرطان کتله غټه وي بيانودکيمياوي درملنې لکه (5FU) او راډيوتراپي څخه گټه پورته کيږي . که چيرته دمری سرطان طول دپنځه سانتې مترڅخه (5_ cm) کوچنی وي ، اوناروغ جراحي اوکيمياوي درملنې ته چمتوکيدلای نه شي نوپه نوموړي حالت کې ناروغ ته د راډيوتراپي درملنه ورکول کيږي .



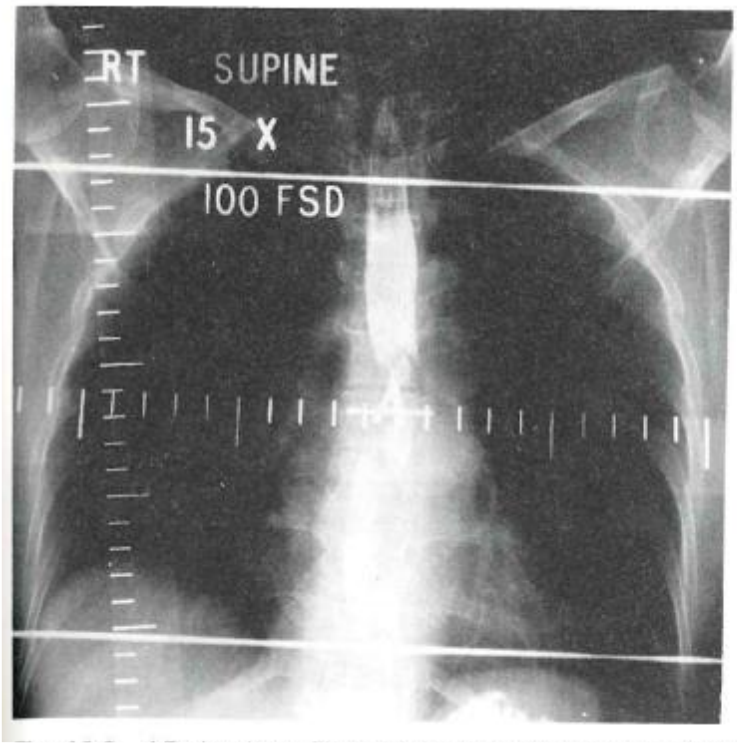
۳۶-۱۶ شکل : دمرۍ سرطان دخپرېدنې درجې T3N1 stage لپاره د راډيوتراپي توپيرلرونکي وړانګيز پلانونه PTV کښل شوي دي .

a) دپلان تارګټ حجم PTV دمخ خوا اوښتې خوادومقابل وړانګوپه مټ رښاکيږي . په نوموړي پلان کې سږي ته لږاکس وړانګې رسيږي خو زړه اودنخاع طناب ته ډيرې اکس وړانګې رسيږي .

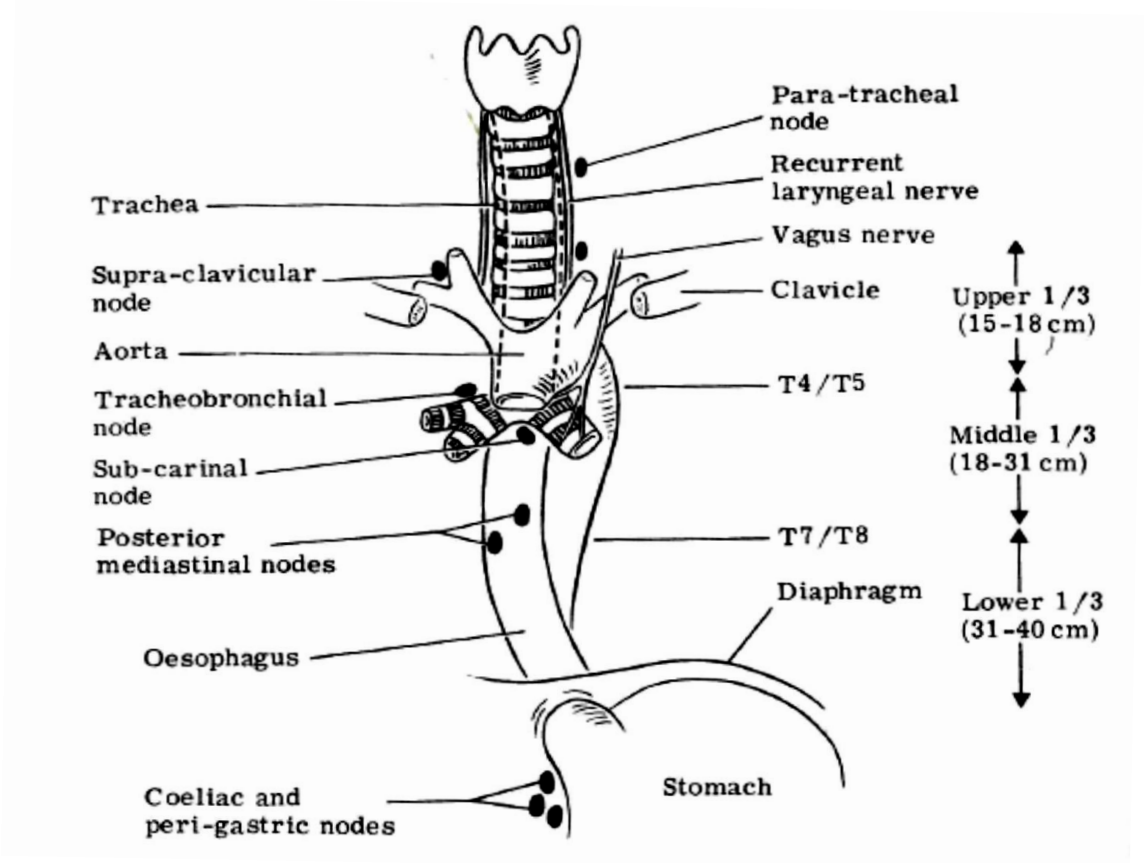
b) دهمدغه T3N1 تومور ددربو وړانګيزو ساحوپه مټ رښاکيږي . په نوموړي پلان کې سږي ته ډيرې اکس وړانګې رسيږي خو دنخاع طناب ته لږاکس وړانګې رسيږي .

c) همدغه T3N1 تومردځلوروړانګيزوساحوپه مټ رښاکيږي . په پايله کې سږي اودنخاع طناب ته نسبتاً لږاکس وړانګې رسيږي اودپلان تارګټ حجم PTV په منځ کې دانرژي ايزوډوزويش متجانس بڼه ځانته غوره کوي .

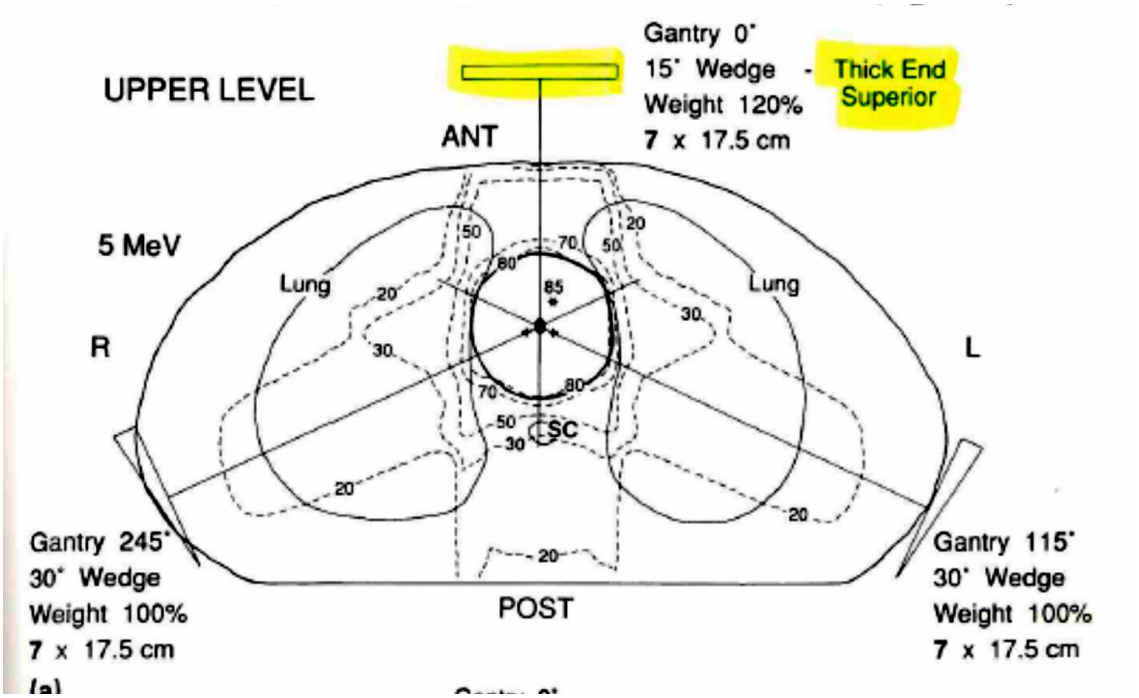
دمرۍ سرطان راډيوتراپي لپاره دتجويزشوې انرژي پلان په لاندي جدول کې ليکل شوی دی .



١٦- ٣٧ شکل : دمرۍ اکس وړانګوراډيوګراف اخيستل شوی دی چې ددرملې په موخه ناروغ ته د Barium مواد ورکړل شوي دي اوله دې کبله مرۍ په سپين رنګ مالوميږي .



١٦- ٣٨ شکل : دمرۍ Oesophagus په شاوخواکې د لمفا تيک غوټو Nodes ځايزويش کښل شوی دی .



۱۶- ۳۹ شکل : دمرې سرطان پورتنۍ لیول Upper Level لپاره د راډیوتراپي پلان PTV کښل شوي دی چې ددریووړانګیزوساحوپه مټ رڼاکیږي . دوړانګوساحې ایزوسنټر دPTV په مرکزکې موقعیت لري . دانرژي ایزوډوزویش په پرې شووکرښو اودمرۍ سرطان حجم په یوه ګرده ناپرې شوې کرښه ښوول شوي دي . دنخاع شوکي لنډیز په sc لیکل شوی دی اولږخه 30% انرژي ډوزورته رسیږي . په داسې حال کې چې PTV د 85% ایزوډوزمنحنې څخه محدودشوی دی .

Dose-fractionation

■ Oesophagus

Definitive radiochemotherapy

50 Gy in 25 daily fractions with cisplatin-5FU given in 5 weeks reduced to 45 Gy in 25 daily fractions if radiochemotherapy is given preoperatively.

Curative radiotherapy

55 Gy in 20 daily fractions of 2.75 Gy given in 4 weeks.

Palliative radiotherapy

30 Gy in 10 fractions of 3 Gy given in 2 weeks.
or 20 Gy in 5 fractions of 4 Gy given in 1 week.

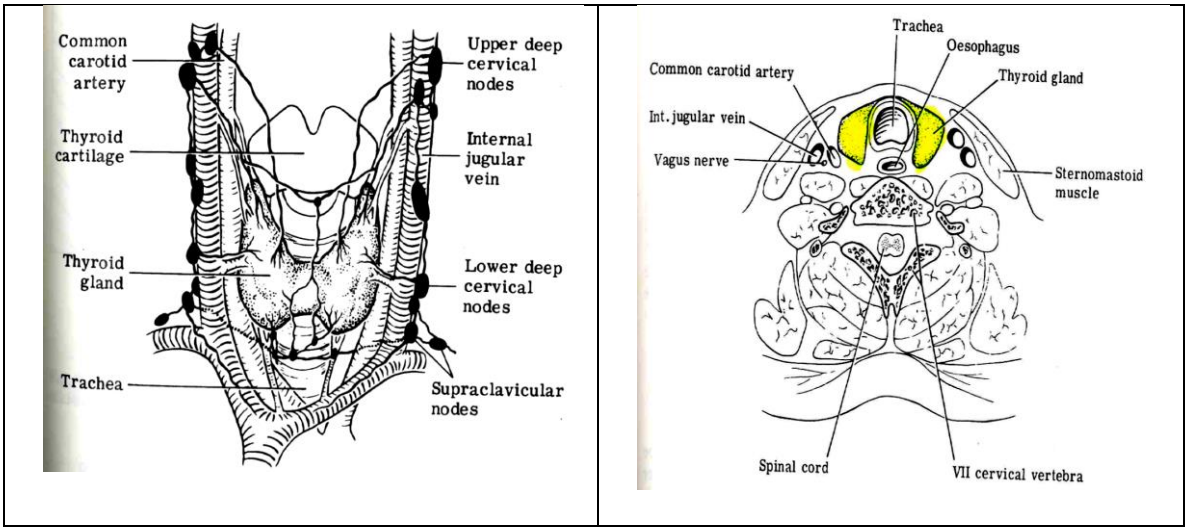
د تايروئيدغدې سرطان :(Thyroid gland cancer)

دتايروئيد غدې سرطان يوه خبيثه ناروغي ده چې د follicular اويا parafollicular حجروڅخه سرچينه اخلي.http://en.wikipedia.org/wiki/Parafollicular_cell

دتايروئيد غدې سرطان لومړی نښې نښانې په نوموړې غده کې د لمفاوي غوټو تشخيص کول دي چې دفزيکي معاينې په ترڅ کې پېژندل کيږي. په پيل کې داغوټې lymph node دردنه لري خوڅه موده وروسته بياپه غاړه کې دردمنځ ته راځي. بله نښه يې داده چې دخوراک په ترڅ کې په ستونې کې دردپيل کيږي اودغذايي موادوتيرول Dysphagia ستونځمن وي. آيونايز وونکي وړانګې اوپه تايروئيد غده کې دايودين Iodine کمښت کېدای شي دنوموړې غوټې دسرطان لامل وګرځي.

دالتراساوند تخنيکي آلې په مټ دتايروئيدپه غده کې لمفاوي غوټې په معياري توګه تشخيص کيدلا ی شي . همدارنګه دګوتوپه لمس کولوسره په تايروئيدغده کې لمفاوي غوټې تشخيص کيدلا ی شي. که چيرته ځوان ناروغان چې عمريې د ۴۵ کالونوڅخه کم وي او دتايروئيد غدې ځانګړي ډول Papillary thyroid cancer په سرطان اخته وي ،نو په لومړې ګام کې دنوموړې سرطان درملنه دعملياتوپه مټ ترسره کيږي . په نوموړې کړنلاره کې دتايروئيد غده بيخې ليرې کيږي چې د Thyroidectomy په نوم يادیږي . خوکه چيرته دلمفاوي غدې متاستازيس lymph-node metastases شتون ولري نوددرملنې په موخه دځينوانزايمونو اوکيمياوي موادولکه Tyrosine kinase inhibitor څخه ګټه پورته کيږي .

ديادولووړه چې دعملياتوڅخه وروسته ناروغ ته اړونده مصنوعي هورمونونه لکه L-Thyroxin ،او TSH بايدورکړل شي . همدارنګه دعملياتوڅخه وروسته دتايروئيد غدې ته يوراډيوکتيف ايزوټوپ لکه radioaktives Jod-131 ورکول کيږي چې په نوموړې غده کې ذخيره کيږي .نوموړی ايزوټوپ دبيتاوړانګې خپروي اوپه تايروئيد غده کې پاتې شوې سرطاني حجرې له منځه وړي . خوهغه ناروغان چې يوخوايې عمرډبروي اوبلخوا دتايروئيد غدې سرطاني حجروتشخيص په دقيق ډول پوره نه شي کيدلای نو په داسې يوه حالت کې ناروغ ته وړانګيزه درملنه ورکول کيږي .



۱۶- ۴۰ شکل : کينې خواته دتايروئيد غدې لمفا تيک Lymphatic بهير اوښې خواته په ساره پرې شوې اناتومي جوړښت کښل شوې ده .

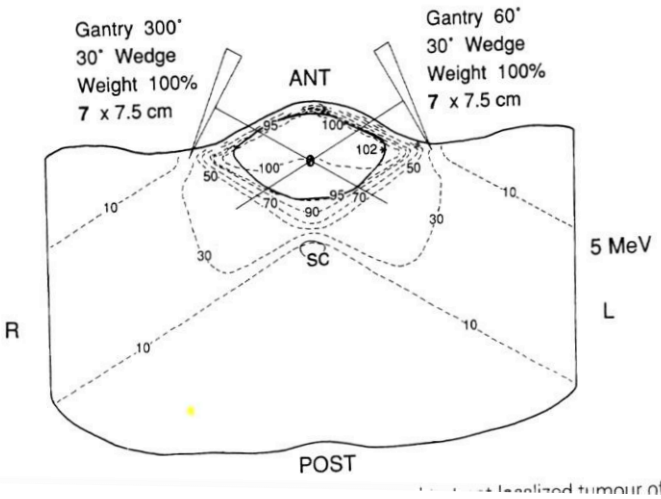
که چيرته دناروغ دتايروئيد غده د anaplastic thyroid carcinoma سرطان په ډول باندې اخته وي نوځرنګه چې نوموړی سرطان يوخواډيرپه چټکی سره خپريږي اوبلخوادعملياتوله لارې هم کومه ګټوره نه نتيجه نه ورکوي ،همدالامل دی چې دوړانګودرملنه ورکول کيږي

- **د تايروئيدغدې سرطان درملنه :**

که چېرته دتايروئيد غدې سرطان په ابتدايي پړاوکې وي خوپه بيالوژيکي تړاوددپيريرغل کوونکو سرطانونو په ډله کې وي نودانتخاب بنسټيزه طريقه يې يوازې دعملياتوکړنلاره ده چې د thyroidectomy په نوم يادېږي. ورپسې د راډيواکتيف ايوډين ۱۳۱ iodine http://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_iodineپه مټ وړانګې ورکول کيږي. نوموړی راډيواکتيف ايزوټوپ دپيچکاری له لاري وينې جريان ته ورننوځي اودبدن نوروغړوپه پرتله دتايروئيد په غده کې خوراډيرذخيره کيږي. ايوډين راډيواکتيف ايزوټوپ بېتاوړانګې beta radiation خپروي . کله چې دبيتاوړانګې دداخل څخه د تايروئيدغدې په سرطاني حجرووللګيږي نوهغوی دمنځه وړي .

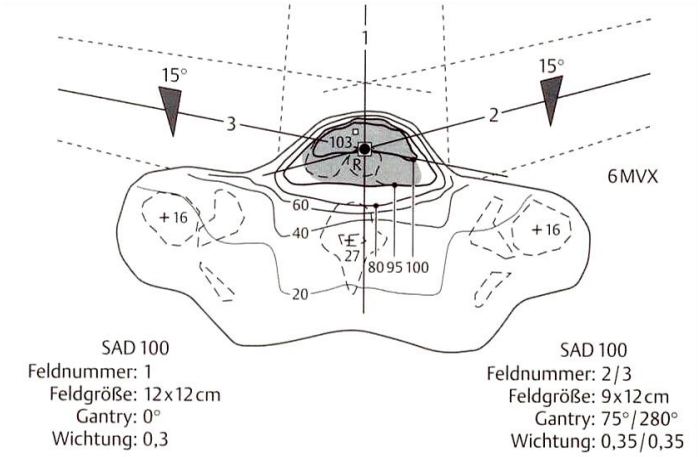
که چېرته دتايروئيد غده راډيواکتيف ايوډين نه ذخيره کوي ، اويادا‌چې عمليات يې ناشونی وي اودسرطان ناروغی ډيرپرمخ تللي پړاوکې شتون ولري pT4 او دوينې اود لمفاوي بهيرله لارې سړې ، دسينې لمفاوي غدو، دسر لمفاوي غدواوهډوکوته يې مېتاستېزيس metastasis کړی وي نوپه داسې يوه حالت کې ناروغ ته دبهرخواځخه دبيلګې په توګه لکه دراډيوتراپي ماشين په مټ د وړانګودرملنه ورکول کيږي. دهډوکو مېتاستازته هم دبهرخواځخه وړانګې ورکول کيږي ترڅوپه هډوکوکې دردکمښت ومومي. همدارنګه دبهرخواځخه د وړانګودرملنه ناروغ ته هم هغه مهال ورکول کيږي چې دتايروئيد غدې سرطان د R1 -resection عمليات ترسره شوي وي او په ډيراحتمال سره ددې شک شتون لري چې کيدی شي دتايروئيد غدې سرطان بېرته راوګرځي. د دتايروئيدغدې عمليات څخه وروسته ناروغ ته دتايروئيد غدې هورمونونه لکه L-Thyroxin او TSH په مصنوعي توګه ورکول کيږي ترڅودنوموړې غدې فعاليت اودنده تضمين شي.

که چيرته دتايروئيد غدې سرطان ګاونډيولمفاوي غوټوته لا نه وي غځيدلی نودوړانګې درملنه ترسره کيږي چې په ۱۶-۲۴ شکل کې ښوول شوې ده . دتايروئيد غدې سرطان راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی چې دمخ خوا **Anterior** څخه د ګنټري شپيته درجې **60°** زاويي اودری سوه درجې زاويي **300°** له خوا رېښاکيږي . **SC** دنخاع شوکې لنډيزنښه ده .



۱۶- ۴۱ شکل : دتايروئيد غدې سرطان وړانګيزه درملنه ښوول شوې ده چې په خپل ځای کې موقعيت لري اوګاونډيولمفاوي غوټوته خپورشوی نه دی . دتايروئيد غده دمخ خواڅخه ددوومايلوالکترون وړانګوساحې په مټ رښاکيږي چې دالکترونوانرژي يې پنځه ميګاالکترون ولټ ده.

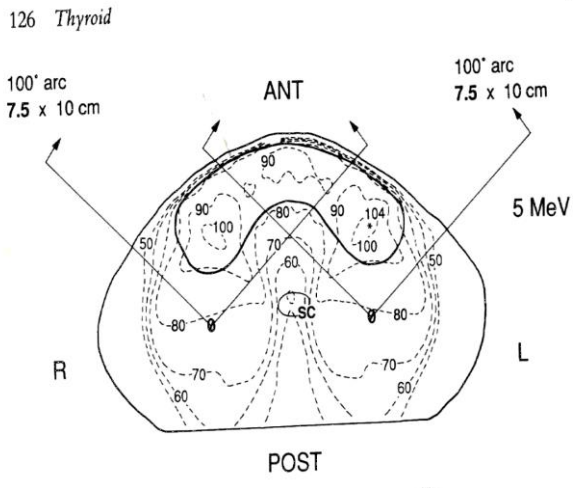
که چيرته دتايروئيد غدې سرطان ګاونډيولمفاوي غوټوته غځيدلی وي نودوړانګې درملنه يې دځرخيدونکو ساحوپه مټ ترسره کيږي چې په ۱۶- ۲۵ شکل کې ښوول شوې ده .



۱۶- ۴۲ شکل : دتايروئيد غدې سرطان راډيو تراپي درملنه ښوول شوې ده چې ددريوايزوسنټر وړانګيزوساحوپه مټ فوتون وړانګې ورکول کيږي

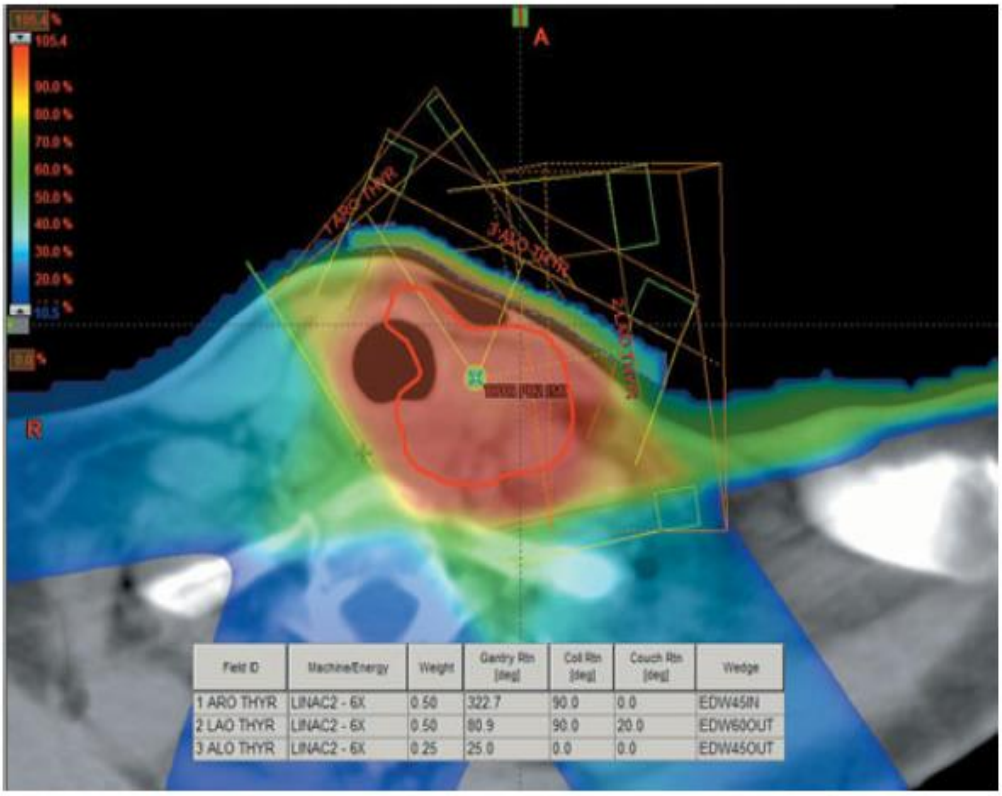
د وړانګوانرژي شپږميګاولټ فوتون 6MVX اودماشين ګنټري Gantry زاويه دلومړی وړانګيزې ساحې 12x12 cm لپاره صفردرجه 0^0 ، ددويمې وړانګيزې ساحې 9x12 cm لپاره پنځه اويا درجه 75^0 اوددريمې وړانګيزې ساحې 9x12 cm لپاره دوه سوه اتيادرجه 280^0 ټاکل شوې ده. دانرژي ډوزرېفرينس ټکی په R ښوول شوی دی اوددې ټکي څخه دسليزې ايزوډوزکرښه تيريږي. دتايروئيد غده د 95% ايزوډوزکرښې په واسطه محدوده شوې ده.

په دې معنی چې دتجويزشوې انرژي ډوزپنځه نوي سلنه % 95 برخه په نوموړې غده کې جذب کيږي. د وړانګوپه دويمه اودريمه وړانګيزه ساحه کې ويج فلتر wedge filter شتون لري چې زاويه يې پنځه لس درجه ده . دفيلترپه کارولوسره دتايروئيد په غده کې دانرژی ډوزويش متجانس شکل غوره کوي.



١٦- ۴۳ شکل : دتايروئيد غدې سرطان راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی چې دمخ خوا **Anterior** څخه ددووورانګيزو څرخيدونکو ساحوپه مټ رڼاکيږي . دهرې برېښنايز ساحې څرخېد ونکي زاويي اندازه سل درجې **100°** ده . دتايروئيد غدې سرطان وړانګيزه درملنه ښوول شوې ده چې په خپل ځای کې موقعيت نه لري اوګاونډيولمفاوي غوټوته **Lymphadenopathy** خپورشوی دی . دتايروئيد غده دمخ خواڅخه ددوومايلو څرخيدونکو الکترون وړانګوساحې په مټ رڼاکيږي چې دالکترونوانرژي يې پنځه ميګاالکترون ولټ ده.

که چيرته دتايروئيدغده د anaplastic cancer نوپه لومړي قدم کې بايدعملیات شي اودعملياتوڅخه وروسته راډيوتراپي درملنه ورکول کيږي اوپه څنګ کې يې مرستندويه کيمياوي درملنه doxorubicin هم ورکول کيږي ترڅودمېتاستازمخنيوی شوی وي .



Field ID	Machine/Energy	Weight	Gantry Rtn [deg]	Col Rtn [deg]	Couch Rtn [deg]	Wedge
1 ARO THYR	LINAC2 - 6X	0.50	322.7	90.0	0.0	EDW45IN
2 LAO THYR	LINAC2 - 6X	0.50	80.9	90.0	20.0	EDW60OUT
3 ALO THYR	LINAC2 - 6X	0.25	25.0	0.0	0.0	EDW45OUT

١٦- ۴۴ شکل : دتايروئيد غدې anaplastic ډوله سرطان راډيوتراپي درملنه ښوول شوې ده چې دعملياتوڅخه دمخه ناروغ ته ورکول کيږي اوله دې کبله د مرستندوييAdjuvant درملنې په نوم يادېږي . څرنګه چې تومورآن ترپوستکې پورې غځيدلی دی نوله دې کبله د پوستکې په سطحه باندې يوبولوس bolus کيښول شوی دی ترڅوپه کافې اندازه وړانګې ورته ورسيږي .

- **دانرژي ډوزويش پلان :**

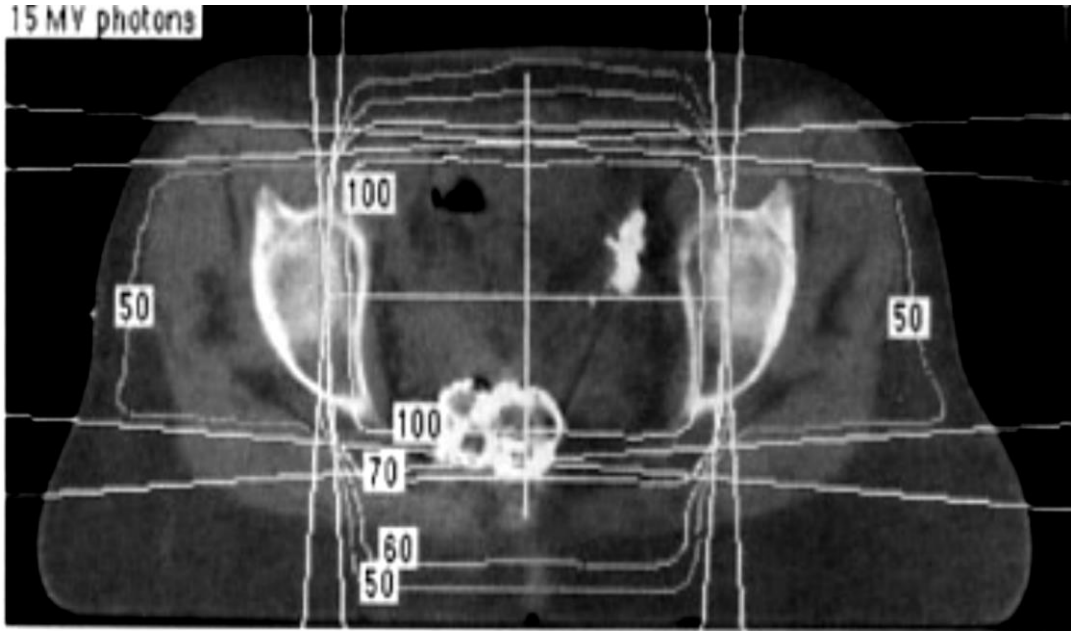
د وړانګوپه درملنه کې دتايروئيد غدې سرطان ادغاړې دواړوخواولمفاوي غوټو ته 50-54 Gy انرژي ډوزورکول کيږي چې ورځنی برخه يې 2-1,8 Gy ګرې قيمت لري . ورپسې يوازې دتايروئيد غدې ته دبوست 10-20 Gy ګرې تجويزکيږي. نومورې درملنه شپږاونۍ دوام کوي اوپه اونۍ کې پنځه ورځې ورکول کيږي. دتايروئيد غدې سرطان دکيمياوي درملني

پروړاندې دومره حساسيت نه شيي. خوبرسيره پردې ځينې دواګانې لکه Sorafenib ، sunitinib Doxorubicin ، Cisplatin کارول کيږي.

- **د anaplastic انرژي ډوزويش :** په ټوليزه توګه اته ويشت ګرې 28 Gy تجويزکيږي اوهره ورځ ځلورګرې 4 Gy په اونۍ کې پنځه ورځې داوورځوپه موده کې ورکول کيږي .

د لګن خاصره راډيو تراپي :Pelvic Radiotherapy

دلګن خاصره وړانګيزه درملنه هغه مهال ترسره کيږي کله چې د لګن خاصره په ساحه کې کوم غړی لکه د پروستاټ غده prostate، مقعدrectum ، عنق الرحم cervix ، رحم Uterus اودمتيازوکځوړه Bladder په سرطاني ناروغۍ اخته شوي وي . خوکله چې د نوموړوغړوځخه يوه غړي ته ددرملنې په موخه وړانګې ورکول کيږي نوپه عادي توګه ټولومحلي لمفاوي غدو lymph nodes اوسالموغړوته هم اکس وړانګې وررسيږي . په پايله کې دنوموړوغړواو لمفاوي غوټوپه ګډون يوه پراخه ساحه ترتشعشع لاندې راځي .خوداچې محلي لمفاوي غدو اوغړوته وړانګې ورسيږي اوکه وړانګې وه نه رسيږي داپريکړه په دې پورې اړه لري چې داړونده غړي سرطاني حجرې دلګن خاصره په ساحه کې مټاستازکړی دی اوکه نه دی کړی . بلخوادناروغ صحي حالت اودخطرفکټورونه هم په پام کې ونيول شي اوورپسې دټول لګن خاصره راډيوتراپي په هکله پريکړه وشي .

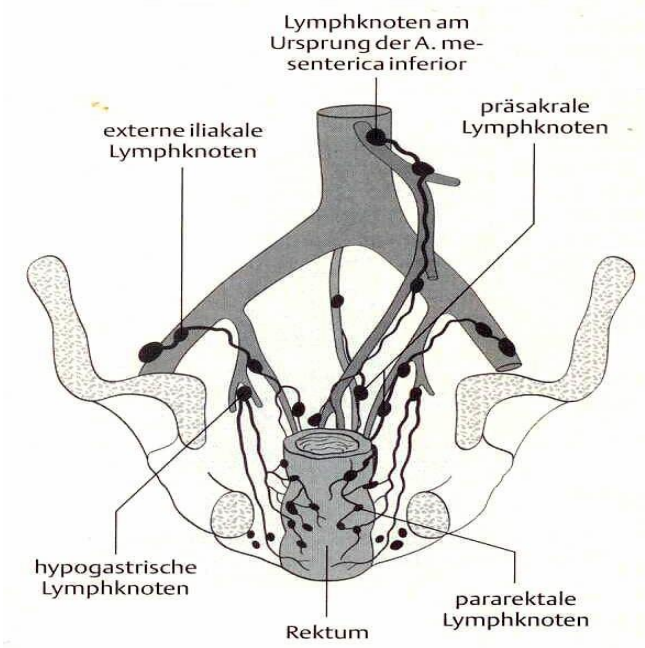


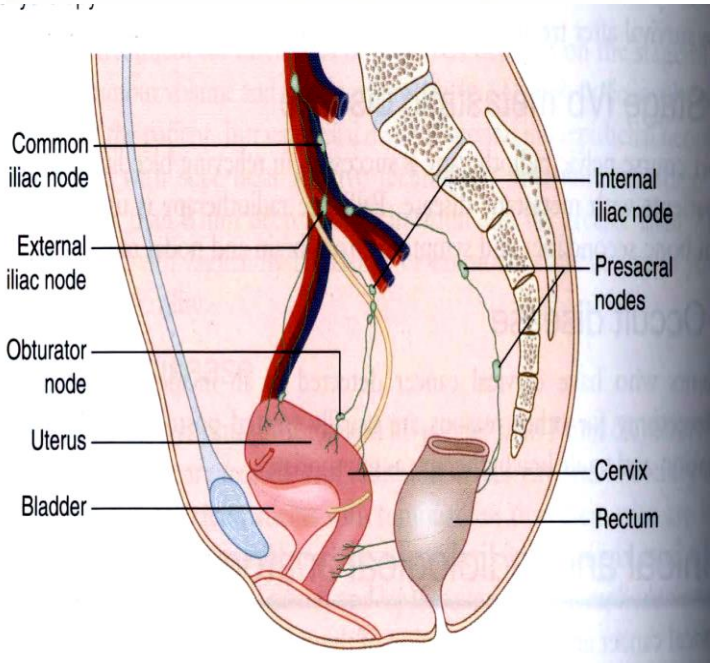
۴۵-۱۶ شکل : دلګن خاصره په منځ کې دسرطان په ناروغۍ اخته غړوددرملنې فزيکي پلان ښوول شوي ده.

همدالامل دی چې ددرېو اوياځلوروخواوځخه سرطاني غړي ته وړانګې ورکول کيږی ترڅوسالمولمفاوي غوټو اوپورته يادشووسالموغړوته لږانرژي ډوزورسيږي . .د وړانګوساحې ته radiation beam ويل کيږي . ددې لپاره چې په لګن خاصره کې دانرژي ډوزمتجانس ويش منځ ته راشي، نود وړانګوساحې وزن ، د وړانګوډول ،د وړانګوانرژي اوويج فيلتر زاويې ته تغيرورکول کيږي . ځرنګه چې دکلينيکي حجم CTV درښاکولوساحه ديوې خوادبدن په ژوره برخه کې پرته ده اودبلې خواد

راډيوتراپي ماشين منبع څخه خورالیږي واټن لري نواړين ده چې دلوړانرژي فوتون وړانګو لکه 15 MV څخه ګټّه پورته شي .

ديادولووړده چې که دلګن خاصره په ساحه کې کوم يوه غړي ته د راډيوتراپي درملنه ورکول کيږي نواړين ده چې کوچنۍ کولمې ته **small bowel** د **45 Gy** څخه زيات انرژي ډوزوه نه رسيږي . دنوموړي موخې لپاره اړين ده چې کله دناروغ لګن خاصره يوه تومورته وړانګې ورکول کيږي نو دمتيازوکځوړه د راډيوتراپي کړنلارې دمخه بايدډکه وساتل شي . داځکه چې دناروغ دمتيازې يوه ډکه کځوړه په ميخانيکي توګه نرۍ کولمي دوړانګيزې ساحې څخه بهرخواته ټيله کوي . په پايله کې دلګن خاصره راډيوتراپي په ترڅ کې نرۍ کولموته ډېرلږاکس رسيږي .

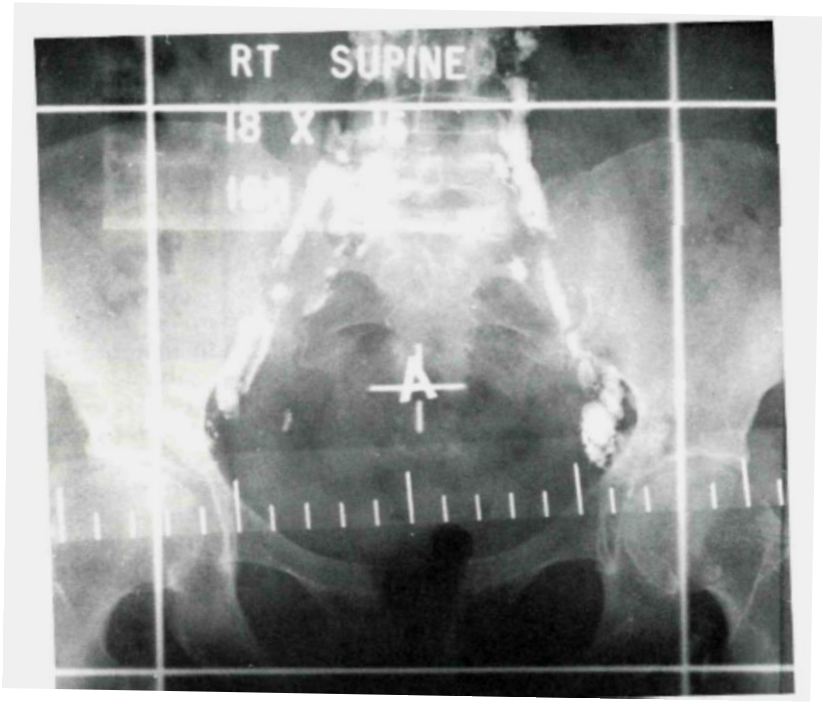




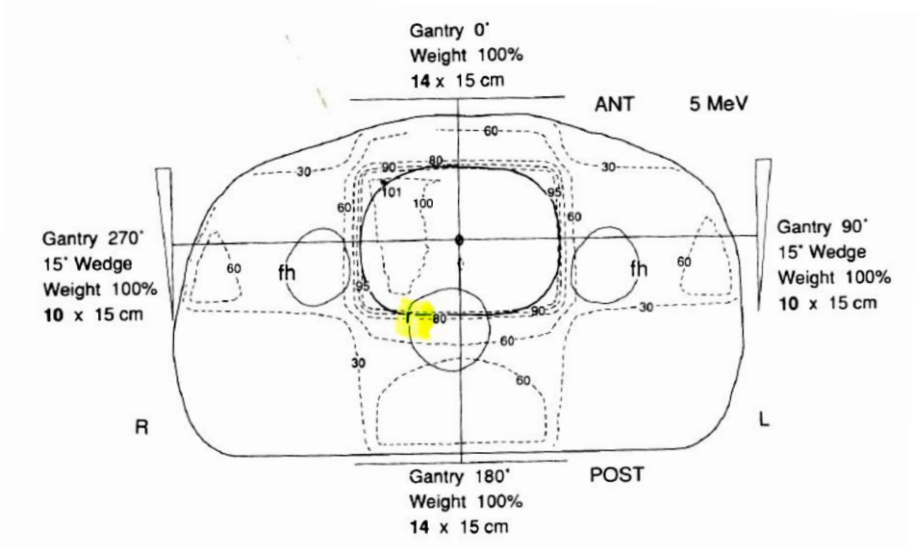
١٦- ۴٦ شکل : په لګن خاصره کې د لمفاوي غدوځايزوښ ښوول شوی دی چې په عادي توګه ددرملنې په ترڅ کې دسرطاني نسجونوسره يوځای وړانګې ورکول کيږي . په دې معنی چې که چېرته د لګن خاصره په منځ کې د پروستاټ غدهprostate ،

مقعدrectum ، عنق الرحمcervix ، اويارحم Uterus غده دسرطان په ناروغۍ اخته وي نوبايدچې لمفاوي غدي هم ورسره يوځای ترتشعشع لاندې ونيول شي. (14)

د ساري په ډول لکه د پروستټ غدې ددرملنې په موخه دځلوروخواڅخه (0^0 ,90^0,180^0,270^0) دفوتون وړانګې ورکول کيږي چې انرژي يې پنځه لس ميګاولټ 15 MV-X قيمت لري . . که څه هم دلته د پروستټ غدې دفزيکي پلان حجم(PTV) – (Planning Target Volume) دسي ټيCT په سلايزکې نه دی کښل شوی خودسل په سل ايزوډوز Isodose 100%کرښوپه واسطه احاطه شوی دی .



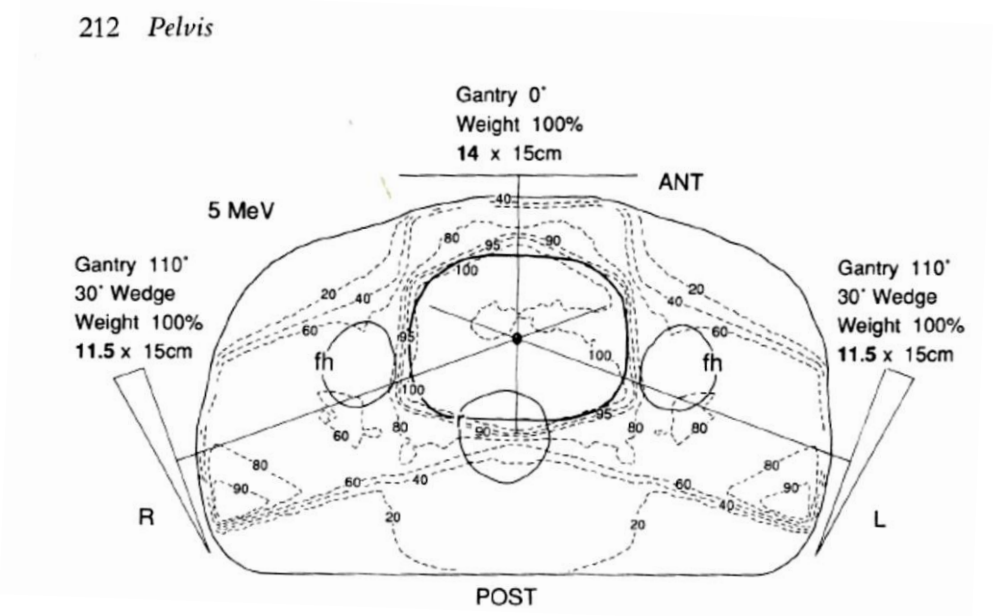
۱۶- ۴۷ شکل : دسيمولا تورفلم Ap simulator film عکس ښوول شوی دی چې دلګن خاصره راډيوتراپي لپاره دوانګيزې ساحې سرحدرابښيي . دوړانګيزې ساحې په پورتني سرحد کې د iliac nodes شاملې دي اودملا تيرقطني پنځم هډوکې پورې رسيږي .



۱۶- ۴۸ شکل : دلګن خاصره Pelvis په ساحه کې دښځينه ناروغۍ راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی دمخ خوا Ant څټ خوا post ښي خوا R اوکيڼ خوا دپينځه ميګاالکترون ولټ فوتون وړانګو انرژي ساحوپه مټ رښاکيږي .
fh = femoral head , r = Rectum

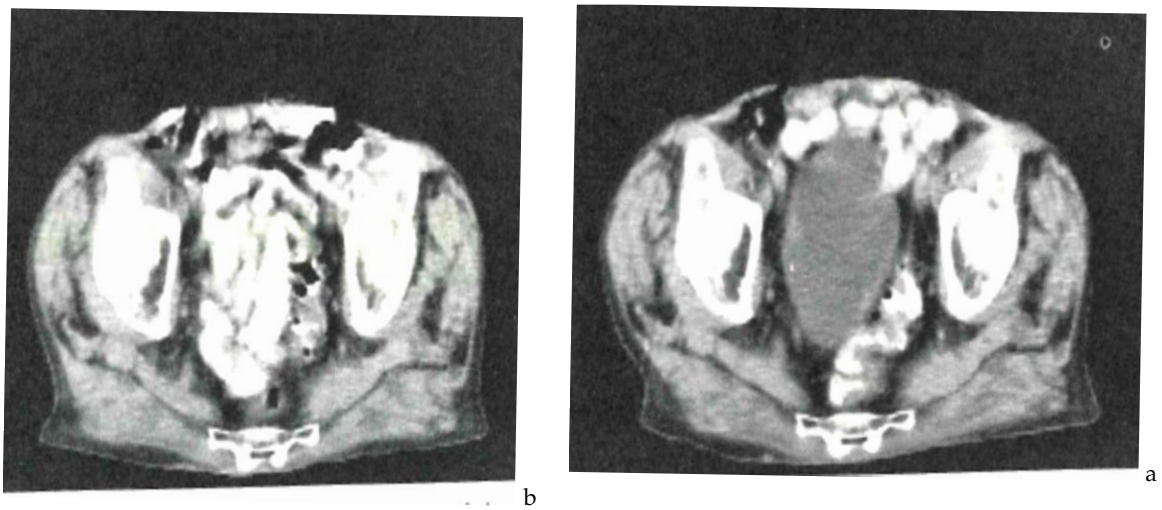


۱۶- ۴۹ شکل : دلګن خاصره Pelvis په ساحه کې دښځينه ناروغۍ راډيو تراپي کړنلاره ښوول شوې ده.



۱۶- ۵۰ شکل : دلګن خاصره Pelvis په ساحه کې دښځينه ناروغۍ راډيو تراپي فزيکي پلان کښل شوی دی . يوه وړانګيزه ساحه دمخ خواڅخه اودوه وړانګيزې مايلې ساحې دڅټ خواڅخه دښځينه په توموربانديې لګيږي . په نوموړي ډول فزيکي پلان تخنيک کې هڅه شوې ده چې مقعدته Rectum لږوړانګې ورسيږي اودوړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي . په داسې حال کې چې دفخذ هډوکي ته ډېرې وړانګې رسيږي .

دلګن خاصره Pelvis په راډيوتراپي کړنلاره کې دښځينه ناروغۍ تومورونو، پروستاټ اودمتيازې کڅوړې لپاره دانرژي ډوزپه واحدګړې Gy په لاندې ډول تجويزکيږي :



a b

١٦- ٥١ شکل : دلګن خاصره سي ټي سکن سلايی CT slice ښوول شوی دی .

a) په نوموړي شکل کې دمتيازې کڅوړه ډکه ده اوله دې کبله نرۍ کولمې ښکته خواته بې ځايه شوې دي اودوړانګودساحې څخه بهرخواته وتلې دي .

b) په نوموړي شکل کې دمتيازوکڅوړه تښه ده اوله دې کبله نرۍ کولمې پورته خواته ښويدلې دي اودوړانګوپه ساحه کې قرارلري . همدالامل دی چې نرۍ کولمې داکس وړانګودخطرسره مخامخ دي .

<u>دانرژي ډوزويش :</u>

دمثانې کڅوړه اوپروستاټ غده : دځلورنيمواونيوپه موده کې په ټوليزه توګه ګړې **44 Gy** چې په **22 fraction** برخوکې ناروغ ته ورکول کيږي .

دښځينه تومورونولپاره : **Gy** 40-50 دځلوروځخه ترپنځه اونۍ په موده کې او د **20-25 fraction** برخوکې ناروغ ته ورکول کيږي

د پروستټ غدې سرطان : (Prostate cancer)

په نړيواله کچه په سړيويوکې د پروستټ غدې سرطان دومره ډيرشوی دی چې په نوموړې ناروغۍ داخته شووسړيوځخه دهردويم سړی دمړينې لامل گرځي. دبېلگې په توگه په انگلستان کې په يوه کال کې دوه ديرش زره کسان په نوموړې ناروغۍ نوي اخته کيږي اولس زره کسان مړه کيږي . د پروستټ غدې سرطان لړځه پنځه نوي سلنه 95% دادينوکرسينوما Adenocarcinoma خبيث سرطان ډول جوړوي چې دپروستټ په غدوکې منځ ته راځي نوموړی خبيث تومور دپروستټ غدې اپيتل حجرو glandular epithelial cells کې پيل کيږي چې هلته دپروستټ مايع توليدکيږي . دپروستټ کارسينوم Adenocarcinoma په عادي توگه په لږ سرعت سره پرمختگ کوي .

دخطرفکټورونه Risk factors

که څه هم دپروستټ سرطان اصلي لامل لاتر اوسه پوره معلوم نه دی خودخطرځينې فکټورونه پيژندل شوي دي . هرڅومره چې ديوه سړي عمرزيات کيږي په همغه اندازه دپروستټ سرطان خطرهم زيات کيږي . دبيلگې په توگه پروستټ سرطان 99% ناروغانو عمردپنځوس کالوڅخه پورته دی . ارثي لامل : دکورنۍ هغه غړي لکه ورور اوپلارچې دپروستټ په سرطان اخته شوي وي دنوروخلکوپه پرتله دوه چنده دخطرسره مخامخ دي . نژاد race ، دپروستټ غدې التهاب ، دچاپيريال ککړتيا ، داومې غوښې زيات خوراک ، دبدن وزن زياتوالی اونور.

نښې نښانې : Signs and symptoms

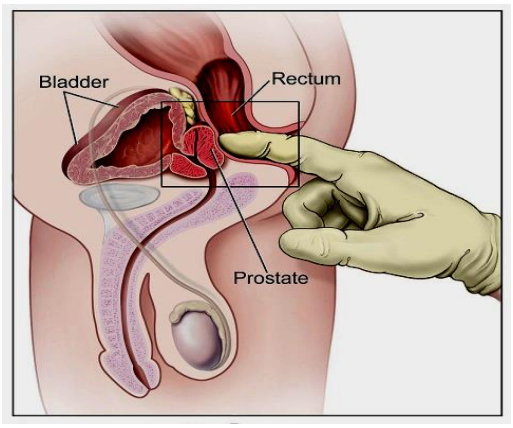
که څه هم په ابتدايي پړاوکې دپروستټ خبيث تومورکومې نښې نښانې نه لري په داسې حال کې چې دپروستټ سرطانې حجرې دبدن نوروغړولکه ، seminal gland، اودلگن خاصره نسجونو اوهډوکو pelvic connective tissue اومحلي لمفاوي غوټو ته مېتاستازکړی وي . خوکله چې دپروستټ سرطان پرمختگ وکړي نونښې نښانې يې پيل کيږي . دبېلگې په توگه لکه : دمتيازې کولو په ترڅ کې ستونزه اودرد dysuria ، دهډوکودرد، دشپې له خوا پرلپسې دمتيازوحاجت nocturia، اوډيروروسته بيادوينې کمښت اودوزن کمښت شتون لري . دمتيازې کڅوړې بشړنه تش کيدل اونور.بلخوادمتيازې کڅوړه پوره نه تشه کيږي اوتل يوڅه متيازې په کڅوړه کې پاتې کيږي residual urine ، خوکله چې دپروستټ سرطان گاونډيوغړوته مېتاستازوکړي نودملا تيرهډوکودرد،دلگن خاصره درد، دپښتيودرد اونور منځ ته راځي .

- ديادولووړده چې دسليم پروستټ غدې سرطان **benign prostatic cancer** اودخبيث پروستټ غدې سرطان ابتدايي نښې نښانې سره يوشان دي

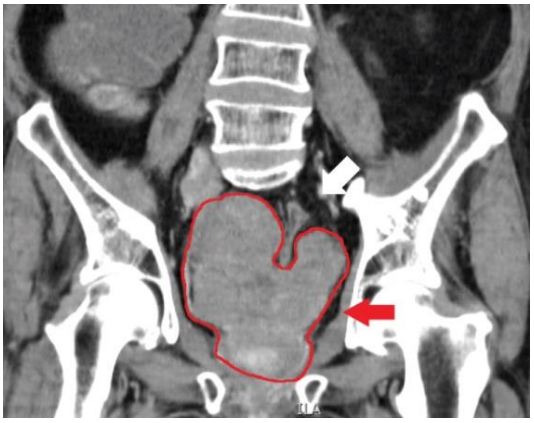
- **د پروستټ سرطان پېژندنه :**

د پروستټ غدې خبيث اوسليم تومورپه خپل وخت پيژندنې لپاره توپيرلرونکې کړنلارې شتون لري . دبېلگې په توگه که چېرته دپروستټ غده لويه شوې وي خودخطرنښې نښانې دومره زياتې نه وي اوددرملنې پرېکړه هم پوره چمتونه وي ، ځکه ناروغ صحي حالت نه ايجا ب کوي اويداچې دخبيث تومورتشخيص شکمن شوی وی نوپه يوه داسې حالت کې انتظارايستل کيږي اوتل ناروغ معاينه کيږي . نوموړې کړنلارې ته watchful waiting ويل کيږي .

:Digital rectal examination



دمقعد له لارې دلاس په ګوتو دپروسټاټ غدې غيرنارمل غټوالی تشخيص کيدلا ی شي.



دپروسټاټ غدي سرطان د سي ټي CT په تصويرکې تشخيص شوی دی

Prostate-specific antigen

يوډول انزايم دی چې دپروسټاټ غدې اپيتل حجروڅخه افرازکيږي اولنډيزيې په PSA ښوول کيږي .دناروغ دوينې په معاينه کې دنوموړي انزايم مقدارپه واحد ng/ml ټاکل کيږي . دنوموړي انزايم عادي قيمت 4 ng/ml دی . که څه هم PSA انزايم دپروسټاټ په سليم تومورکې هم لوړقيمت درلودلا ی شي خوبياهم دپروسټات سرطان دپېژندنې په موخه يومعيارټاکل شوی دی. دبېلګې په توګه که چېرته د PSA > 10 ng/ml قيمت ولري نوپرته له خنډاوځنډ سمدلا سه نورې لارې چارې په کارواچول شي ترڅولامل يې معلوم شي .

Magnetic resonance imaging

دمقناطيسي ريزونانس توموګرافي او کمپيوترتوموګرافي CT په مټ کولا ی شوچې دبدن اناتومي پرې شوې سطحې لکه Sagittal, frontal, transvers دملي مترپنډوالي په اندازه سلايسونه "Slice" واخيستل شي . په نوموړوسلايسونوکې دتومورغټوالی ، مېتاستاز اودتوپيرلرونکونسجونوجوړښت پېژندل کيدلا ی شي . بلخوا دپروسټاټ غدې بيوپسي په ترڅ کې دمقناطيسي ريزونانس توموګرافي په لارښوونه نمونه اخيستل کيږي .

Ultrasound

الټراساونډهم يوه طبي آله ده چې دبدن دغړواونسجونودري بعده جوړښت تصويرونه ليدلا ی اواخيستلا ی شي . دصوتې څپوپه مټ دپروسټاټ سرطان غيرنارمل غټوالی هم تشخيص کولا ی شي. دپروسټاټ غدې بيوپسي په ترڅ کې دالټراساونډطبي آلې څخه ګټه پورته کيږي . دپروسټاټ لږڅه 60% سرطان ناروغې دالټراساونډپه تصويرونوکې hypoechoic زخم په شان معلوميږي .

د پروسټاټ غدې خبيث تومورغټوالی اومېتاستاز پېژندنې بنسټيزاودباورورکړنلاره دطبي آلې سي ټي سکن (CT scanning) په مټ ترسره کيږي. ترهرڅه دمخه دطبي آلې سيميلېټرSimulator په واسطه دلګن خاصره اکس وړانګوتصويرونه دصفردرجي0^0 اودوه سوه اويادرجې زاويې 270^0 له خوا اخيستل کيږي . نوموړې کړنلاره اړين ده داځکه چې ديوې خواد وړانګوپه واسطه درنا کيدنې اناتومې ساحه ټاکل کيږی اوبلخوادتومورحجم اوګاونډيوسالموغړوموقعيت په هکله مالومات ترلاسه کيږي .

بيوپسي : Biopsy

دپروستاټ سرطان دپېژندنې باوري کړنلاره دبيوپسي طريقه ده چې دپروستاټ غدې څخه دمقعدله لارې دبيوپسي ستنې په مرسته لږڅه دوولس نمونې اخيستل کيږي . نوموړې کړنلاره هم مهال دالټراسوند آلې ترکتنې لاندې ترسره کيږي .

دپروستاټ سرطان درملنه : Therapy

دپروستاټ سرطا ن بشپړ رغوونکې درملنه هغه مهال کيدی شي چې دپروستاټ سرطان حجرې دنوموړي غړي پوښ ياکپسل څخه بهرخواته نه وي خپرې شوې لکه دتومور **T1** او **T2** پراوونه ،يانې مېتاستازمنځ ته نه وي راغلی اولا هم دغدې په داخل کې شتون ولري. په نوموړې حالت کې نه يوازې دپرستاټ غده بلکې دمنې کڅوړه seminal vesicles اومحلي لمفاوي غوټې هم عمليات کيږي

دپروستاټ سرطان ددرملنې ترټولواړينه درملنه دنوموړې غدي بيخي عمليات کول دي . همدارنګه دپروستاټ سرطان دپراوونوسره سم نورې درملنې هم کارول کيږي لکه دوړانګودرملنه ،هورمون درملنه اوکيمياوي درملنه . دپروستات غدې سرطان ددرملنې په اړوندپريکړه کول هغه مهال کيږي چې دتوموردرجه بندي Tumor stage (T) ، دپروستاټ ځانګړی انزايم prostate -Spcific-Antigen (PSA) اوهمدارنګه دتومورهيستوپاتولوژيکي بدلون Gleason scoring system پېژندنه ترسره شوې وي .

د پروستاټ نسجونه يوډول انزايم توليدوي چې د(PSA) په نوم يادېږي. که چېرته دنوموړي انزايم مقداردنارمل قيمت څخه واوړي نود پروستاټ سرطان احتمال زيات اټکل کيږي. د پروستاټ غدې سرطان دتشخيص کولو اودخطروړاندوينې لپاره لاندې درې فکټورونه اساسي رول لوبوي .

- دپروستاټ ځانګړی انزايم : (PSA)
- د پروستاټ غدې سرطان پراواودکتلې غټوالی : Tumor stage (T)
- دبيوپسي له مخې د پروستاټ غدې هيستوپاتولوژيکي بدلون : Gleason scoring (GS)

دنوموړوفکټورونوپه پام کې نيولوسره د پروستاټ سرطان خطراټکل کيږي.

- د پروستاټ غدې ټيټ خطر سرطان :

  T1-T2a, PSA<10 ng/ml , GS>6
- د پروستاټ غدې منځنی خطر سرطان :

  T2b, PSA 10-20 ng/ml , GS =7
- د پروستاټ غدې لوړ خطر سرطان :

  T2c-T4, PSA>20 ng/ml ,GS 8-10

د پروستاټ غدې خبيث تومورډپرمختګ پراوونوسره سم ددرملنې لپاره راډيو تراپي ، کېمو تراپي Chemotherapy ،عمليات اود براکی تراپی brachytherapy څخه ګټه پورته کيږي . په عمومي توګه هغه څوک چې عمريې دپنځه اویاکالونوڅخه راټيټ وي اوپه يوه بله کومه سخته ناروغی اخته نه وي دژوندی پاتې کيدنې پاتې موده يې آن دلسوکالونوڅخه هم زيات اټکل کيږي . دېبلګې په توګه د Adenocarcinm تومورلومړی درجه پراو لکه T1-T2a په ډيرلږسرعت سره مخ په وړاندې ځي اوګاونډيوغړواولمفاوي غوټوته مېتاستازنه کوي

بلخواد پروستاټ غدې ددرملنې کړنلارې په دې پورې هم اړه لري چې نوموړی سرطان کېدای شي دمنځه ولاړشي اویاداچې د پروستاټ سرطان دعلاج لاره شتون نه لري . دنوموړې پوښتنې په پام کې نيولوسره لاندې ډول درملنې ترسره کيږي.

- **لومړی : دعلاج وړ درملنه (curative treatment) :**

هغه ډول درملنې ته ويل کيږي چې يوخبيث توموردعلاج وړوي. په دې معنی چې که چېرته د پروسټاټ غدې سرطان په لومړی پړاوکې وي اودومره ډيرپرمختګ يې کړی نه وي نودرنځ رغوونکي درملنې څخه ګټه پورته کيږي. نوموړې يوه داسې ډول درملنه ده چې د راډيو تراپي اويانوروکړنلاروپه مټ دناروغ پروسټاټ خبيث توموربيخي Radical prostatectomy له منځه وړل کيږي ترڅو ناروغ بېرته روغتياترلاسه کړي . پايله يي داده چې پروسټاټ سرطان ددرملنې احتمال او امکانات يې شته دي . دسرطاني ناروغيونوموړي ډول درملني ته درغونې و ړدرملنه اويا په بله معنی کيورېتيف **curative** ويل کيږي .

د پروسټاټ غدې کيورېتيف curative ډول سرطان درملنه دخبيث تومورپړاوونو T1- T4 سره سم د راډيو تراپي ، کيمو تراپي ، براکي تراپي اودعملياتوپه مټ ترسره کيږي .

https://en.wikipedia.org/wiki/Prostatectomy

- **دويم : دردکموونکې درملنه : (Palliative treatment)**

هغه ډول درملني ته ويل کيږي چې يوخبيث توموردعلاج وړنه وي . داځکه چې دناروغۍ پړاودومره پرمختګ کړی وي چې دخپل ځای څخه بل ځای ته انتشارکړی وي اومېتاستازيس يې جوړې کړې وي . همدارنګه نورې کړنلارې لکه عمليات هم ګټورنه تماميږي داځکه چې ناروغ دعملياتووړنه وي . پايله يې داده چې که څه هم درملنه يي ناممکنه وي خو ددواګانو لکه کيمو تراپي اويانوروکړنلاروپه مټ درنځوردناروغۍ دردکمښت اودناروغ دژوند کيفيت ښه کول ددرملني اصلي موخه وي . دا ډول درملنې ته پاليېتيف **palliativ** درملنه ويل کيږي . د بېلګې په توګه دپروسټاټ غده اودلګن خاصره لمفاوې غدوته د راډيوتيراپي په مټ پاليېتيف درملنه ورکول کيږي کله چې دسرطان ناروغي ډيره سخته وي دردډيرزيات وي اويادغړوڅخه وينه رابهيږي .

همدارنګه که چېرته د هډوکو او لمفاوي غوټو مېتاستاز شتون ولري نود دردکمولوپه موخه د راډيو تراپي پاليېتيف palliative يعنې دردکموونکې اوتسکين کوونکې درملنه ډيره ګټوره ده. دبېلګې په توګه که ناروغ ته په يوه ځل باندې دفوتون وړانګې اته ګرې انرژي ډوز 8 Gy ورکړشي نوخورااغيزمن واقع کيږي اودهډوکو دردکمښت مومي .

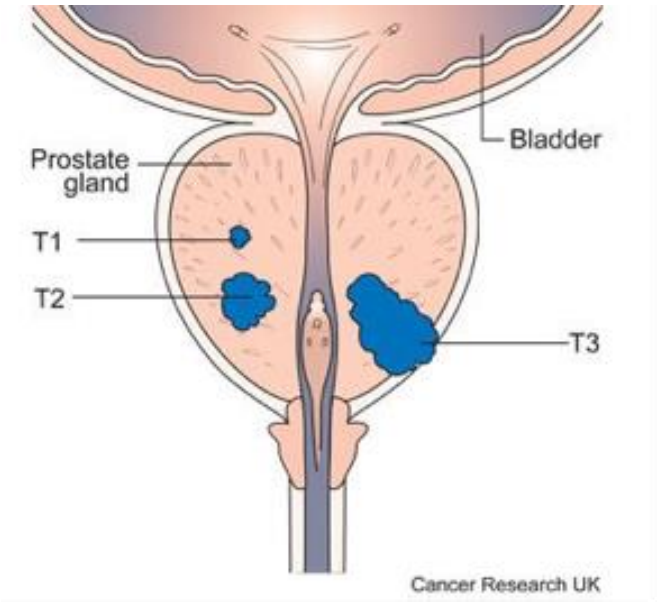
همدارنګه که چېرته دملا تير په عصب spinal nerve باندې فشارراغلي وي نوددردکمښت په موخه پاليېتيف درملنه ترسره کيږي . په نوموړي حالت کې ناروغ ته دفوتون وړانګو تجويزشوې انرژي ډوزپه يوه وارنه ورکول کيږي بلکې پرلپسې په څوبرخو fractionated course ويشل کيږي. همدارنګه که چېرته دسرپه ماغزواوياپه نخاع شوکې کې تومورپيداشي نوټول مغزته وړانګې ورکول کيږي ترڅودغړوشل کيدنې لکه ګوډوالی مخنيوی شوی وي. دنوموړو ټولو درملنوموخه يوازې دردکمول اودپاتې ژوندکيفيت ښه کول دي خودناروغۍ علاج نه شته.

- **دپروسټات سرطان ډلبندي : TNM staging system**

دپروسټات سرطان دخبيثوالي درجې سيستم پر اساس ډلبندي کيږي چې TNM staging system **په نوم** ياديږي.
دبيلګې په توګه :

- د T توری د تومورکتلې غټوالی په ګوته کوي چې ګڼه تومورګاونډيوغړوته نفوذکړی دی اوکه نه؟ ،
- د N توری دګاونډيو لمفاوي غوټو شمېر په ډاګه کوي چې ګڼه تومورهغوی ته نفوذکړی دی اوکه نه؟،

➢ Ms توری رابنيي چې ګڼه تومورډبدن يوې برخې څخه بلې برخې ته خپورشوی دی Metastasis اوکه نه؟

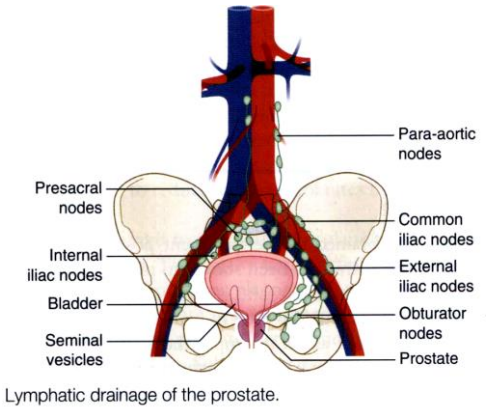


١٦- ٥٢ شکل: دپروستاټ غدې دسرطاني حجروډيرښت اوګاونډيوغړوته دتومورپراختيابنوول شوې ده چې په خپل وارسره په لاندې پړاوونوښوول شوي دي T1 , T2 , T3 . (14)

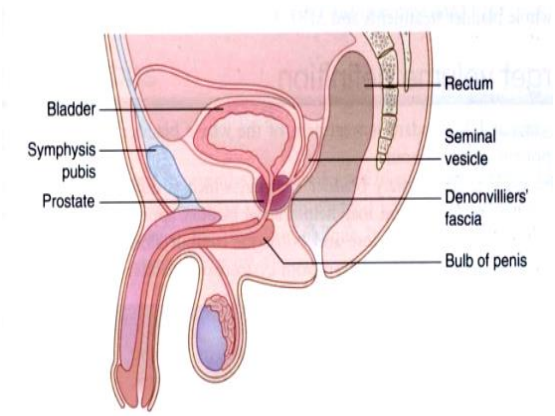
د ساري په ډول په پورتني شکل کې T_3 ديوه ډيرپرمخ تللی تومورپړاوپه ګوته کوي چې دپروستاټ غدې کپسل څخه بهرخوا ګاونډيوغړوته يې نفوذکړی دی. هغه تومورچې دمثانې کڅوړې ته يې نفوذکړی وي په T3b نښوول کيږي. هغه تومورچې دپروستټيت غدې په منځ کې پروت دی اودپوښ ياکپسل Capsel څخه بهرته نه وي خپورشوی د T1 او T_2 په نوم يادیږي.

- **دپروستاټ غدې اناټومي :**

دپروستاټ غده دمتيازې کڅوړې غاړې سره نښتی غړی دی اود عظم العانة سيمفزيس pubic symphysis اودمقعددديوال ترمنځ پرته ده. په ١٦- ٥٣ شکل کې د پروستاټ غدې لمفاوي بهيرښوول شوی دی .



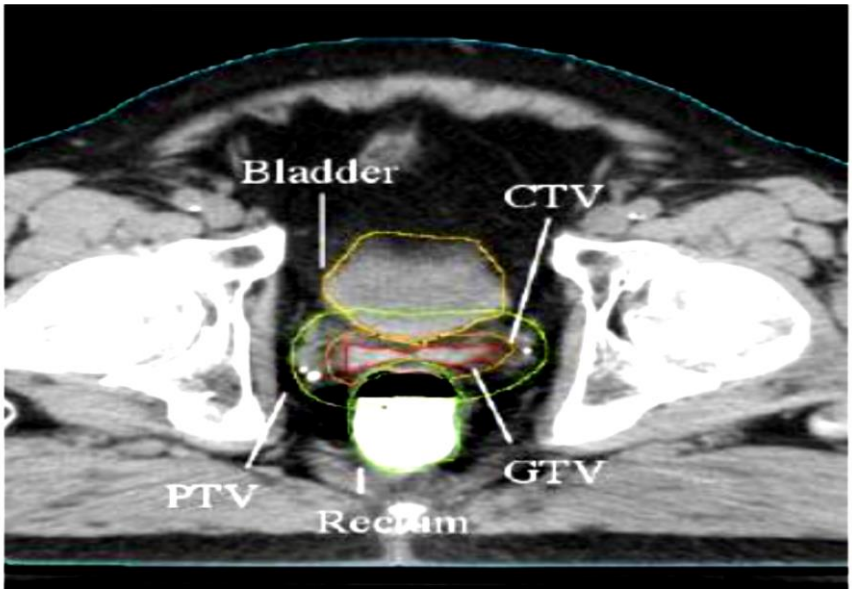
Lymphatic drainage of the prostate.



١٦- ٥٣ شکل : د پروستاټ غدې لمفاوي بهيراواناتومي موقعيت ښوول شوی دی . (14)

- **د پروستټ غدې وړانګيزه درملنه (Radiation Therapy) :**

د پروستټ غدې وړانګيزې درملنې په موخه ترهرڅه دمخه دپروستټ غدې سرطان هرارخيزحجمونه لکه GTV; CTV , PTV دسي ټي په سلايسونوکې CT slices تشخيص کيږي چې په ١٦- ٥۴ شکل کې رسم شوي دي . ورپسې دپلان نښې حجم PTV فزيکي پلان دکمپيوترپه مرسته چمتوکيږي



.

۵۴- شکل : دپروستټ توپيرلرونکي کلينيکي حجمونه دسي ټي په سلايزکې رسم شوي دي

په ١٦-- ۵۴ شکل : د پروستټ غدې دوړانګيزې درملنې په موخه دسي ټي په سلايس کې دتومور توپيرلرونکي حجمونه دتعريف سره سم رسم شوي دي . د بېلګې په توګه لکه : دفزيکي پلان نښې حجم Planning Target Volume (PTV) ، کلينيکي نښې حجم Clinical Target Volume (CTV) ، دغټ تومورحجم Gross Tumor Volume (GTV) چې په ګوتوحس کيږي اوپه سترګوليدل کيږي .

ديادولووړه چې ددقيق درملنې په موخه دفزيکي پلان نښې حجم (PTV) لږڅه يوسانتي متردکلينيکي نښې حجم څخه غټ ټاکل کيږي . په بله معنی **PTV = CTV + 1 cm**

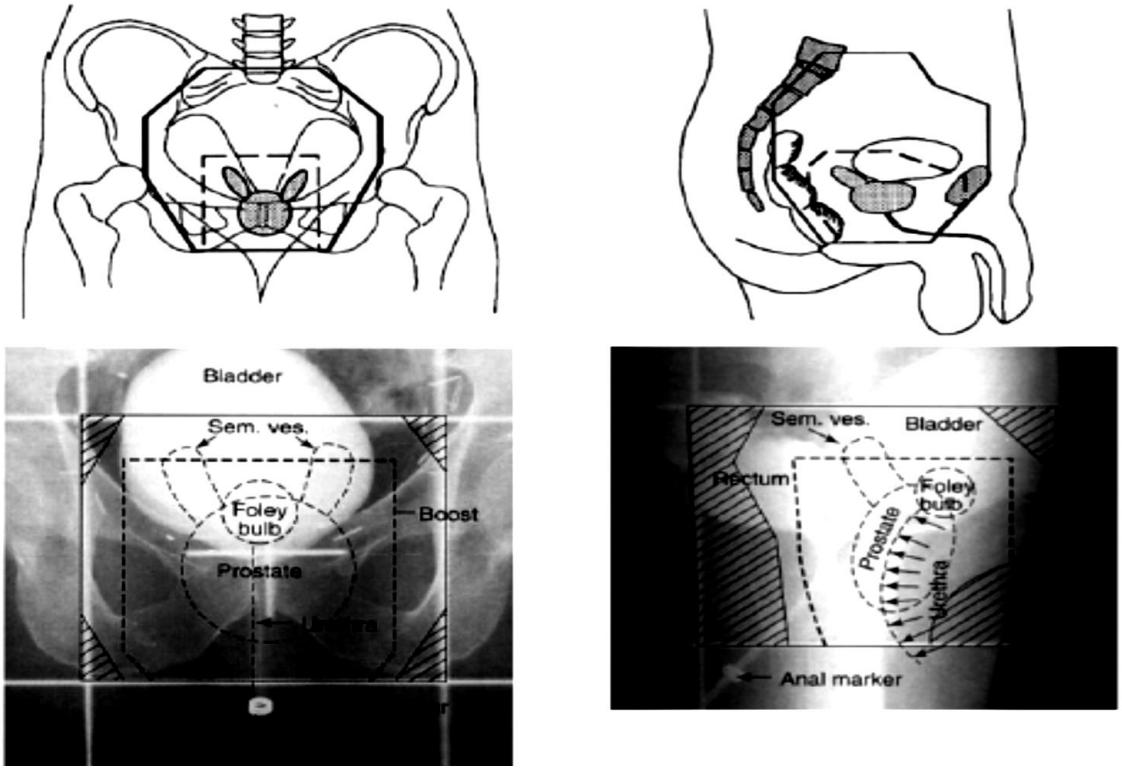


١٦- ٥٥ شکل : **د** پروستاټ غدې وړانګيزې درملنې کړنلاره کښل شوې ده .

په١٦- ٥٦ شکل کې دلګن خاصره اکس وړانګوتصويرونه ښوول شوې دي چې ددرملنې ساحې بعدونه يې دفزيکي پلان پر اساس ټاکل کيږي.

دفزيکي پلان ترسره کولولپاره په لومړي ګام کې دسي ټي سکن CT scann په مټ دلګن خاصره اود لمفا وی غوټوپه ساره پرې شوی Transversal اکس وړانګوتصويرونه اخيستل کيږي . دنوموړې موخې لپاره ناروغ پخپله شاباندې supine ددرملنې ميزپه همواره سطحه پريوځي . دسي ټي سکن سلايسونوslices پنډوالی لرځه دوه ملي متره وي . ورپسې دسي ټي سکن سلايسونه د راډيو تراپي پلان کمپيوترته انتقال کيږی ترڅود راډيو تراپي متخصص ډاکټردتومورهراړخيزحجمونه لکه GTV;CTV,PTV رسم کړي . برسيره پردي په هريوه سلايس کې ټول هغه سالم غړي هم رسم کيږي چې دفوتون وړانګوپروړاندې ډيرحساسيت ښيي اودخطرسره مخامخ دی . نوموړي سالم غړي د Organ at risk په نوم يادیږي

- که چېرته د پروستاټ غدې څخه خبيث تومووردلګن خاصرې لمفاوي غوټې اوهمدارنګه د منی کڅوړې seminal vesicles ته انتشارکړي وي نواړين ده چې نوموړوغړوته د راډيو تراپي برسيره دعملياتو،کيمياوي دواګانواودهورمونو په مټ درملنه ورکړه شي .



١٦- ٥٦ شکل : په پورتنې شکل کې دلګن خاصره اناتومې جوړښت ښوول شوی دی . دلګن خاصره دتوموربرخه چې وړانګې ورته رسيږي ددرملنې وړانګيزه ساحه radiation field په تکه توره لرځه دايروي شکله کښه کښل شوي ده. په لاندې شکل کې دلګن خاصره اکس وړانګوتصويرونه دصفردرجي0^0 اودوه سوه اويادرجې زاويې 270^0 له خوا

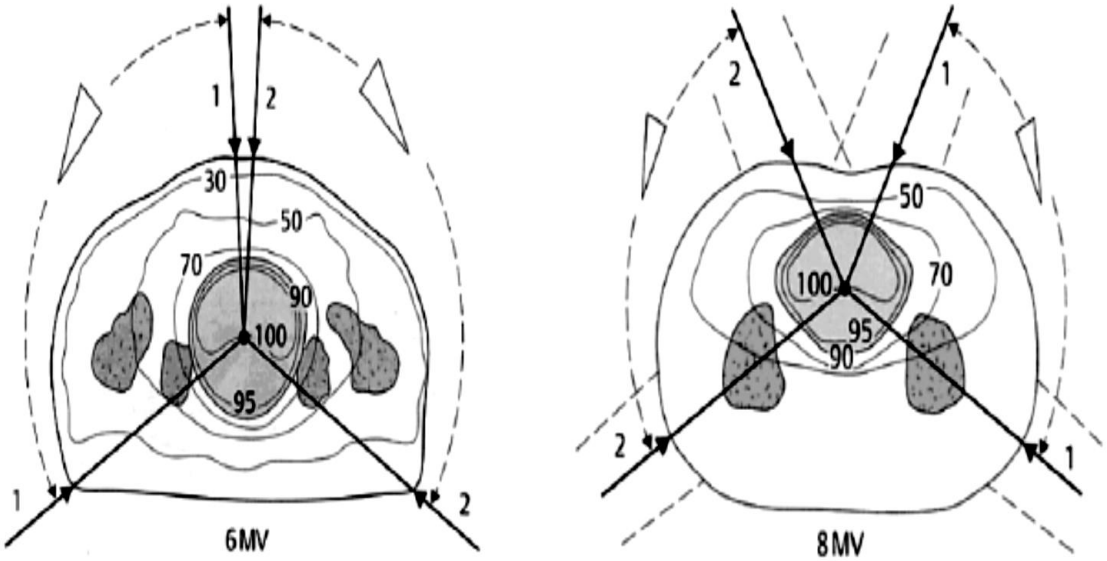
دسيميلېټرSimulator آلې په مټ اخيستل شوي دي . تورې مايلې کرښې داوسپنې بلاکونه تشکيلوي اوددرملنې وړانګيزه ساحه محدودکوي ترڅوسالموغړوته اکس وړانګې وه نه رسيږي .

په لاندې شکل کې د وړانګوهغه ساحه چې دپروستټ غدې دتومورغټ حجم رپاکوي په ناپرې شوو توروکرښو (—) کښل شوې ده . د وړانګوهغه ساحه چې يوازې د پروستټ غدې دتومور بوسټ حجم Boost درپاکولوپه موخه ټاکل شوې ده په پرې شووکرښو (-----) کښل شوې ده . دپروستټ غدې توموراناتومي حجم ته بوست حجم Boos volume ويل کيږي او GTV سره مساوي دی .

دسيميلېشن Simulation کړنلارې په ترڅ کې د اکس وړانګو ساحې بعدونه دتومور اناتومي حجم سره برابرټاکل کيږي. که چېرته د وړانګې ساحې بعدونه لکه طول اوعرض دتومورحجم څخه کوچني اويالوی وي نو دتوموراناتومي جوښت سره برابراعيارکيږي. ورپسې دسيميلېټرSimulator په ترڅ کې دټاکل شوې وړانګيزې ساحې radiation field په پام کې نيولوسره دتومورحجم فزيکي پلان دکمپيوترپه مټ محاسبه کيږي.

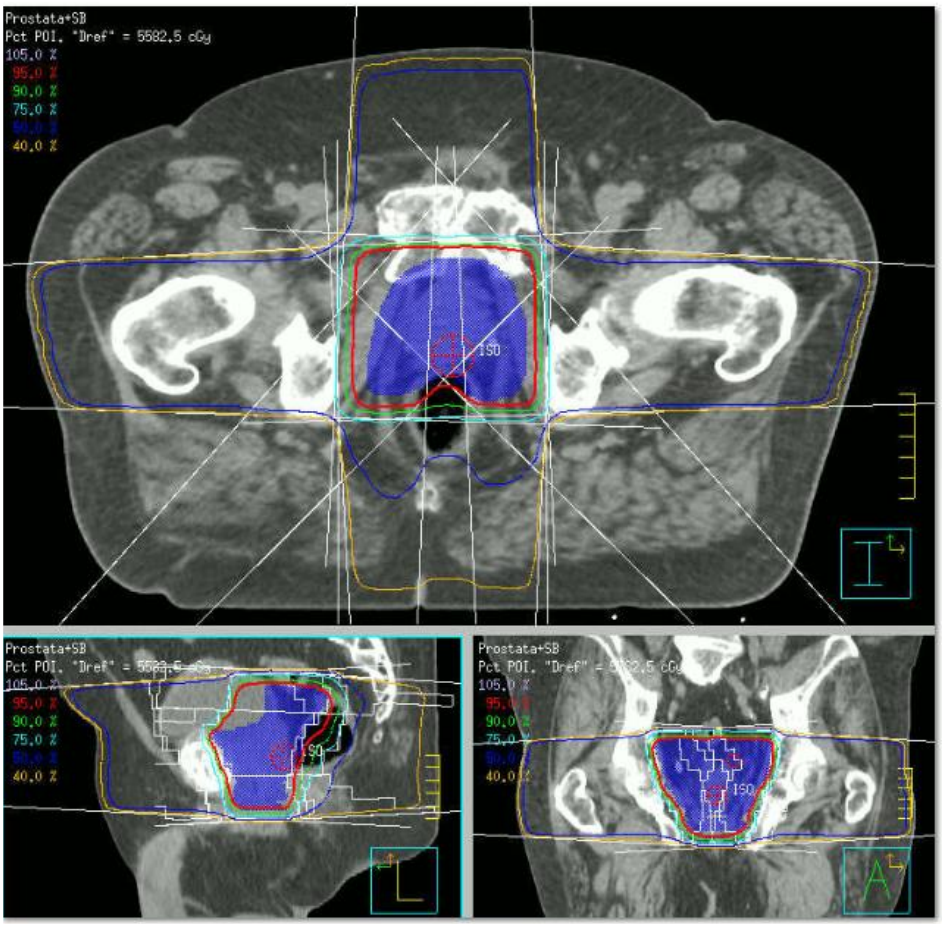
که څه هم يوازې په پروستټ غده کې دتومورحجرې تشخيص شوې وي خوددومره پراخې ساحې رپاکول لازم ګڼل کيږي داځکه چې په محلې لمفا وې غوټوباندې هم شک کيږي چې کېدای شي سرطاني حجرې پکې شتون ولري .

- په لومړې ګام کې د فزيکي پلان دارقامو پر اساس د پروستټ غدې درملنه د لمفاوي غوټوسره يوځای آن ترڅلورپنځوس ګرې 54 Gy پوري دوام لري . داساحه په تورونا‌پرې شووکرښوکښل شوې ده .
- په دويم ګام کې محلي لمفاوي غوټې د وړانګوساحې څخه بهرپاتې کيږي داځکه چې دزغم وړ انرژي (Tolerance dose) سرحديي څلورپنځوس ګرې 54 Gy ټاکل شوی دی .
- د پروستټ غدې (بوست) لپاره هم دفزيکي پلان پر اساس د وړانګوساحه ټاکل کيږي چې په پرې شووکرښوباندې کښل شوې دي . په درېيم ګام کې د پروستټ غدې (بوست Boost) لپاره د وړانګودرملنه نورهم دوام کوې اودځلورپنځوس ګرې 54 Gy څخه تردوه اويا‌ګرې پورې په عادي توګه رسيږي. په بله معنی د پروستټ غدې ددرملنې لپاره په ټوليزه توګه آن تردوه اويا‌ګرې 72 Gy پورې انرژي ډوزپه کارده .



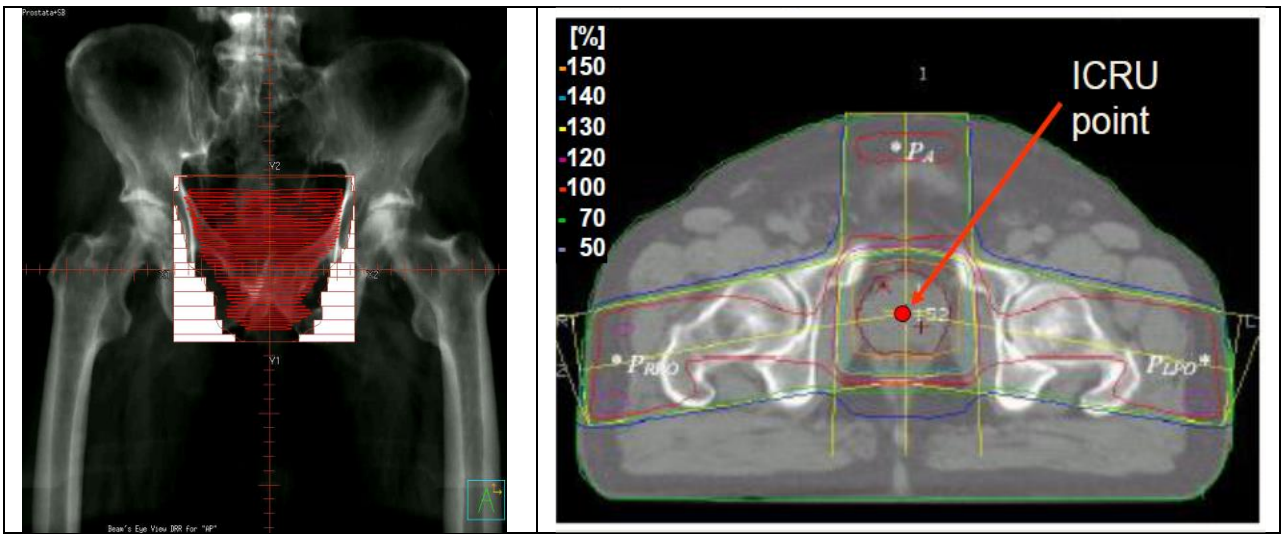
۱۶- ۵۷ شکل : د پروسټاټ غدی بوست (Boost) ددرملنې لپاره د څرخېد ونکو وړانګیزوساحو فزیکي پلان تخنیک ښوول شوی دی . نوموړی تخنیک ددوه څرخېدونکوبرخوځخه جوړدی اودبایسیګمینتل تشعشع تخنیک Bisegmental irradiation په نوم سره یادیږي .

کینې خواته د شپږمیګاولټ6 MV-x فوتون وړانګواو ښي خواته د اته میګا ولټ 8 MV-x فوتون وړانګو انرژی ډوزوېش ښوول شوی دی . دانرژي ډوزوېش په ډاګه کوي چې داته میګاولټ فوتون انرژي ډوز دشپږمیګاولټ فوتون انرژي ډوز په پرتله مساعدایزوډوز isiodose وېش لري . داځکه چې مقعد rectum ته لږ وړانګې رسیږي .بلخوا د پروسټاټ غدی بوست (Boost) حجم ته دتجویزشوې انرژي څخه پنځه نوي سلنه 95% انرژي ډوزرسیږي .



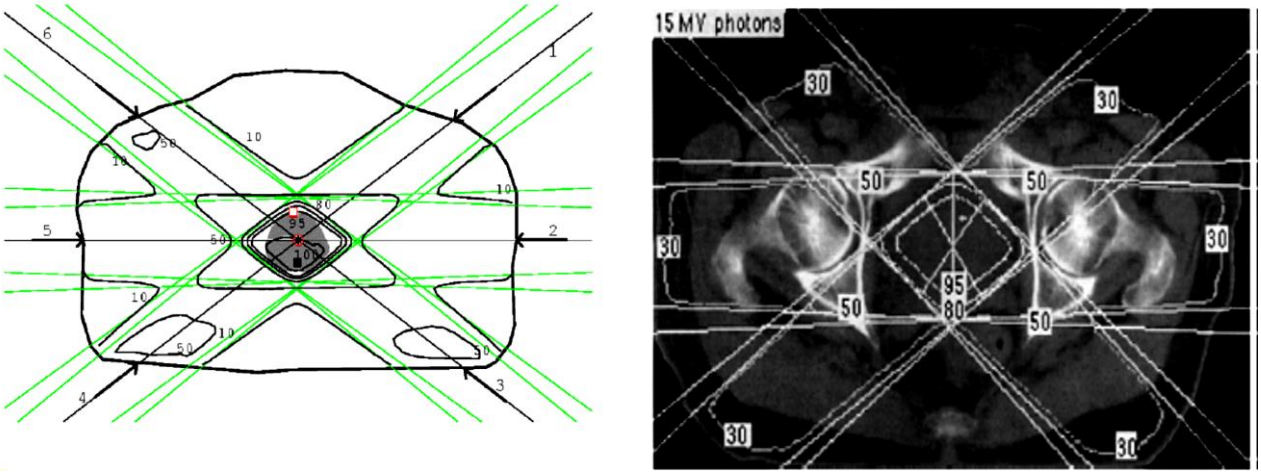
۱۶- ۵۸ شکل : د پروسټاټ غدي سرطان وړانګیزې درملنې فزیکي پلان ښوول شوی دی چې په خپل وارسره ترانسورس یاپه ساره پرې شوې سطحه Transverse plane ، فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane اوزاجیتل پرې شوې سطحه Sagittal plane کې دانرژي ډوزویش رابنیي. د پروسټاټ غدې حجم په اسمانې رنګ کښل شوی دی اودشپرو وړانګیزوساحوپه مټ رښاکیږي.

په پورتني فزیکي پلان کې شپږ وړانګیزې ساحې دلاندې زاویوله خوا , (0^0 , 90^0 ,120^0 ,180^0 , 220^0,270^0) کارول شوې دي . د پروسټاټ غده د ,95% ایزوډوزکربنې څخه محدوده شوې ده. د تراپي ماشین ایزوسنټر iso د پروسټاټ غدې یعنې PTV په منځ کې ټاکل شوی دی .

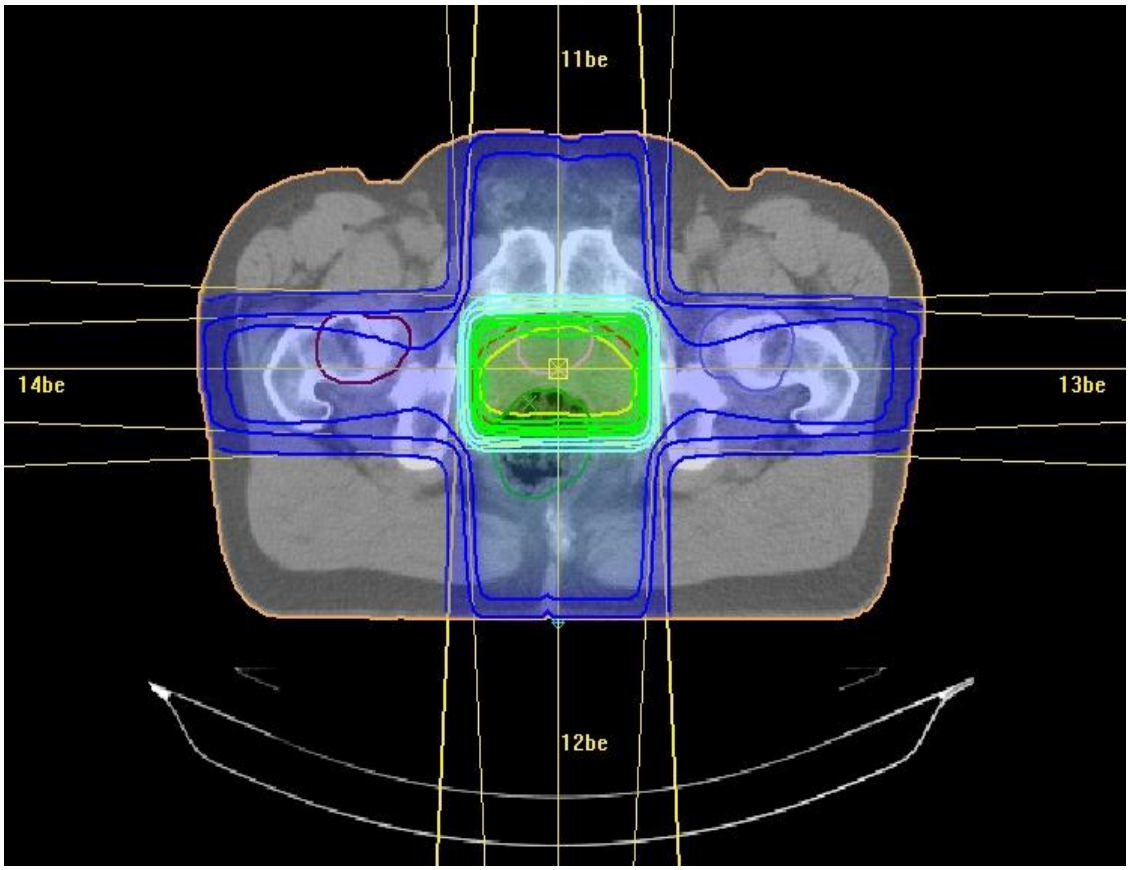


١٦- ٥٩ شکل : کين خواته د پروسټاټ غدې د اکس وړانګودرې بعده تصويرDRR ښوول شوی دی چې د مخ خوانه شاخواته AP اخيستل شوی دی . دکلينيکي نښې حجم CTV په سوررنګ اودملټي ليف کوليمېټر MLC پاڼې په سپين رنګ کښل شوې دي . digitally reconstructed radiographs (DRR)

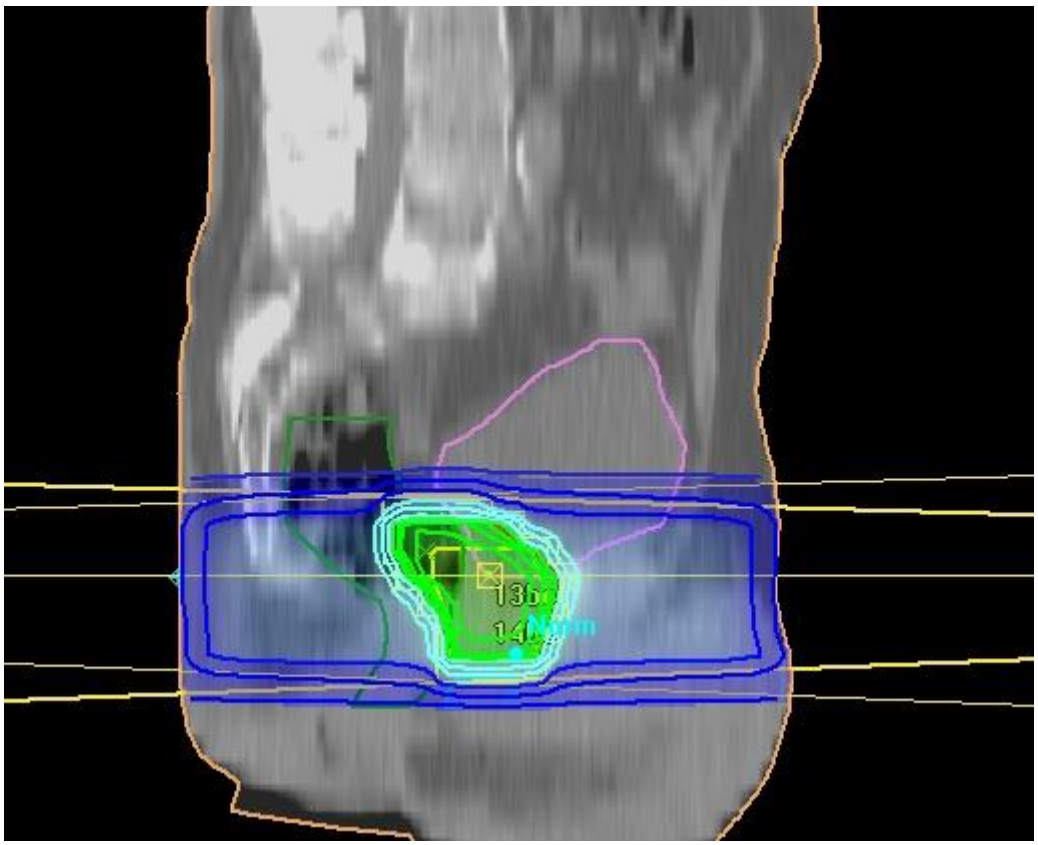
ښې خواته دپروسټيت غدي بوست Boost راډيو تراپي فزيکي پلان د SSD تخنيک په کارولوسره کښل شوی دی چې ددريووړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي . دفوتون وړانګوانرژي 6 MV ده اود ICRU په ټکي کې دتجويزشوې انرژي برخه سل په سل ټاکل شوې ده



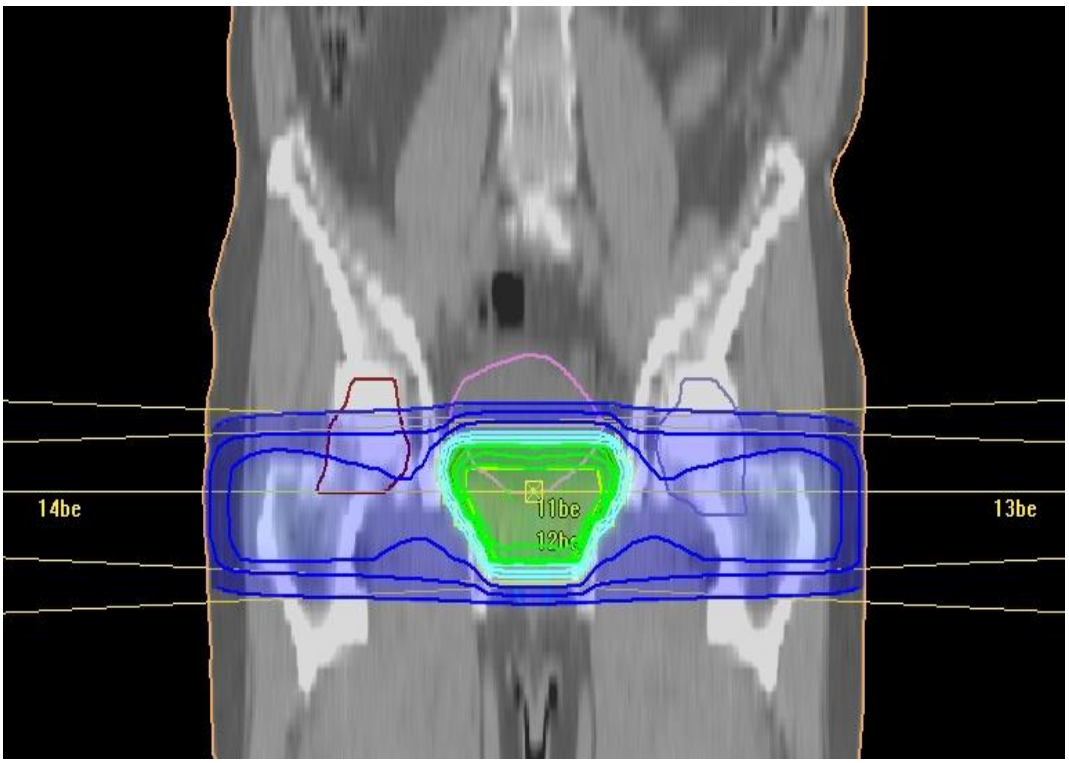
١٦- ٦٠ شکل: د پروسټاټ غدی بوست (Boost) وړانګيزې درملنې لپاره دفزيکي پلان تخنيک ښوول شوی دی چې د شپږوساکنو وړانګيزو ساحوپه مټ ترسره کيږي. په نوموړی تخنيک کې دمخامخ ساکن وړانګې ساحې ventral اودشاخواساکن وړانګې dorsal څخه صرف نظرشوی دی ترڅومقعد اودمتيازې کڅوړه د وړانګودخطرڅخه خوندې وساتل شي. د پروسټاټ غدی بوست دايزوډوز پنځه نوې سلنې کرښې 95% په واسطه محدودشوی دی. دايزوډوز کرښې په 30%, 50% ,95%,80% باندې کښل شوې دي.



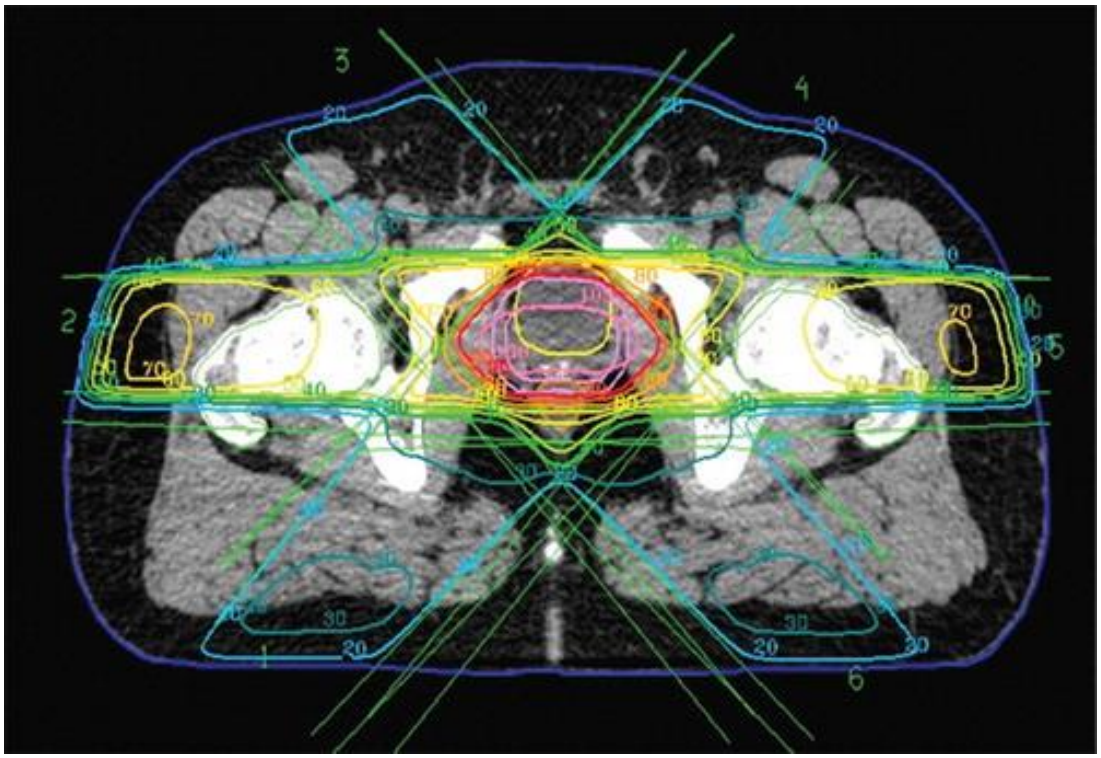
a



b

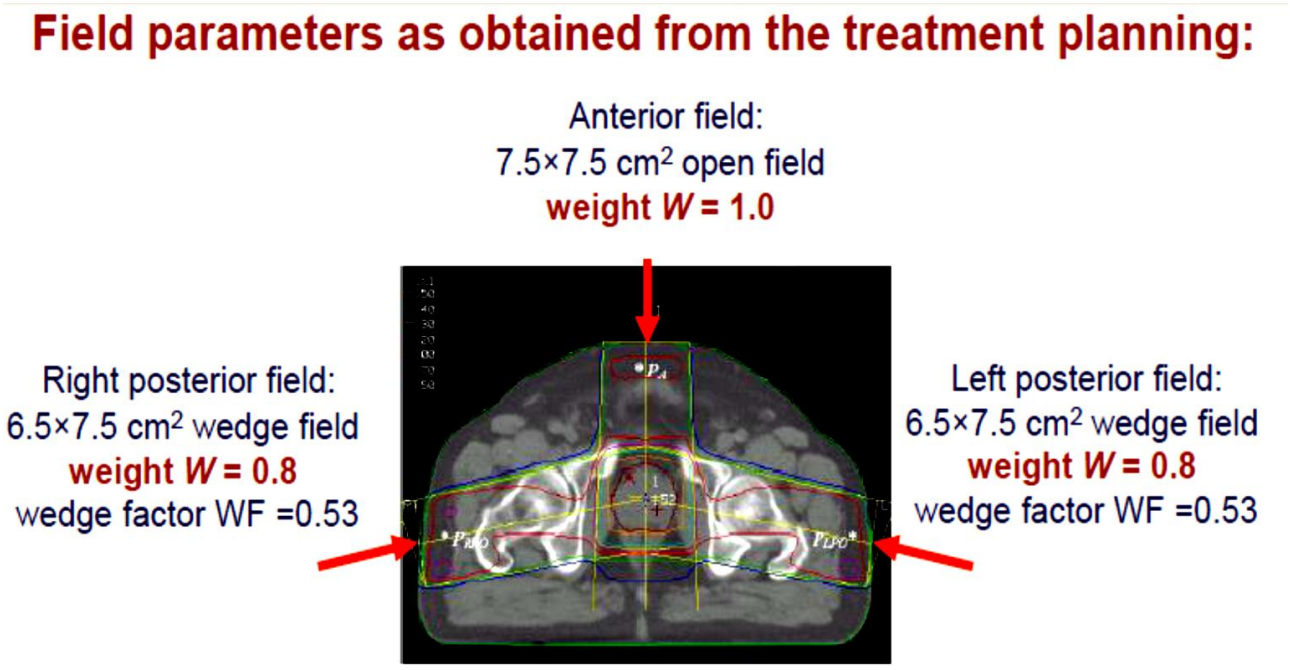


C



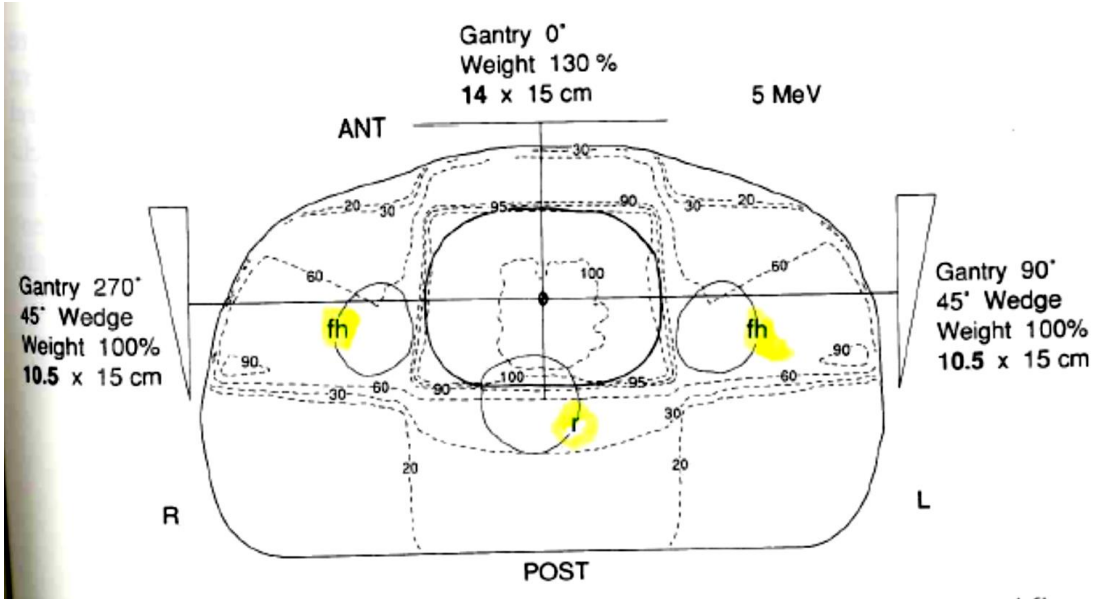
d

١٦- ٦١ شکل : د پروستاټ غدي سرطان وړانګيزې درملنې فزيکي توپيرلرونکې پلانونه a, b, c , d ښوول شوی دي چې دتومور پلان حجم PTV دځلور واوشپږو وړانګيزوساحوپه مټ ترسره کيږي .



١٦- ٦٢ شکل : د پروستاټ غدې راډيوتراپي پلان کښل شوی دی کله چې د کلينيکي تومور حجم کوچنی وي لکه د **Boost** حجم. په نوموړي راډيوتراپي پلان کې دپروستاټ غدي ته په لوړه کچه انرژي ډوزرسيږي او دمقعدشاخوادیوال ته ډيرلږانرژي ډوزرسيږي . مؤاخذ:

Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students - 7.7.1 Slide 7



١٦- ٦٣ شکل : : د پروستاټ غدې راډيوتراپي پلان PTV کښل شوی دی کله چې د کلينيکي تومورحجم غټ وي CTV خو seminal vesicle ته غځيدلی نه وي .

- **د پروستاټ غدي دعلاج و ړ درملنې انرژي ډوزوېش پلان :**

که چېرته يوازې د پروستاټ غده په سرطاني ناروغۍ اخته وي اودکپسل يعنې پوش څخه ناروغي ګاونډيوغړولکه لګن خاصره اودمنې کڅوړې ته انتشارنه وي کړي نو د پروستاټ رغووونکې اويا په بله معنی دمعالجې وړ درملنه curative ترسره کيږي .د پروستاټ غدې ته شپږشپيته ګرې Gy 66 په درې ديرش برخو(فرکشن) کې ورکول کيږي . ټوله درملنه شپږنيمې اونۍ دوام کوي اوپه اونۍ کې پينځه ورځې اوهره ورځ دوه ګرې Gy 2 وړانګې پروستاټ غدي ته ورکول کيږي .

که چېرته د پروستاټ غده اوهمدارنګه دمنې کڅوړه دسرطان په ناروغۍ اخته وی اوددرملنې موخه درنځ علاج کول وي چې د(کيورېټيو Curative راډيو تراپي) په نوم يادېږي، نود پروستاټ غدې اودمنې کڅوړې درملنه په يوه پراوکې ترسره کيږي .

په ټوليزه توګه څلوراويا ګرې Gy 74 داوه ديرش ورځو 37 په موده کې هره ورځ دوه ګرې Gy 2 اوپه هره اونۍ کې پنځه ورځې ورکول کيږي .

د پروستاټ غدې اودمنې کڅوړې علاج په دووپرلپسې پراوونوکې ترسره کيږي .

لومړی پراو : په لومړې پراوکې د پروستاټ غدې اومنې کڅوړې ته هره ورځ دوه ګرې وړانګې ورکول کيږي . ددرملنې موده اته وښت ورځې دوام کوي . نوموړوغړوته په پنځه نيمواونيوکې شپږپنځوس ګرې Gy 56 رسيږي .

دويم پراو : په دويم پراوکې يوازې د پروستاټ غدې ته اتلس ګرې Gy 18 ورکول کيږي چې هره ورځ دوه ګرې کيږي . درملنه يې نهه ورځې دوام کوي . په پايله کې ټوليزانرژي ډوز څلوراويا ګرې سره مساوي دی. داځکه چې: Gy 74 =18 Gy+56 Gy

که چېرته ددرملنې موخه د پروستاټ غدې اودمنې کڅوړې برسيره دلګن خاصرې لمفاوي غوټې درنځ علاج کول هم وي، نو درملنه يې په دريوپراوونوکې ترسره کيږي چې په اخر کې د پروستاټ غدې ته څلوراوياګرې Gy 74 رسږي.

لومړی پراو: دلګن خاصره لمفاوي غوټې او پروستاټ غدې اومنې کڅوړې ته په مجموع کې شپږڅلويښت ګرې Gy 46 وړانګې ددرويشت ورځولپاره ورکول کيږي چې ټوله درملنه څلورنيم اونۍ دوام کوي . په هره يوه اونۍ کې پنځه ورځې اوهره ورځ دوه ګرې Gy 2 وړانګې ورکول کيږي .

دويم پراو: دلګن خاصرې لمفا وي غوټو ته وړانګې نه ورکول کيږي خو د پروستاټ غده اودمنې کڅوړې ته په يوه اونۍ کې پنځه ورځې اوهره ورځ دوه ګرې Gy 2 وړانګې ورکول کيږي . نوموړوغړوته په مجموع کې لس ګرې Gy 10 رسيږي

دريم پراو: يوازې د پروستاټ غدې ته اتلس ګرې Gy 18 وړانګې دنهوورځوپه موده کې ورکول کيږي . په اونۍ کې پنځه ورځې او هره ورځ دوه ګرې قيمت لري . په پايله کې پروستاټ غدې ته په مجموع کې څلوراوياګرې Gy 74 وړانګې رسيږي .

داځکه چې : Gy 74 = Gy 46+Gy 18+Gy 10

- **دتسکين کونکې درملنې انرژي ډوزوېش پلان :**

- د پروستاټ غدې ته ددوه اونيوپه موده کې ديرش ګرې Gy 30 وړانګې ورکول کيږي . په اونۍ کې پينځه ورځې اوهره ورځ دري ګرې Gy 3 وړانګې ټاکل کيږي .
- دهډوکودردکمښت اوتسکين په موخه په يوه ځل باندې اته ګرېGy 8 وړانګې ورکول کيږی . ياداچې په يوه اونۍ کې پنځه ورځې اوهره ورځ څلور ګرېGy 4 وړانګې ورکول کيږي چې مجموعه يې شل ګرې Gy 20 کيږي .

که يوازې دلمفاوي غوټو درملنه کيږي نوشل ګرې 20 Gy په پنځه برخوکي ورکول کيږي چې يوه اونۍ دوام کوي اوپه يوه اونۍ کې پنځه ورځې اوهره ورځ څلورګرې 4Gy وړانګې ورکول کيږي

که چيرته دپروسټاټ غدې سرطان په خپل ځای کې لا پاتې وي اودبدن بل ځای ته مېتاستاز نه وي کړی نوپه لاندې جدول کې ددرملنې لارې چارې ښوول شوې دي ،

Box 28.1 Treatment options for localised prostate cancer

Low risk: (T1–T2a), PSA <10 ng/mL, GS ⩽6)

- Active surveillance
- Prostate iodine-125 brachytherapy
- Radical prostatectomy (open/laparoscopic/robotic)
- Radical EBRT ± 6 months HT
- Watchful waiting

Intermediate risk (T2b or PSA 10–20 or GS 7)

- Prostate ^{125}I brachytherapy (T2b GS 3+4 [in <50 per cent tumour sample] and PSA <15)
- Radical prostatectomy (open/laparoscopic/robotic)
- Radical EBRT with 6 months HT (±WPRT)
- Watchful waiting

High risk:(⩾T2c–T4 or PSA >20 or GS ⩾8)

- Radical EBRT with 2–3 years HT (±WPRT)
- Hormone therapy alone
- Watchful waiting

HT, hormone therapy; WPRT, whole pelvis radiotherapy.

څرنګه چې د پروسټاټ غدي (بوست) په درملنه کې دتومورحجم کوچنی کيږي نوورسره سم د وړانګوساحه هم کوچنی ټاکل کيږی . په پايله کې هغه فزيکي پلان عملي کيږي چې يوخواد پروسټاټ غدي په حجم کې دانرژي ډوزمتجانس ويش وي اوبلخواد وړانګو دخطرسره مخامخ غړي لکه مقعد اودمتيازې کڅوړه دوس سره سم د وړانګودخطرڅخه خوندي وساتل شي. په ټوليزه توګه د پروسټاټ غدي (بوست Boost) لپاره هراړخيزتخنيکونه لکه دشپږوساکنو وړانګيزو ساحو اويا متحرکو څرخېد ونکو وړانګيزو ساحوتخنيک rotational irradiation کارول کيږی .

دپام وړ :

GTV = دپروسټاټ غدې په خبيث توموراخته شوو نسجونوحجم ته بوسټ Boost ويل کيږي اود Prostate gland سره مساوي دی .

دسينې سرطان : (Breast Cancer)

سريزه :.

دسينې سرطان يوډول خبيث توموردی چې دسينې غدوپه نلونو ducts اولوبونوLobules کې منځ ته راځي اوپه پايله کې سرطانې حجرې پرته له کنتروله ډيرښت مومي.

دسينې سرطان اصلي لامل لاتراوسه معلوم نه دی او يوه ناڅاپه په يوه شخص کې پيداکيږي. خودخطرګڼ شمېر فکټورونه يې پېژندل شوي دي چې دسينې سرطان سره تړاولري.

خو که دسينې سرطان هرڅومره دمخه تشخيص شي، درملنه يې ښې پايلې لري.

په نړيواله کچه دسينې سرطان په ښځوکې يوه ډېره پېښيدونکې ناروغۍ ده چې دټولوسرطانونودډلې څخه 25% سلنه برخه تشکيلوي.

که څه هم په افغانستان کې دسينې سرطان په اړونددقيقه احصائيه نه شته خوډاکټران وايي چې نوموړې ناروغۍ هرکال ډېريدونکې ده. خو دا اوس هغومره د خواشينۍ خبره نه ده لکه ۲۰ کاله د مخه چې وه. ځېړنو، ښې درملنې او عامه پوهاوي ډېره مرسته کړې ده. بلخواهمدااوس په افغانستان کې د سينې سرطان پر وړاندې د مبارزې لومړی هلې ځلي دجمهوريت په روغتون کې پيل شوې دي.

دسينې سرطان درملنه دنوموړې ناروغۍ دپرمخ تللي پړاوسره مطابق ټاکل کيږي اوعبارت دی له :

عملياتودرملنه،کيمياوي درملنه، د وړانګودرملنه.دهورمون درملنه اوداسې نورهم درواخله .

که دسينې سرطان په ابتدايي پړاوکې و پېژندل شي، په اسانه يې درملنه کېدای شي. خو که دسينې سرطان خپلې ريښې دبدن نوروغړوته غځولي وي نو بيا يې علاج کوونکی curative treatment درملنه ګرانه ده .

د سينې سرطان په معالجه کې ژر تشخيص ډير اړين دی او که تاسو د دې ناروغۍ په نښو نښانو پوه شئ نو مخه پې هم ژر نيولی شئ. له بده مرغه د سينې سرطان په پيل کې خاصه نښه نه لري خو که تاسو کله ناکله خپله سينه په خپله معاينه کړئ ،نو ممکن درسره زياته مرسته وکړي. په بله معنی هره ورځ يوځل خپلې سينې په خپله معاينه کوئ . خو غوره دا ده چې په کال کې يو ځل ښځينه ډاکټره دغه کار وکړي . په دې ډول ممکن سرطان په لومړني پړاو کې تشخيص کړی شي .

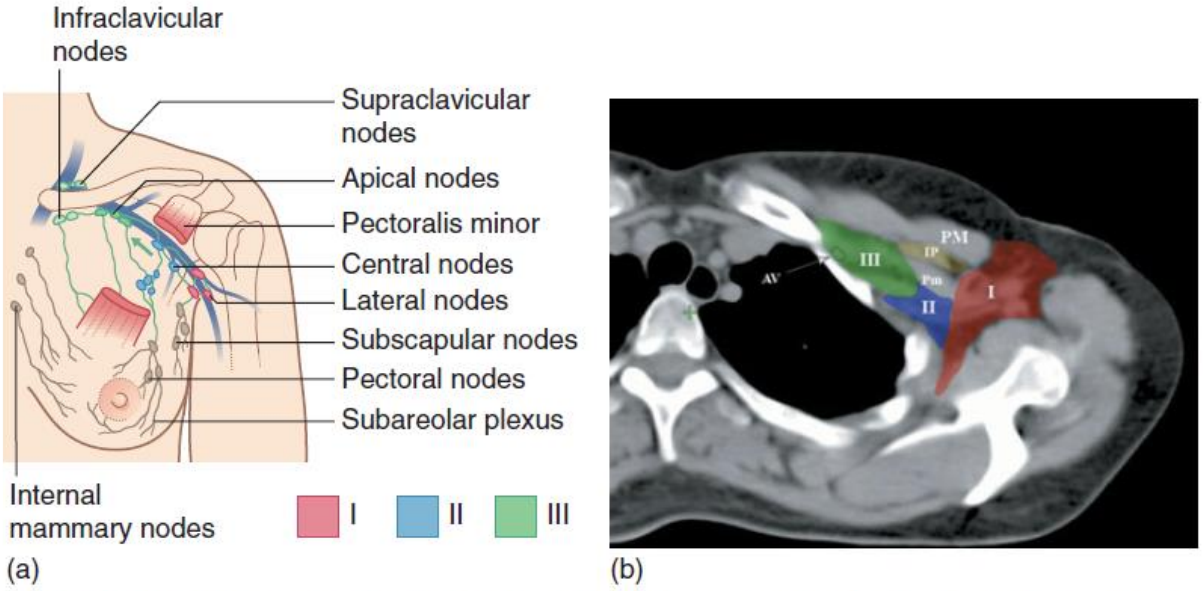
- **دسينې اناتومي :Breast Anatomy**

په ١٦- ٦۴ شکل کې دسينې ساده اناتومي جوړښت کښل شوی دی. په ډېری سره دسينې سرطان دهغونلونوپه حجروکې منځ ته راځي چې شدي ورڅخه راوځي. دښځې سينه ددريوبرخوڅخه جوړه شوې ده .

١. **غدې glands :** دسينې غدي شدي توليدکوي

٢. **دشدې نلونه ducts :** دښځې دسينې رګونه دي چې شدې دنلونو په مټ دتي څوکې Nipple ته انتقال کيږي

٣. **ټرونکی نسج connective tissue :** .ټرونکی نسج يوډول پوست نل دی چې داټول شيان سره يوځای کلک ساتي.



١٦- ٦۴ شکل : a) دسينې لمفا تيک بهير اودځايزغوټو Nodes اناتومي اوځايزويش کښل شوی دی .

b) دکينې خواتخرګ axilla په ساره پرې شوې سي ټي سکن Transverse CT scan اوهلته دتوپيرلرونکوليولونو levels I–III axillary lymph nodes موقعيت کښل شوی دي .

• دسينې سرطان دخطرفکټورونه :(Breast Cancer Risk Factors)

که څه هم د سينې سرطان اصلي لامونه لا تراوسه معلوم نه دي خودخطرفکټورونه Risk Factors يې ښائيسته زيات پېژندل شوي دي . دخطرفکټورونه په لاندې ډول دي:

- ډير وزن درلودونکې ميرمنې چې دبدن کتلې اندکس يې ددېرش سانتې متروڅخه لوړوي. (Body-mass-index > 30).
- په ډيروچاغوميرمنوکې دميتابااليزم Metabolism کړنلاره داسې پايلې لري چې په وينه کې دايستروجن estrogen مقدارزياتوي.
- هغه ميرمنې چې لږ فزيکي فعاليت لري،دخطرفکټوريې ~10% لس سلنې ته رسيږي
- هغه ميرمنې چې دشل ګراموڅخه ډيرشراب څښي اوسګرټ څکوي دخطرفکټوريې آن ترپنځوی سلنې 50% پورې لوړکيږي
- بهرني عوامل لکه، راډيو اکټيف مواداو آيونايز وونکې وړانګې،
- په زهرجنوکيمياوي،بيالوژيکي اوراډيواکټيف موادودهوا ککړتيا،
- دغيرصحي خوراکي موادوتغذيه، دويټامين ډي کمښت
- هغه پېغلې نجونه چې عمريې ددولسوکالونوڅخه ټيټ وي اولومړی حيض ورته راشي.
- هغه ښځې چې دسينې نسجونوکثافت يې دشحم نسج په پرتله 35% ډيروي
- که په وينه کې دټيستوسټرون هورمون testosterone او ايستروجن Estrogen هورمون مقداردنارمل څخه ډيروي
- هغه ښځې چې دجنسي هورمونولکه Estrogen هورمون اوProgestogen په مټ درملنه ترسره کوي دسينې سرطان دخطرکچه 45 % زياتوي.
- هغه ښځې چې عمريې دپنځه پنځوس کالوڅخه لوړوي اواولادوزيږوي اويادا چې هيڅ اولادې نه وي زيږيولی
- دځلويښتوکالونوڅخه پورته د لوړ عمر ميرمنې.

- لږه د پنځه خخه ترلس سلنه برخه 5–10% پوري دسينې سرطان ارثي لامل لري چې دوالدينويوه تن څخه په ارثي توګه اولادونوته انتقال کېدای شي.د ببلګې په توګه که چېرته ديوې ښځې په BRCA1 جين اويا BRCA2 جين کې ميوتيشن يعنې بدلون منځ ته راغلی وي نواحتمال يې ډيرزيات دی چې دسينې سرطان په ناروغۍ اخته شي.
- که ديوې ښځې يوخوا سينه دسرطان په ناروغۍ اخته شوې وي نوپه ډيراحتمال سره بلخوا سينه يې هم دسرطان په ناروغۍ اخته کيږي.
- هغه ښځې چې دوينې شکرناروغۍ ولري اويادشپې له خواپه فابريکه کې کارکوي دسينې سرطان خطريې ډيردی
- داسې اټکل کيږي چې دسينې سرطان کوم چې ارثي لامل لري څکه منځ ته راځي چې دناروغ په اولسم کروموزوم Chromosom 17 يوه جين کې بدلون ميتېشن mutation منځ ته راځي اوپه پايله کې خپله دنده په سمه توګه نه شي ترسره کولای. ، دوه ډوله جينونه پېژندل شوي دي.
- لومړی جين Breast-Cancer-Genen BRCA1
- دويم جين BRCA2 په نوم يادېږي .
- دنوموړوسالموجينونودنده داده چې دخبيث تومورډمخنيوي په موخه ځانګړي پروتين توليدکړي. څلورپاتې جينونه هم شته دي چې دسينې سرطان لامل ګرځيدلای شي.
- يوبل جين هم پېژندل شوی دی چې د p53 په نوم سره يادېږي . دنوموړي جين دنده داده چې دتوموردغټيدلواودسرطان حجرې دويشتوب کړنلاره کنترول کړي اوپرې نږدي چې سرطاني حجره په خپل سراوبې کنترولە خپل ځان وويشي . خوکله چې پخپله په p53 جين کې ميوتيشن منځ ته راشي نوخپله دنده په سمه توګه نه شي ترسره کولای. په پايله کې سرطاني حجرې پرته له کنترولە ډيرښت مومي.

■ دسينې سرطان نښې نښانې :Breast cancer Symptoms

د سينې سرطان ترټولولومړي اودپام ورنښې نښانې په سينه کې دنسج غوټه اونغښتې کتله ده lump چې د سينې پاتې نورنسج سره توپيرښيي. د سينې سرطان لږه 80% برخه پخپله دښځې په مټ پېژندل کېدای شي کله چې هغه په سينې کې دلاس ګوتوپه لمس کولو palpation سره دنسج يوه ټينګه کتله حس کړي.

خوترټولوړومبی اودباورورتشخيص دماموګرافي Mammography په مټ ترسره کيږي. که چېرته په لمفاوي غدوکې دنسج يوه ټينګه کتله ومومندل شي نو کېدای ښې چې د سينې سرطان سره تړاوولري. د سينې سرطان توپيرلرونکې نښې نښانې لري. که لاندې نښې موپه سينې کې وليدلې نو حتما ډاکټر ته ورشئ.

- په سينه اويا تخرګ کې د غوټې په شان Lump دنسج ټينګه کتله پيدا کېدل. شايد درد هم ونلري
- دسينې يوې برخې پرسوب اويا پنډکيدل
- که يې د پوستکي رنګ نارنج ته ورته اوښتی وي او سخت شوی وي. دا د سينې د سرطان پرمختللې بڼه ده.
- دسينې په رنګ، شکل او حجم کې تغير راتلل.
- دپوستکي ګينجې کيدل،اويادسينې په يوه برخه کې دردحس کول
- دنامالومه لامله دوزن بايلل اوداشتهانه شتون
- د سينې پرسوب، سوروالی او ګرم والی
- دسينې څوکې څخه دشفاف مايع اوياوينې افرازکيدل،
- د تي سر Nipple په سينې کې د دننه خواته ننوتل اودردلرل
- که مو د سينې د څوکو شاوخوا پوستکی وچ شي او پوستکی اچول بې پيل کړل نو دا هم ممکن د خطر يوه نښه وي.

- که مو د سينې پوستکی ګونځې شو اويا ېې حساسيت تر پخوا زيات شوي وي چې په لږ لمس سره هم درد کوي نو بايد د نورو معايناتو لپاره اقدام وکړئ
- دسينې التهابي سرطان يوډول ډيريرغل کوونکی سرطان دی چې سينه پړسيږي،تخماريږ،دردلري،دسينې څوکه سرچپه کيږي،سينې تودېږي اورنګ يې سورکيږي. بلخوا کېدای شي سينه زيړرنګ هم ځانته غوره کړي.
- که چېرته دسينې سرطاني حجرې دبدن بل ځای ته غځيدلې وي ،نو کېدای شي چې په لومړي ګام کې ماغزو،هډوکو،سږی اوينې ته وغځيږي. په پايله کې دهډوکودردشتون لري،دبدن لمفاوي غوټې ستريږي،نفس تنګي منځ ته راځي اوياپوستکی زيړرنګ ځانته غوره کوي.دوزن کمښت، توده تبه اوياسړه تبه هم کېدای شي چې دسرطان نښې نښانې سره تړاوولري
- حتمي نه ده چې پورتنۍ نښې دې دسينې سرطان ناروغۍ سره تړاوولري بلکې نورې ناروغۍ هم ورته نښې نښانې لري. د ېېلګې په توګه په سينه کې غوټې Lumps يواځې د سرطان له امله نه پيدا کېږي بلکې د مېرمنو مياشتنې دوران Menstrual Cycle کې د تغيراتو له امله هم کېدای شي منځ ته راشي.

• دسينې سرطان پېژندنه (Diagnosis) :

دسينې سرطان د پېژندنې لپاره په لومړي ګام کې پخپله دځان معاينه کول self-examination ترټولواغيزمنه اواسانه طريقه ده. د ساري په ډول دفزيکي معاينې په ترڅ کې دسرطانې نسجونو لومړی نښې پخپله دښځې دلاس ګوتوپه مټ پېژندل کيږي . په دې معنی چې کله دلاس په واسطه دسينې نسجونه کلک وموښل palpation شي نودسرطان نسجونه لکه ديوې کلکې غوټې په شان،التهاب اويادپړسوب په توګه حس کيږي. نومورې نسجونه دنارمل نسجونوسره په توپيرسره حس کيږي. دسينې سرطان لږځه اتياسلنه 80% برخه سرطان په همدې توګه تشخيص کېدای شي .

دسينې سرطان ترټولولومړي اودپام ورځنۍ نښانې په سينه کې دنسج غوټه اونغښتې کتله ده lump چې دسينې پاتې نورنسج سره توپيرښيي.

بلخواکه چېرته په سينه کې يوه غوټه و پېژندل شي نوحتمي نه ده چې دابه دسينې سرطان وي. داځکه چې دسرطان ناروغۍ څخه پرته نورې ناروغۍ هم پېژندل شوي دي چې په سينه کې غوټې منځ ته راولي .

که چېرته دسينې سرطان ديوسانټې مترڅخه کوچنی وي 1cm > نو دباور ور پېژندنه يوازې دطبي آلاتولکه ماموګرافي Mammography په مټ ترسره کيږي.

بلخوادسينې سرطان ډيرډولونه دمايکروسکوپ په مرسته پېژندل کېدای شي. د ېېلګې په توګه لکه ادينوکارسينوم Adenocarzinomد سينې يوډول سرطان دی چې آن % 70–80 په سينه کې منځ ته راځي. دنومورې موخې لپاره دسينې شکمنې برخې څخه يوه نمونه اخيستل کيږي اوترمايکروسکوپ لاندې معاينه کيږي. نومورې کړنلارې ته بيوپسي Biopsy ويل کيږي .بيوپسي ترټولودباورور،معياري او پېژندل شوې کړنلاره ده.

کله چې يوه ښځه په خپله سينه کې پړسوب اوياغوټه پيداکړي نوبايدچې سمدلاسه ښځينه اويانارينه ډاکټرته مراجعه وکړي .

که چېرته کورنی ډاکټردمعاينه کولوپه ترڅ کې په دې شکمن شي چې کېدای شي دسينې سرطان شتون ولري نوپه لومړي ګام کې هراړخيزې کلينيکي اوطبي کړنلارې ترسره کوي. دسينې سرطان د پېژندنې په موخه لاندې پوښتنې ترغورلاندې نيول کيږي.

- ✓ په رښتياسره په سينه کې يو تومور Tumor شته دی؟
- ✓ سليم تومورډی اوکه خبيث تومورډی؟
- ✓ کوم ډول خبيث تومورډی؟
- ✓ تومورډسينې په کوم ځای کې دی ؟
- ✓ دښځې صحي حالت څنګه دی؟
- ✓ ناروغۍ څومره پرمخ تللې ده؟
- ✓ ناروغۍ دبدن نوروغړوته غځيدلې ده؟

✓ کله چې کورنۍ ډاکټردناروغۍ بشپړ پېژندنې په تړاوپوره مالومت ترلاسه کړنو په پايله کې دمسلکې ډاکټرانو يوه غونډه کيږي چې ګڼه ناروغ ته ترټولوکوم ډول ګټوره درملنه ورکړه شي.

دنوموړوپوښتنوپه پام کې نيولوسره کورنۍ ډاکټردلاندې طبي آلاتوڅخه کاراخلي .د بېلګې په توګه لکه التړاسوند ،ماموګرافي ، سي ټي سکن CT scans ، پېټ PET ، MRI اوسکريننګ screening دیادلووړدی.

- **دوينې بشپړه معاينه (CBC) :**

په لومړي ګام کې دناروغ دوينې بشپړه معاينه (CBC) ترسره کيږي ترڅو دوينې هراړخيزې حجرولکه سرو کروياتو،سپينو کروياتواو صفيحاتو **thrombocytes** شمېر معلوم شي. دوينې معاينه په ډاګه کوي چې ايادهډوکي ماغزه په صحيح توګه کارکوي اودوينې نارمل شمېر حجرې جوړولای شي اوکه نه؟

- **دسيرم کيمياوي معاينه Serum chemistry :**

همدارنګه دسيرم کيمياوي معاينه **Serum chemistry** يوډول لابراتواري کړنلاره ده چې په سېرم **Serum** کې دځينو مينرالونو، انزايمونو،پروټينواندازه ټاکل کيږي . ترڅومالومه شي چې ايادبدن غړي لکه : ينه، مجاری صفراوی،پښتورګې اوداسې نوردرواخله په صحيح توګه کارکوي اوکه نه؟

- **دهېپاتايټيس معاينه Hepatitis tests :**

د بېلګې په توګه که په وينه کې دکلسيم مقدارډيروي نو کېدای شي چې دسينې سرطان هډوکوته غځيدلی وي. بلخوا دهېپاتايټيس معاينه **Hepatitis tests** کول هم اړين ده چې دينې التهاب معلوم شي .داځکه چې که دينې التهاب شتون ولري نودسينې سرطان کيمياوي درملنه ترسوال لاندې راځي.

- **دوينې تومورمارکرمعاينه: .Blood tumor marker tests**

بلخوادوينې تومورمارکرمعاينه يوبل ډول کړنلاره ده چې دوينې په سيرم کې دتومورمارکرپروټينو tumor proteins مقدارمالوموي. که چېرته په سيرم کې دنوموړي پروټين مقداردنارمل په پرتله لوړقيمت ولري نو کېدای شي چې دسرطان اويادغيرسرطان ناروغۍ سره تړاوولري.

- **دهډوکوسکين Bone scan:**

که چېرته دسرطان ناروغۍ هډوکوته غځيدلي وي نودهډوکوسکين **Bone scan** کړنلاري په مټ پېژندل کيږي. دیادلووړده چې دسرطان څخه پرته نورې ناروغۍ هم شته دي چې په وينه کې دانزايمونو ،پروټينو اومينرالونومقدارته تغيرورکوي. نوله دې کبله حتمي نه ده چې دسرطان ناروغۍ سره تړاوولري.

- **دسينې بيوپسي : Breast biopsy**

دسينې هغې برخې څخه چې دسرطان ناروغۍ شک ورباندې کيږي يوه نمونه اخيستل کيږي اوترمايکروسکوپ لاندې معاينه کيږي . نوموړې کړنلاره دبايپسي په نوم يادیږي. دسينې سرطان ډيرډولونه دمايکروسکوپ په مرسته پېژندل کېدای شي. د بېلګې په توګه لکه ادينوکارسينوم Adenocarzinom دتيوسرطان يوډول دی چې آن % 70–80 په تيوکې منځ ته راځي. بيوپسي ترټولودباورو،معياري او پېژندل شوې کړنلاره ده.دبيوپسي پر اساس دسينې سرطان ډول يعنې ټايپ په صحيح توګه پېژندل کيږي.

➢ په پايله کې دډاکټر انويوې ډلې په مشورتي کنفرانس کې Tumor Board دسرطان درملنې چلنلارې او کړنلارې ټاکل کيږي چې دسرطان ټايپ اودناروغۍ پراوسره سم په پام کې نيول کيږي.

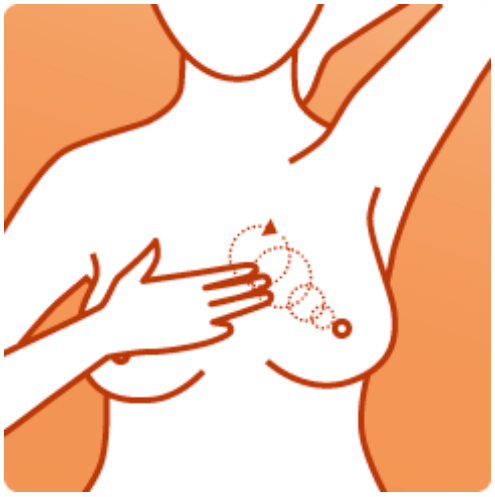
• دخپل ځان دمعاينه کولوکړنلاره:

دسينې سرطان د پېژندنې لپاره په خپله د ښځې په مرسته د سينې معاينه کول ډير اغيزمن کاردی. دنوموړې موخې لپاره ښايې هره ورځ دسهارپه وخت کې ښځه ديوې هنداري مخ ته ودريږي . هغه لاري چاري چې څنګه خپلې سينې معاينه کړئ په لاندې شکلونوکې تشريح شوې دي .



په ولاړې دسينې لمس کولومعاينه

- کينې لاس د کوپرې شاته وغځوئ
- دشي لاس منځنـی دريوگوتوپـه مرسـته دخپلـې کينې خواسينې پوستکی لمس کړئ
- اوس ددريوگوتوپه واسطه نومـوړی ځـای پـه زيـات اولړ فشارسره لمس کړئ
- نومـوړې کـړنلاره پـه ښـي خـوا سـينې بانـدې تکرارکړی



ددايروي شکله حرکتونومعاينه

- دکينـې سـينې ټټربرخـې څخـه دشي لاس دريومنځنيوگوتوپه مرسته دکينې سينې څـوکې خواته دايروي شکله حرکتونه پيل کړئ. دلمس کولوپـه تـرڅ کـې دگوتوپـه مـټ دډيرفشـاراولړ فشارپه ورکولوسره معاينه وشي .
- نومـوړې کـړنلاره پـه ښـي خـوا سـينې بانـدې تکرارکړئ



دکرښوپه شان حرکتونومعاينه

- دشي لاس منځنی دريوگوتوپه مرسته دکينې سينې پورتنی برخې څخه ښکته خواته دسم سيخ کرښې په شان خپله سينه لمس کړئ.
- ورپسې دکينې سـينې بهرخواڅخـه د سـينې دننـه خواته دسم سيخ کرښې په شـان کينـه سـينه لمـس کـړئ . دلمـس کولوپـه تـرڅ کـې دگوتوپـه مـټ دډيرفشاراولړ فشارپه ورکولوسره معاينه وشي .
- نومـوړې کـړنلاره پـه ښـي خـوا سـينې بانـدې هـم تکرارکړئ



دشعاع ډوله حرکتونومعاینه

- دکینې سینې بهر برخې څخه د سینې څوکي خواته دشعاع ډوله حرکتونوپه شان دهرې خواڅخه خپل کین سینې لمس کړئ.
- په زیات اولږفشارلاندې معاینه وکړئ
- نوموړې کړنلاره په ښي خوا سینې باندې هم تکرارکړئ



د سینې څوکې برخې معاینه کول

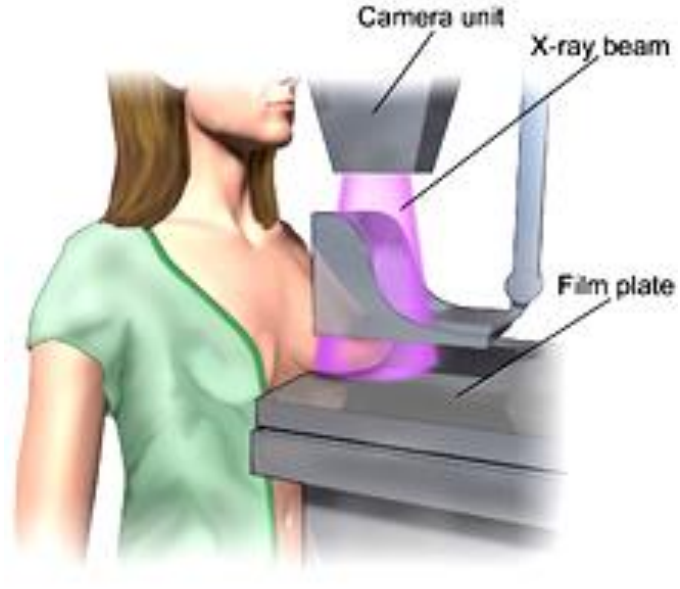
- دشی لاس غټې گوتې اودورښونې گوتې په مرسته دکینې سینې څوکه وموښل شي اودزیات او لږ فشارپه ورکولوسره معاینه شي
- که چېرته مایع ډوله موادد سینې څوکې څخه راووځي نوسمدلاسه ښځینه ډاکټرې ته مراجعه وکړئ
- نوموړې کړنلاره په ښي خوا سینې باندې هم تکرارکړئ

- **ماموگرافي : Diagnostic mammography**

ماموگرافي یوه طبي کړنلاره ده چې دټیټې انرژي (30 kVp) اکس وړانگوپه مټ دښځوپه سینه کې دسرطان ناروغی ډیروختي پېژندل کېدای شي. نوموړې آله دسینې اکس وړانگوعکسونه اخلي اودسرطان ناروغی برسیره نورې ناروغی لکه په سینه کې دکلسیم اونورو مینرالي موادو رسوب Microcalcification هم تشخیص کولای شي. څرنگه چې د اکس وړانگوڅخه گټه پورته کیږي نودروغتیاپه تړاودنوموړې آلې ډیرکارول ترسوال لاندې دی .

مخکې له دې چې په یوه ښځه کې دسینې سرطان نښې نښانې منځ ته راشي ځینوطبي آلاتوڅخه گټه پورته کیږي ترڅودمخنیوی لارې چارې پیل شي. دسینې دسکن کولوطبي آله اوکړنلاره چې دسینې سرطان په لومړې پړاوکې پېژندلی شي د Breast cancer screening په نوم یادیږي.

په نوموړې طبي آله کې د اکس وړانگوپه مټ دسینې عکس اخیستل کیږي.هرڅومره چې په یوچاکې دسرطان ناروغی دمخه و پېژندل شي هغومره یې دژوندمودې اوږدوالي احتمال زیاتیږي. په ١٦- ٦٥ شکل کې دماموگرام یوه طبي آله ښوول شوې ده.



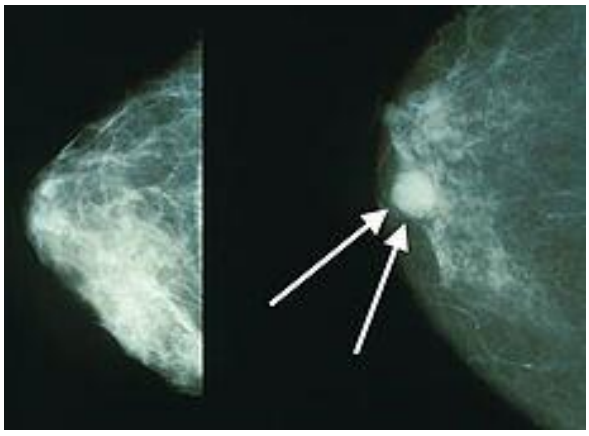
Mammogram

١٦- ٦٥ شکل : دماموګرافي طبي آله ښوول شوې ده چې دهغې په مټ دښځې سينې اکس وړانګو X-rays عکس يعنې ماموګرام mamogram اخيستل کيږي. (59)

نوموړې طبي آله دسينې سرطان ناروغۍ د پېژندنې په موخه ترټولونوروطريقوبرتري لري. داځکه چې دسرطان ناروغۍ اوهمدارنګه په سينه کې نورې ناروغۍ لکه په سينه کې دکلسيم اونورو مينرالونورسوب (calcification) په اعلی درجه تشخيص کولای شي.

دماموګرافي طبي آلې اکس وړانګوانرژی لږځه ديرش کيلو ولټ ۳۰ kVp قيمت لري. د اکس وړانګو انرژي دومره لوړه نه ده چې ناروغ دخطرسره مخامخ کړي. په نوموړې کړنلاره کې دښځې سينې ته دپاسه ځخه ښکته خواته فشارورکول کيږي ترڅودسينې پنډوالی لږشي اودثانوي پراګنده کوونکو اکس وړانګوScatter Radiation ناوړه اغيزې اومقدارلږشي . دفشارپه ورکولوسره د اکس وړانګودعکس ځايزتحليل spatial resolution ښه کيږي.

په ١٦- ٦٦ شکل کې دماموګرافي اکس وړانګوعکس ښوول شوی دی.

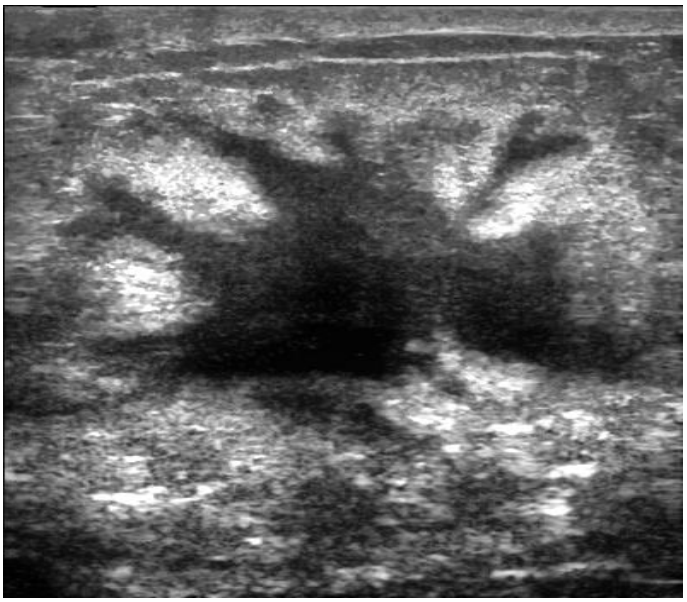


١٦- ٦٦ شکل : دماموګرافي طبي آلې په مټ د سينې اکس وړانګوتصوير ښوول شوی دی. په کين خواکې دنارمل سينې اوښی خواته دسرطان په ناروغۍ اخته شوې سينې ماموګرام ليدل کيږي. دسرطاني نسج ټينګه کلکه کتله په غښوښوول شوې ده.(55)

- **دالټراسوند معاینه : .Breast ultrasound**

دالټراسوندآله Ultrasound device یوه طبي آله ده چې دصوت څپو په مټ لکه دماموګرافي په شان دسینې تصویراخیستل کیږي. دالټراسوندڅپو فریکونسي دشل کیلوهرڅ 20 kHz څخه پورته دي اوپه غوږونونه اوریدل کیږي . دنوموړې آلې په مټ دښځې په سینه کې مایع ډوله نسجونه ، اوهمدارنګه کلکه غیرعادي نسجي کتله په ډیرښه تحلیل سره پېژندل کیدلای شي . بلخواپه الټراسوندتصویرکې دسینې سیسټ Cyst سرحدډیرښه مالومیږي ، داځکه چې دسیسټ مرکزي برخه الټراسوند ته انعکاس نه ورکوي. سیسټ دیوې ټرلې کڅوړې په شان جوښت دی اودمایع،هوا،اویانوروټینګو موادوڅخه ډکه وي.

دنوموړې طبي آلې په مټ سرطاني غوټه اوهمدارنګه سینې په منځ کې سیسټ Cyst ډیرښه پېژندل کېدای شي. سیسټ دیوې ټرلې کڅوړې په شان جوښت دی اودمایع،هوا،اویانوروټینګو موادوڅخه ډکه وي.

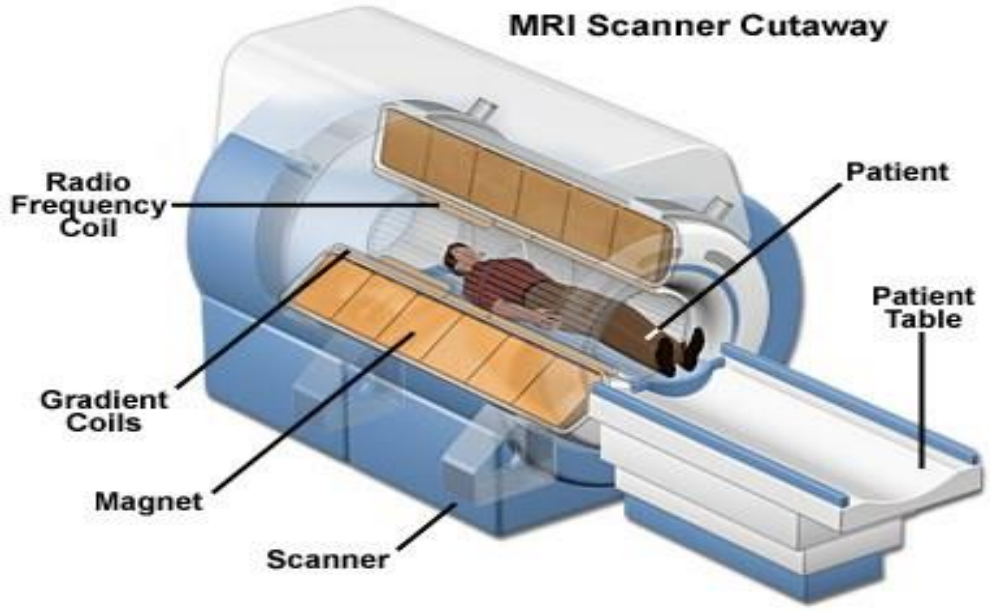


١٦- ٦٧ شکل : دسینې سرطان الټراسوندتصویرښوول شوی دی چې دسینې نسج کتلې نامتجانس جوړښت پکې پېژندل کیږي . څرنګه چې دسیسټ مرکزي برخه چې دمایع څخه ډکه ده الټراسوند ته انعکاس نه ورکوي اوددیکتورڅخه نه اندازه کیږي نوله دې کبله په تورنګ معلومیږي . (55)

- **دمقناطیسي ریزونانس تصویرکړنلاره :**

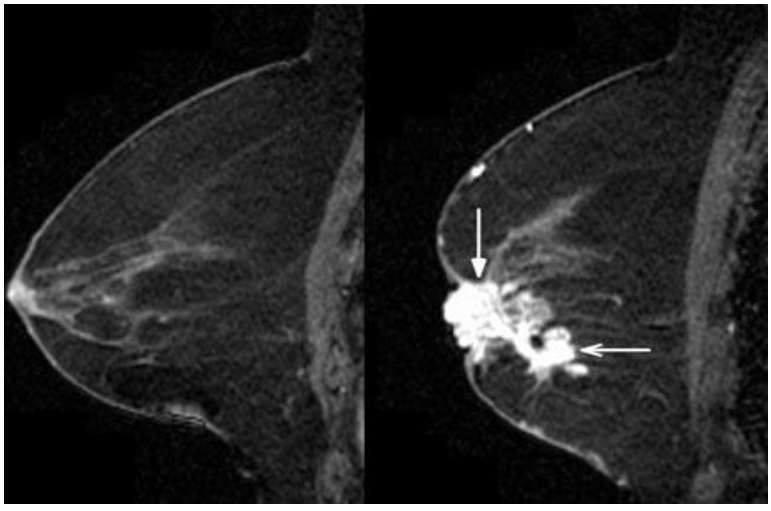
Magnetic resonance imaging (MRI)

دسینې سرطان د پېژندنې په موخه په ځینوخاصوناروغیوکې دطبي آلې (MRI) څخه ګټه پورته کیږي. په ١٦-٧٧ شکل کې نوموړې طبي آله ښوول شوې ده . په بدن کې دهایدروجن اټوم هسته داسې ځانګړنې لري چې دراډیوفریکونس انرژي جذب کولای شي او همدارنګه همدغه جذب شوې انرژي دراډیوفریکونس څپوپه ډول دخپلې هستي څخه بېرته خپره کوي.



١٦- ٦٨ شکل : دمقناطيسي ريزونانس MRI طبي آله ښوول شوي ده چې دسينې سرطان د پېژندنې په موخه ورځخه ګټه پورته کيږي.(57)

په نوموړي آله کې دسينې په ساره پرې شوي درې بعده تصويرونه cross-sectional images د اکس وړانګو پرځای دراډيوڅپې اويوې ځواکمني مقناطيسي ساحې په مټ ترلا سه کيږي. په لومړي ګام کې دراډيوڅپې انرژي دسرطانې نسج هايدروجن اټوم په هسته کې جذب کيږي اودهايدروجن اټوم هسته په ريزونانس resonance فريکونس سره تحريک کيږي .په دويم ګام کې دهايدروجن اټوم هسته دراډيوڅپې جذب شوې انرژي بېرته بهرخواته خپروي . په بله معنی سرطاني نسج لکه دراډيوڅپې يوې سرچينې په توګه کارکوي اودخپل ځان څخه دراډيوفريکونسي انرژي بېرته خپروي. دآزادشووراډيوڅپې تصوير داسې ځانګړتياوې لري چې دسرطان ناروغی نسج اونارمل نسج لپاره توپيرلرونکی جوړښت ښيي .

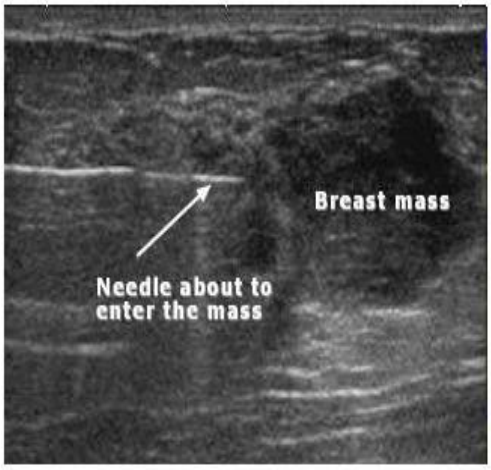


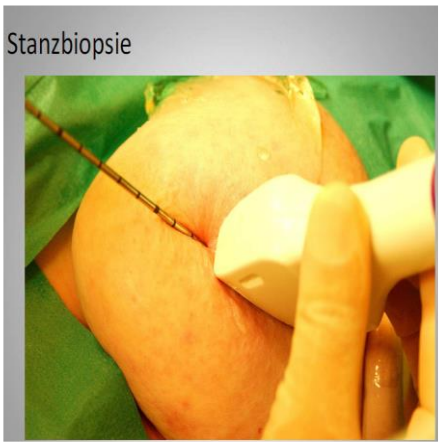
١٦- ٦٩ شکل : دمقناطيسي ريزونانس MRI کړنلارې په مټ دسينې غيرنارمل تصويرونه ښوول شوي دي. (65)

- **دسينې بيوپسي کړنلاره: Core needle biopsy**

دسينې بيوپسي دعملياتويوډول کړنلاره ده چې داستوانه يي ډوله تشي ستنې hollow needle په مرسته دسينې تومورڅخه د استواني نسج په شان يوه نمونه راايستل کيږي. په پيل کې ديوې توفنګچې په مټ استوانه يي cylinderic تشه ستن دسينې تومورنسج ته ورويشتل کيږي.

دالټراسوندطبي آلي په مټ داستوانه يي تشي ستنې مسيراوتصويرونه images په ژوندی توګه ليدل کيږي. دسينې توموراستواني نسج نمونه په فرماالدئيد Formaldehyde کې کلک fixation ساتل کيږي اووړپسې په پارافين Paraffin کې ډوبيږي. دمايکروټوم Microtome تخنيکي آلي په مټ ډيرې نرۍ نمونې (5 µm) پرې کيږي slides،رنګ ورکول کيږي اوپه پايله کې ديوه پاتولوجيست ډاکټرله خواترمايکروسکوپ لاندې معاينه کيږي.





۷۰ -١٦ شکل : دالټراسوندطبي آلي په لارښوونه سره په سينه کې دبيوپسي کړنلاره ترسره کيږي. ښي خواته دالټراسوندآلي کوپړۍ اوکين خواته دسينې تومورخواته دبياپسي تشه استوانه ورننوځي.(63)

■ **Stage** :

دسينې سرطان نوموړي سيستم دتومورپراوونه څرګندوي او د TNM سيستم په نوم يادېږي. د بېلګې په توګه داچې تومورڅومره غټ دی اودبدن کوم غړي ته غځيدلی دی دسينې تومورغټوالی په tumor (**T**) ، اوداچې دسينې تومردځايزلمفاوي غوټوته غځيدلی دی اوکه نه lymph nodes (N) ، اوداچې تومردبدن بل ځای ته غځيدلی دی اوکه نه دی غځيدلی (metastasized (M تشريح کوي.

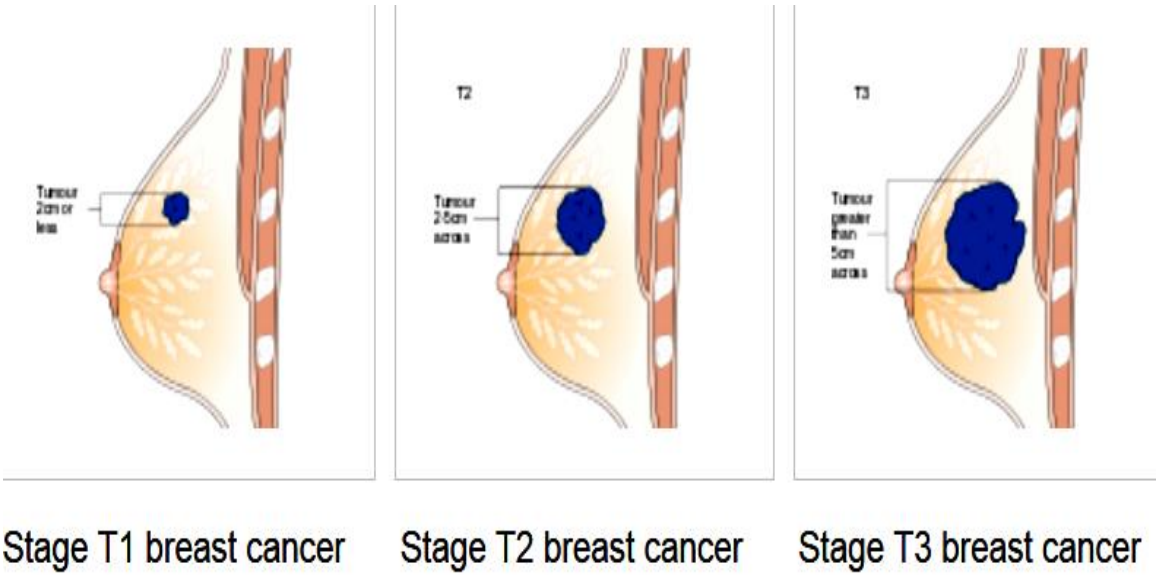
- T : داصلي ياابتدايي تومورغټوالي په ډاګه کوي اوداچې ګاونډي نسجونه يې تريرغل لاندې راوستلي دي اوکه نه ؟
- N : تومورسيمه ايزې لمفاوي غوټې تريرغل لاندې راوستلې دي اوکه نه ؟
- M : تومردخپل ځای څخه دبدن نوروبرخوته غځيدلی دی اوکه نه دی غځيدلی ؟

➢ T 0: دسينې سرطان پژندل ګران تاميږي اوياشتون نه لري
➢ T1 : دسينې سرطان غټوالی دوه سانتي متره دی. 2 cm
➢ T2: دسينې سرطان ددوو سانتي مترو 2 cm څخه غټ دی خودپينځه سانتي متروڅخه کوچنی دی.
➢ T3: دسينې سرطان دپينځوسانتي مترو $5cm <$ څخه ډيردی

- T4: دسينې سرطان دسينې ديوال اوپوستکې ته غځيدلی دی
- N0 : په هيڅ لمفاوي غوټوکې سرطان شتون نه لري
- N1: دسينې سرطان دتخرگونوپه لمفاوي غوټوکې شته دی چې شمېر يې ديوې څخه تردرېوپورې 1-3 رسيږي
- N2 : دسينې سرطان دتخرگونوپه لمفاوي غوټوکې شته دی چې شمېر يې دڅلورو څخه ترنهوپورې 4-9 رسيږي
- N3 : دسينې سرطان دتخرگونوپه لمفاوي غوټو کې شته دی چې شمېر يې لس اويالازيات دی . لمفاوي غوټې ترقوة Clavicula لاندې اويابانديې پرتې دي
- M0 : دسينې سرطان دبدن نوروغړوته نه دی غځيدلی
- M1: دسينې سرطان دبدن نوروغړو لکه سږی ، ينه اوهډوکوته ځيدلی د
- دسينې سرطان دبدن نوروغړوته دوينې اولمفاوي رگونوله لارې غځيږياومېتاستازيس metastasis کوي. د بېلگې په توگه هډوکوته 60%، سږوته 20% اوينې ته 10% ميتاستازکوي.

دTNM سيستېم اساسي پړاوونه په لاندې ډول دي:

- **Stage 0 :** دسينې لومړي پړاوسرطان دی . کېدای شي چې د سينې غدوسرطان وي اويادلوبولونوسرطان وي خو لا تراوسه په سينه کې دننه in situ پروت دی.
- **Stages 1–3 :** دسينې سرطان لاتراوسه په سينه کې دننه پروت دی اوياپه گاونډيولمفاوي غوټوکې پروت دی .
- **Stage 4 :** دسينې سرطان دسينې څخه بهردبدن بل ځای ته غځيدلی دی اوله دې کبله يې ددرملنې چانس ډيرلږاټکل کيږي .



١٦- ٧١ شکل : دسينې سرطان دپړاوونوډلبندي ښوول شوې ده. (58)

Classification of tumor stages (UICC)			
Stage پړاو	primary tumor ابتدايي تومور	lymph node status دلمفاوي غدوشمېر	Metastases مېتاستاز
0	Tis	N0 (not)	M0
I	T1mic	N0	M0
	T1a (1 – 5 mm)	N0	M0
	T1b (6 – 10 mm)	N0	M0
	T1c (11 – 20 mm)	N0	M0
IIA	T0, T1mic, T1	N1 (1-3 LN	M0
	T2 (21- 50 mm)	N0	M0
IIB	T2	N1	M0
	T3 (≥51 mm)	N0	M0
IIIA	T0, T1mic, T1, T2	N2 (4-9 LN	M0
	T3	N1	M0
IIIB	T4)	N0 – 2	M0
IIIC	all T	N3 (≥10 LN	M0
IV	all T	all N	M1

۱- جدول : دسرطان نړيوالې ټولنې (UICC) له خوادسېنې دتومور پړاو ونو ډلبندي ښوول شوې ده .(61)

د بېلګې په توګه : يوتومورچې د T1 N0 M0 په ډول پېژندل شوي وي دا معنی لري چې دسېنې ابتدايي سرطان ددووسانتي متروخخه کوچنی دی T1< 2 cm ،ګاونډی لمفاوي غوټې ورباندې ککړې نه دي N0 ، اوهمدارنګه دبدن بل ځای ته غځيدلی نه دی M0 . نوله همدې کبله دسېنې نوموړی تومور دکلينيکي لومړی پړاوو Stage IA په توګه پېژندل کيږي

■ دسېنې سرطان درملنه : (Treatment) :

د سېنې سرطان ددرملنې لارې چارې ديوې ډلې ډاکترانوپه مټ پيل کيږي. د بېلګې په توګه دداخله ډاکټر،پاتولوژي ډاکټر،هيماتولوژي ډاکټر،راډيواونکولوژي ډاکټر ،د وړانګوډاکټر ،دنسايي ډاکټر،دجراحي ډاکټر اوداسې نوردرواخله .

داټول په ګډه سره يومجلس کوي tumorboard ترڅود سېنې سرطان داغيزمنې اوګټورې درملنې رژيم په هکله پريکړه وکړي.

دسېنې سرطان ددرملنې په موخه په دوديزه توګه څوډوله کړنلارې کارول کيږي:

د ساري په ډول لکه دعملياتودرملنه surgery ، د وړانگودرملن radiation theraoy ،دکيمياوي زهرجنو موادپه مټ درلنه chemotherapy اود ايمون immunotherapy سيستم درملنه اودهارمون درملنه hormonal therapy دیادولووړدی.

Breast Cancer Treatment Options د سينې سرطان ناروغۍ ددرملنې هراړخيزډولونه	
Chemotherapy	ستانداردکيمياوي درملنه
Radiotherapy	د وړانگو درملنه
Surgical therapy	جراحي درملنه
Hormone blocking therapy	دجنسي هورمونوبندولودرملنه
Monoclonal antibodies therapy(Trastuzumab)	دمونوکلونل انتي باډي درملنه

دسينې سرطان دډول Type سره مطابق کېدای شي چې دنوموړودرملنوڅخه ځوډوله درملنې سره يوځای ناروغ ته ورکړې ښې اويايوازې يوډول درملنه کفايت وکړي.
برسيره پردې ددرملنې موخه هم اړينه ده. په دې معنی چې ناروغ ببرته روغتياترلاسه کړي اوکه داچې ددرملنې موخه يوازې دناروغ دردکمښت اوتسکين کول وي اويادا چې دناروغ دفلج کيدلو خطر مخنيوی وښي.

دساري په توگه ،په وروستي حالت کې دسينې سرطان ، سږو ، هډوکو ،ماغزو او نوروغړوته خپورشوی وي اودرملنه يې ناشونې ده. په بله معنی دلته ددرملنې موخه دپالياتيف palliative يعنې دردکموونکې اوتسکين کوونکې‌ده اورغوونکې درملنه ناشونې ده.

• دعملياتودرملنه : Surgical Treatment

دسينې سرطان دعملياتودرملنه يوه دوديزه اوډيره پخوانۍ ستاندارد Standard طلا يي کړنلاره ګڼل کيږي . دسينې عمليات هغه مهال ګټوردی چې دخبيث تومورګاونډيوغړوته غځيدلی نه وي اوپه ابتدايي پراوstage کې وي.
د سينې سرطان دعملياتودرملنه دوه موخې لري. لومړی داچې دسرطان خبيثي حجرې بيخې دمنځه يووړل شي ترڅودبدن بل غړې ته وه نه غځيږي اودويم داچې دسرطان ناروغي مخنيوی وشي ترڅو ببرته راوه نه ګرځي.
که چېرته دسينې تومورTumor په يوه کوچنۍ ساحه کې پروت وي اوبل ځای ته غځيدلی نه وي نو په عملياتوکې يوازې دسينې تومور اولږڅه شاوخوايوسانتي مترسالمي حجرې ليرې کيږي . داډول طريقه چې ټوله سينه نه عمليات کيږي دسينې Breast Conserving Therapy په نوم يادیږي. په همدې ترڅ کې دتخرګ Axila څخه هم يوه اوياډيږي لمفاوي غوټې رااخيستل کيږي ترڅوثابته شي چې ګڼه دسينې سرطان ناروغۍ د لمفاوي سيستم بهيرته غځيدلې ده اوکه نه !

دعملياتوڅخه وروسته سينې ته د وړانگودرملنه ضروري ده. که چېرته پريکړه وشي چې ټوله سينه عمليات نه شي بلکې يوازې دسينې سرطاني تومور عمليات شي نوبايدلاندې شرطونه په پام کې ونيول شي.

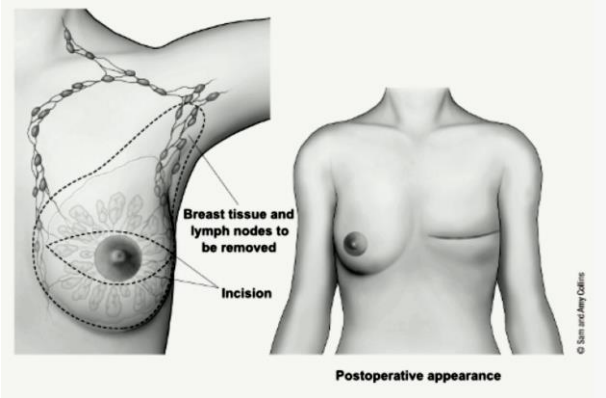
- دسينې تومورTumor ددوه سانتي متر 2cm څخه کوچنۍ وي.
- دسينې تومورTumor دسينې څوکې nipple څخه پوره ليرې په يوه مربع quadrants کې پروت وي اوهيڅ ډول ټرون موجودنه وي
- دسينې تومورTumor يوه برخه التهاب وه نه لري
- دسينې سرطان پوستکي اويادسينې عظلاتوته نه وي غځيدلی

- دسينې تومورTumor دسينې ګاونډيو شدونلونو ته غځيدلي نه وي
- دسينې تومورTumor دغدې نلونوgland ducts څخه سرچينه اخلي خودغدې لوبولونو lobules څخه سرچينه نه اخلي.

که چېرته دسينې تومورTumor ددوه سانتي متره 2cm څخه ستر وي نوپه لومړي ګام کې ناروغ ته نيواډجيووانټ کيمياوي neoadjuvant chemotherapy درملنه ورکول کيږي چې آن ترڅلورومياشتوپورې دوام کوي . دنومړې درملنې په مټ دسينې تومورکتله کوچنۍ کيږي اودعملياتولپاره مساعدکيږي.

- **دماستېکټومي : (mastectomy) :**

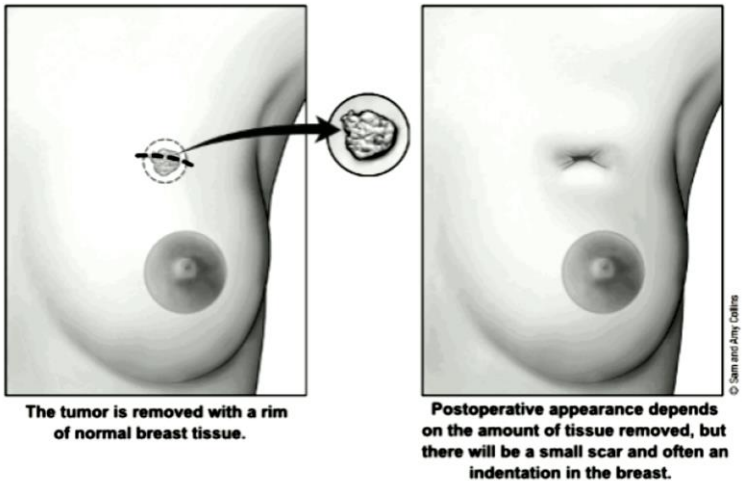
که چېرته دسينې سرطان دتخرګونولمفاوي غوټوته غځيدلی وي نودعملياتوله لارې ټوله سينه ،دتخرګ لمفاوي غوټې اود pectoral عضلات ليرې کيږي . نومړې کړنلاره Radical mastectomy په نوم يادېږي.شی



١٦- ٧٢ شکل : دسينې سرطان دماستېکتومي mastectomy جراحي کړنلاره ښوول شوي ده. ښي خواته دعملياتوڅخه وروسته دليرې شوي نسج پاتې ظاهري بڼه ښوول شوې ده. 75)

- **لمپکټومی: (lumpectomy) :**

که چېرته دسينې سرطان په ابتدايي پړاوکې وي نويوازې دسينې تومراوورسره يوځای دسينې سالم نسجونو يوه څنډه دعملياتوله لارې ليرې کيږي. نومړې کړنلاره د Lumpectomy په نوم يادېږي.



١٦- ٧٣ شکل : دسينې سرطان لمپکتومي (lumpectomy) جراحي کړنلاره ښوول شوي ده. ښي خواته دعملياتوڅخه وروسته دليرې شوي نسج پاتې ظاهري بڼه ښوول شوې ده. 75)

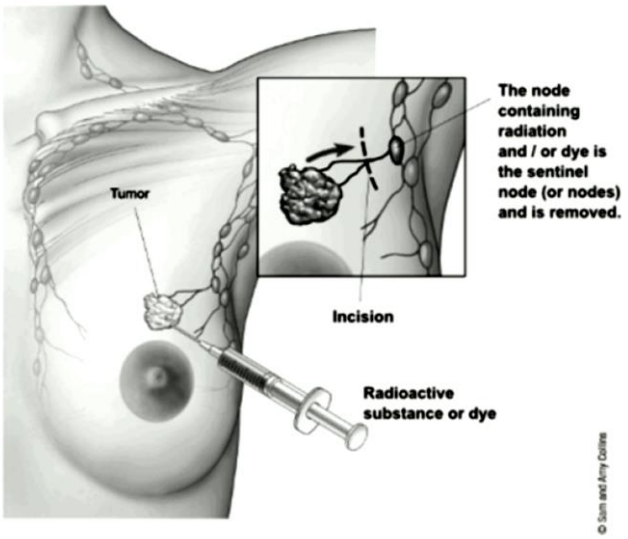
- **(quadrantectomy) :**

دسينې هغه څلورمه برخه quarter عمليات کيږي،چې هلته دسينې سرطان پېژندل شوی وي

که چېرته دسينې سرطان دخپل ابتدايي ځای څخه دسينې ګاونډيونسجونو اولمفاوي غوټوته غځيدلی وي Metastatic Breast cancer اوغټوالی يې دپينځوسانتي مترڅخه لوی وي 5cm < نودرملنه يې دځوګډشوودرملنوپه مټ ترسره کيږي.
د ببلګې په توګه لکه دعملياتودرملنه، وړانګودرملنه،کيمياوي درملنه اوداړتياپه وخت کې حتي دهورمون درملنه په ګډه سره کارول کيږي.

- **دتخرګونولمفاوي غوټوعمليات : Axillary LN Surgery**

کله چې په يوچاکې دسينې سرطان و پېژندل شو،نوډيره اړينه پوښتنه داده چې ايا سرطان دبدن نوروبرخوته لکه دتخرګونولمفاوي غوټوته Axillary Lymph Nodes (LN) غځيدلی دی اوکه غځيدلی نه دی ؟
دنوموړې موخې لپاره دتخرګونوڅخه يوه اويادېرې لمفاوي غوټې عمليات کيږي اوترمايکروسکوپ لاندې څېړل کيږي.که چېرته په لمفاوي غوټوکې دسينې سرطان حجرې ومونډل شوې نوپه ډيراحتمال سره ويلای شوچې سرطانې حجرې دبدن نوروبرخوته غځيدلي دي.
دسينې لومړی لمفاوي غوټې ځای اوبهير پېژندل ډير اړين ده ترڅودتخرګ لومړی لمفاوي غوټې عمليات ترسره شي . دسينې تخرګ لومړی لمفاوي غوټه د(Sentinel Lymph node(SLN په نوم يادېږي .دنوموړې موخې لپاره دسينې څوکې Nipple ته ورنږدې ګردچاپېره لږڅه سل ميګابيکرېل 100 Becquerel دتکنيسيم راډيوکټيف عنصر Technetium-99m اودشين رنګ سره blue dye يوځای پيچکاري کيږي.
په پايله کې دتکنيسم راډيوکټيف محلول اوشين رنګ يوځای دسينې لمفاوي رګونوته ورننوځي کټ مټ لکه څنګه چې سرطاني حجرې هم په لمفاوي بهيرکې مخ په وړاندې خوځيږي. دتکنيسيم راډيوکټيف محلول اوشين رنګ يوځای دتخرګ لومړی لمفاوي غوټې سرطاني حجروڅخه دسالموحجروپه تړاوډېر جذب کيږي . ديوې طبي آلې په مټ چې دګاماکمره په نوم يادېږي Gamma camera دلومړی لمفاوي غوټې په منځ کې دتکنيسيم عنصراکټيويټي انداره کيږي.



١٦- ٧۴ شکل : دکينې خواتخرګ لومړی لمفاوي غوټه (SLN) دتکنيسيم راډيوکټيف موادوپه مټ پېژندل کيږي . که چېرته دسينې سرطان حجرې وپېژندل شوې نوورپسې د عملياتوله لارې ليرې کيږي.(75)

د سينې سرطان ناروغۍ دعمليات کولوکړنلاره دوه هدفه لري.لومړی داچې دسرطان خبيثي حجرې بيخې دمنځه يووړل شي ترڅودبدن بل غړي ته وه نه غځيږي اودويم داچې دسرطان ناروغي مخنيوی وشي ترڅو بېرته راوه نه گرځي.

■ کيمياوي درملنه :Chemotherapy

کيمياوي درملنه يوه داسې درملنه ده چې دکيمياوي اوبيالوژيکي زهرجنوموادوپه کارولوسره په يوه ارگانيزم کې په لوړه کچه سرطاني حجرې ، خوپه نسبتاً ټيته کچه سالمې حجرې دمنځه وړي.

داځکه چې دکيمياوي درملنې اغيزه داسې ده چې دبدن هغه حجرې کوم چې په لوړسرعت سره ويشل کيږي دمنځه وړي خوهغه حجرې چې په دومره زيات سرعت سره نه ويشل کيږي نسبتالږ دمنځه وړي .

څرنگه چې سرطاني حجرې په ډيرسرعت اوبې کنتروله ويشل کيږي نودويش پړاو په ترڅ کې mitosis کيمياوي درمل ورباندي اغيزه کوي اودسرطاني حجرې (ډي . اېن . اې.DNA) دمنځه وړي .

هغه کيمياوي درمل چې سرطاني حجري دمنځه وړي اويادسرطانې حجروده په ټپه دروي د سايټوستاتيک اجينت cytostatic agents په نوم ياديږي. نن ورځ د سايټوستاتيک اجينت شمېر چې دکيمياوي درملنې په موخه کارول کيږي، دپينځوسو 50 څخه اوړي.

ديادولووړده چې کيمياوي درمل نه يوازې سرطانې حجرې له منځه وړي بلکې سالمې حجرې کوم چې په ډيرسرعت سره ويشل کيږي هم دمنځه وړي . خوسالمې حجرې دسرطانې حجروپه پرتله ډيرزر بېرته روغتياترلاسه کوي . په پايله کې سرطاني حجرې دسالموحجروپه پرتله زردمنځه ځي .

دکيمياوي درملني څنگيزناوړه اغيزې Side effects هم شته دي . د ساري په ډول دزړه عضلاتوته ترټولونوروغړو ډيرزيان رسيږي . دسينې سرطان هغه حجرې چې په سطحه باندې دHER2 رېسيپټرمثبت پېژندل شوی وي ،درملنه يي ديوه انتي باډي په مټ کيږي چې د Trastuzumab (Herceptin) په نوم ياديږي.

د HER2 ريسپټرناوړه خواص دادي چې دسينې سرطاني حجرو ويش بې کنتروله زياتوي .خو کلينکي احصائيه ښيي چې هغه ناروغان چې په سرطاني حجروکې يې د HER2 ريسپټر پېژندل شوی و اودرملنه يي دHerceptin دواگانوپه واسطه ترسره شوې وه دهغوی څخه لږڅه پنځه نوي سلنه 95% برخه کسان ان د پنځه کالوڅخه لازيات ژوندي پاتې شوي دي .

کيمياوي درملنه په دوديزه توگه هغه مهال ناروغ ته ورکول کيږي چې د سينې سرطان يې ددويم نه ترڅلورم پړاو stages 2–4 پورې پرمختگ کړی وي. کيمياوي درملنه په تيره بيادهغوښځولپاره ډيره گټوره ده چې د سينې سرطان يي استروجن ريسپټرمنفي Estrogen receptor-negative پيژندل شوی وي.

دسينې سرطان هغه حجرې چې په سطحه باندې يې داستروجن ريسپټرمثبت Estrogen receptor-positiv پېژندل شوی وي دسينې هغه سرطان په پرتله چې استروجن ريسپټريې منفي وي ښه وړاندليد prognosis لري. داځکه چې داستروجن ريسپټرمثبت سرطانې حجرې ،په بدن کې داسې اغيزه لري چې دښځي جنسي هورمون Estrogen سره يوکيمياوي تړون منځ ته راولي اوپه پايله کې دسرطانې حجرو توليدزياتوي. هغه درمل چې دEstrogen receptor-positiv سرطاني حجروفعاليت مخنيوی کوي د Tamoxifen په نوم ياديږي.که چېرته دسينې سرطان دبدن نوروبرخوته غځيدلی وي نوهمدارنگه نوموړی درمل دمرستندويې درملني په توگه کارول کيږي.

په عمومي توگه کيمياوي درملنه په څوډوله ويشل کيږي چې دناروغ دحالت ،دناروغۍ دپرمختگ اوددواگ اغيزمنتوب سره سم ټاکل کيږي .

په پايله کې داهم په پام کې نيول کيږي چې گڼه ددرملنې موخه دناروغ بيخي جوړيدل اوکه يوازې دناروغ ددردکمښت دی . که چېرته ددرملنې موخه داوي چې ناروغ بيخي بېرته علاج وشي نوداډول درملنه د curative treatment اوکه يوازې د ناوړوسيمپتومونو لکه درد اونوردمنځه وړل وي نود پالېتېو palliativ درملنې په نامه سره ياديږي .

- **لومړی : علاج کوونکی کیمیاوي درملنه : Curative chemotherapy**

د علاج کوونکی کیمیاوي درملنې موخه داده چې ناروغ ببرته بیخې جوړشي اودسرطان ناروغي دمنځه ولاړه شي. په نوموړي حالت کې هراړخیزې لارې چارې کارول کیږي اوکیمیاوي شدید،مرکب درمل کارول کیږي.

- **دویم : تسکین کوونکې کیمیاوي درملنه : Palliativ chemotherapy :**

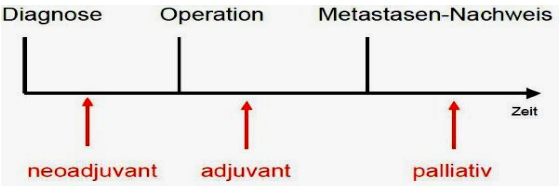
پالیټیو palliativ په دې معنی چې دردکمونکې کیماوي درملنه ده خو رغوونکې درملنه نه ده . دنوموړې درملنې موخه داده چې دناروغ ناوړه کلینیکي سیمپټومونه لکه درداونورکمښت وموميعمریې اوږد اودژوندکیفیت یې ښه شي . همدارنګه د تومور اویا دبدن بل ځای ته د Metastasis دغځیدنې مخه ونیول شي .

درېیم : مرستندویه درملنه : Adjuvant chemotherapy

اډجیووانت یعنې مرسته کونکې Adjuvant کیمیاوي درملنه دعملیاتو څخه وروسته اویاد راډیوتراپي په اخر کې دپوره باورګټلو په توګه ورکول کیږي ترڅودتومورهغه حجرې اویامایکرومیتاستاز چې پېژندل شوې نه وي خو لا ژوندی پاتې وي هم بیخې دمنځه یووړل شي .

څلورم:نیواډیوجانت : Neoadjuvant chemotherapy

کله داسې هم کېدای شي چې کیمیاوي درملنه دعملیاتو څخه دمخه وکارول شي ترڅودتومورحجم کوچنی شي اودعملیاتو کړنلاره هم اسانه شي . نوموړې مخکنی طریقې ته نیواډیوجانت neoadjuvant درملنه ویل کیږي.



۱۶- ۷۵ شکل : په افقي محورکې دسینې سرطان د پېژندنې Diagnose څخه وروسته دوخت سکیل Zeit ښوول شوې دی. کله چې دسینې سرطان و پېژندل شي نوکه درملنه دعملیاتوoperation څخه دمخه ترسره شي د neoadjuvant په نوم یادیږي. که دعملیاتو څخه وروسته درملنه ترسره شي د adjuvant په نوم یادیږی . که چېرته دسینې سرطان دبدن نوروبرخوته غځیدلی وي Metastasis اوعلاج یې ناشونې وي نوپه یوه داسې حالت کې ناروغ ته palliativ درملنه ورکول کیږي. دنوموړې درملنې موخه دناروغ ددردکمښت اودپاتې ژوندکیفیت ښه کول دي .په دودیزه توګه دعملیاتوڅخه وروسته ډیری ناروغانوته کیمیاوي درملنه ورکول کیږي ترڅوپاتې شوې سرطاني حجرې دمنځه یووړل شي .داچې څه ډول کیمیاودرمل ناروغ ته تجویزکیږي دسینې سرطان ډول دسرطان په پرمخ تللي پراو،دناروغ عمراوصحي حالت پورې اړه لري.

که چېرته د سینې سرطاني حجرې لمفاوي غوټوته غځیدلې وي نودنوموړوکیمیاوي درملونو سره نوردرمل هم یوځای کیږي. د ښلګې په توګه لکه Paclitaxel اوDocetaxel ورګډیږي.

دهورمونودرملنه: Hormone therapy

دسینې سرطان لړځه دوه په درې برخه داسې ډول خبیث تومورونه پیژندل شوی دي چې دښځې جنسي هورمونوسره تړاولري. د ښلګې په توګه دښځې جنسي هورمونونه لکه استروجن estrogene ، اوپروجسترون *progesterone* ددې وړتیالري چې دسینې سرطاني حجروپه تولید اوودې باندې اغیزه وکړي. داځکه چې دسینې ځینې سرطاني حجروپه سطحه باندې درې نامتوریسپټرونه

receptors شته دي چې په مثبت ريسپتورښوول کيږي. خوبرعکس ځينې سرطاني حجرې هم شته دي چې هيڅ ريسپټرونه په خپله سطحه نه لري. دسرطاني حجرې په سطحه باندې لاندې درې ريسپټرونه پېژندل شوي دي .

- ✓ استروجين ريسيپټر estrogen receptor (ER)
- ✓ پروجسترون ريسيپټر progesterone receptor (PR)
- ✓ دخبيثې حجرې په سطحه باندې يوپروتين شته دی چې د human epidermal growth factor receptor 2 ريسيپټرپه نوم يادېږي دنوموړي ريسپټرلنډيزپه HER2/neu سره ښوول کيږي اود لږځه شل سلنه 20% سينې سرطاني حجروپه سطحه باندې شتون لري. HER2/neu پرځای HER2 هم ليکل کيږي.

دسينې سرطان ناروغانوپه اولسم کروموزوم chromosome 17 کې د HER2 جين پروت دی. کله چې په نوموړي جين کې ميوتيشن منځ ته راشي نوپريمانه ,HER2 proteins توليدکوي. دسرطاني حجرې په سطحه باندې دHER2 پروتين مقدار د Immunohistochemistry (IHC) رنګ کوونکې طريقې په مټ پېژندل کېدای شي . په نوموړې طريقه کې ديوه انتي باډي اودسرطاني حجرې په سطحه باندې د HER2 پروتين ترمنځ يوکمپلکس کيمياوي مرکب منځ ته راځي چې د antigen-antibody complex په نوم يادېږی. هرځومره ډيرچې دبيوپسي نمونه ډيررنګ staining واخلي په همغه اندازه دسرطاني حجرې په سطحه باندې د HER2 پروتين مقدارزيات دی اود هيستوپاتولوجيسټ ډاکټرله خواپه HER2 positive(HR+) نومول کيږي.
ددياډولووړده چې نوموړې موخې لپاره دIn-situ-Hybridisierung (ISH) کړنلارې څخه هم ګټه پورته کيږي. دښځې جنسي هورمونولکه estrogen اوprogesterone اودسرطاني حجرو په سطحه باندې دنوموړوريسپټرونو ترمنځ يوکيمياوی تړون منځ ته راځي . په پايله کې دسرطاني حجرو هستي ته يوبيالوژيکي زيګنال استول کيږي چې دسرطاني حجرودتحريک او ډيرښت لامل ګرځي.

■ دسينې سرطان راډيوتراپي (Breast Cancer Radiotherapy) :

په ١٦- ٧۴ شکل کې دسينې سرطان راډيوتراپي کړنلاره ښوول شوې ده چې دخطي تعجيل کوونکي ماشين په مټ دناروغ سينې ته لوړانرژي فوتون وړانګې ورکول کيږي . په عادي توګه دفوتون وړانګوانرژي شپږميګاالکترون ولټه 6 MeV قيمت لري . په ټوليزه توګه دسينې سرطان که په ابتدايي پړاوکې وي اوکه په هرپرمخ تللي پړاوکې وپېژندل شي نوضرورده obligat چې د راډيوتراپي کړنلاره ترسره شي . همدارنګه که چېرته دسينې هغه يوه برخه چې سرطاني حجرې ولري دجراحي له لارې پرې شي Lumpectomy اويادا چې ټوله سينه دجراحي له لارې پرې شي mastectomy نووروسته له عملياتوڅخه په دواړوحالتونوکې ناروغ ته راډيوتراپي ورکول کيږی . داځکه چې يوخوا د راډيوتراپي په مټ دسرطان ناروغی بيرته راګرځيدنې recurring احتمال بيخې راټيټ کيږي اوبلخوا هغه ناوړه نښې نښانې چې دتومورسره په تړاوکې ناروغ وربانډې اخته کيږي لکه درد اونورهمداسې درواخله کمښت مومي .

دسينې سرطان راډيوتراپي په دوه ډوله ترسره کيږي .

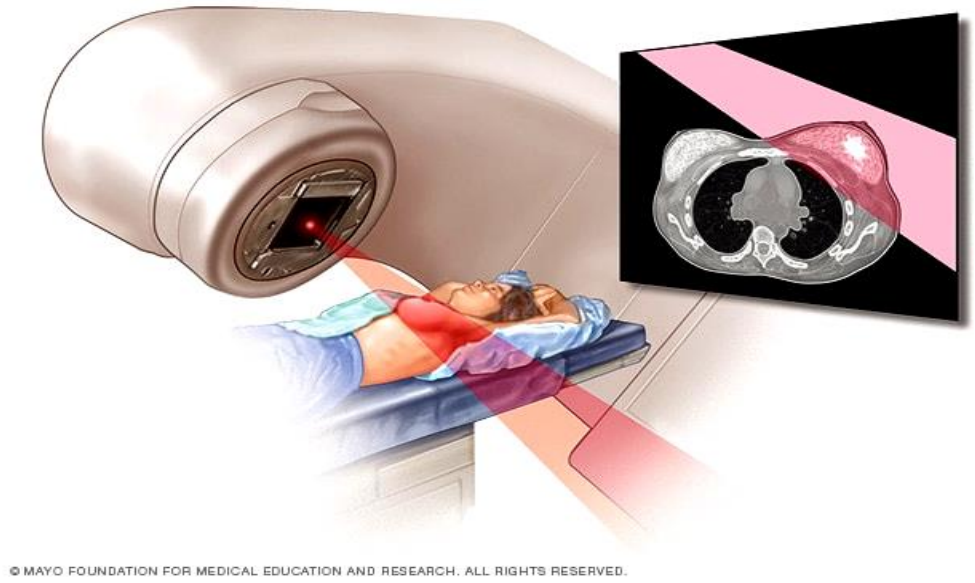
➢ دبهرخواڅخه راډيوتراپي : External Radiotherapy

په نوموړې کړنلاره کې د سينې سرطان ته دناروغ دبدن څخه بهرخواله لوري لوړانرژي اکس وړانګې دخطي تعجيل کوونکي ماشين په مټ ورکول کيږي . په ټوليزه توګه همدغه کړنلاره دسينې سرطان دوړانګيزې درملنې په موخه کارول کيږي .

دننه خوا راډيوتراپي : Internal Radiotherapy (Brachytherapy)

کله چې دسينې څخه دخبيث تومورټوله برخه دجراحي له لارې بيخي پرې شي نودسينې هغه برخه چې هلته مخکې دسرطان حجرې شتون درلود Tumor bed راديواکټيف ايزوټوپ لکه Ir-192 دلنډوخت لپاره کېښول کيږي . نوموړې کړنلاره ددرملنې تراخره پورې تکرارکيږي .

که چېرته دسينې څخه دابتدايي پړاو خبيث تومور لکه T1, T2, N0 چې غټوالی يې ددريوسانتي مترڅخه کوچنی وي < 3 cm دعملياتوله لارې ليرې شوی وي اودښځې پاتې ټوله سينه ساتل شوې وي نودنړيوالوپروتوکولونو پر اساس مخکې له عملياتوڅخه د وړانگو درملنه ضرورې obligat ده. نوموړې کړنلاره داډيوانت راډيوتراپي Adjuvant radiotherapy په نوم يادېږي . داځکه چې کېدای شي دعملياتوپه ترڅ کې ځينې سرطاني حجرې ژوندی پاتې شوی وي اودطبي کړنلاروپه مټ نه پېژندل کيږي .



١٦- ٧٦ شکل : دکينې خواسينې سرطان راډيوتراپي کړنلاره ښوول شوې ده . دخطې تعجيل کوونکي ماشين څخه لوړانرژي فوتون وړانگې راوځي اودناروغ دکينې خواسينې په سرطاني حجروباندې لګيږي .

داډيوانت راډيوتراپي Adjuvant radiotherapy په کارولوسره د سينې سرطان ناروغی د بېرته راګرځيدنې Relapse خطرد 30% آن تر 10% پورې راټيټيږي . دسينې هغه ابتدايي خبيث تومورونه چې قطريې د دريوسانتي مترڅخه لوړوي > 3 cm او يوازې د راډيوتراپي اوعملياتودرملنه ترسره شوې وي نودبېرته راګرځيدلوrecurrence خطريې خورازيات دی . په نوموړي حالت کې ناروغ ته په لومړي ګام کې کيمياوي درملنه ورکول کيږي ترڅوبل ځای ته دخپريدنې خطريې کم شي اوبيا راډيوتراپي اوورپسې بايد دعملياتوکړنلاره ترسره شي .

که چېرته دسينې ابتدايي لمفوما lymphoma ناروغي شتون ولري نوڅرنګه چې خوراډيره خطرناکه ده نوله دې کبله په لومړي ګام کې کيمياوي درملنه ورکول کيږي اوورپسې وړانګيزه درملنه ترسره کيږي .هغه ناروغان چې عمريې د 40 کالونوڅخه ټيټ دی اړين ده چې دبوست Boost کړنلاره ترسره شي اودخبيث تومور GTV حجم ته شپاړس ګرې 16 Gy انرژي ډوزورکړشي . داځکه چې ددې خطرشته دی چې که څه هم دعملياتوپه ترڅ کې تومورېيخې ليرې شوی وي ,excision خوسره ددې هم مايکروسکوپيک تومور microscopic پاتې شوی وي . پايله يې داده چې دسينې سرطان ناروغی بېرته راګرځي .

که چېرته ناروغ دسينې خبيث تومورلکه malignant phylloides اويا sarcomas ولري نودانتخاب معياري کړلاره دتيوپرې کول mastectomy دي .

دسينې جراحي عملياتوڅخه وروسته داپوښتنه راپورته کيږی چې ګڼه دناروغ دسينې بوست تومور boost ته وړانګې ورکړل شي اوکه نه ؟ دنومورې پريکړې په هکله دناروغ په اړوندځينې فکټورونه په پام کې ونيول شي . دبېلګې په توګه لکه : دناروغ عمر،دتومورسيزه راګرځيدنې احتمال ،دمحلي لمفاوي غوټويرغل،دتومورغټوالی اودپراختياپراو، سږي اوزړه ته دوړانګورسيدلوخطراوداسې نوردرواخله .

که چيرته دناروغ څخه ټوله سينه ليرې شوې وي mastectomy اودتومور اندازه T3, T4 وي اويا دتخرګونو څلوراويادې هم زياتې غوټې axillary nodes مثبت تشخيص شي نواړين ده چې دعملياتوڅخه وروسته Post-mastectomy ناروغ ته وړانګيزه درملنه ورکړل شي ترڅودناروغۍ بيرته راګرځيدنې احتمال راټيټ شي .

همدارنګه هغه T3 او T4 تومورونه چې عمليات يې ناشونې وي اړين ده چې دوړانګودرملنه ورکړه شي .

تسکين کوونکې راډيوتراپي : Palliative radiotherapy

که چېرته دسينې خبيث تومورديدن نوروغړوته مېتاستازکړې وي اودناروغ درملنه ناشونې وي نوددرداونوروناوړه نښې نښانوکمولو په موخه تسکين کوونکې راډيوتراپي هم خوراډيراهميت لري . دبېلګې په توګه کله چې خبيث تومور دبدن نوروغړولکه هډوکي ،ماغزو،پوستکي ،لمفاوي غدو او meninges. ته انتشارکړی وي اوددرملنې وړنه وي خويوازې دناروغ دژوندکيفيت نښه والی په پام کې نيول کيږي .

Simulator

دسيميلېټرآلې Simulator اوياد سي ټي سکنر CT Scanner په مټ دناروغ دسينې اوورسره سم دناروغ ځايزموقعيت دوړانګودرملنې څخه دمخه چمتوکيږي . په دوديزه توګه ناروغ دځانګړي ميزپه سرپه څټ خواپريوځي . ترټولواړينه داده چې ناروغ هغه ځايزموقعيت چې د سي ټي سکنر CT scanner او يا simulator په ترڅ کې اختيارکړی کټ مټ همداسې د راډيوتراپي په ميزباندې هم وساتل شي . ناروغ دوړانګيزې درملنې په ترڅ خپل لا سونه دسردپاسه ږدي . داځکه چې ترڅودناروغ سالمو غړولکه زړه ، سږی اومقابل خواسينې ته لږ وړانګې ورسيږي . همدارنګه دناروغ ترپښولاندې هم يوځانګړی تخنيکي جوړښت Footboard کيښول کيږي ترڅو درادیوتراپې په ترڅ کې دناروغ ټول جسم په خپل خای کې ارام او ثابت موقعيت ترلاسه کړي .

دلمفاوي غوټووړانګيزه درملنه : Lymph nodes irradiation

کله چې په يوناروغ کې دسينې سرطان و پېژندل شو، نوډيره اړينه پوښتنه داده چې ايا سرطان دبدن نوروبرخوته لکه دتخرګونولمفاوي غوټوته Axillary Lymph Nodes (LN) غځيدلی دی اوکه غځيدلی نه دی ؟

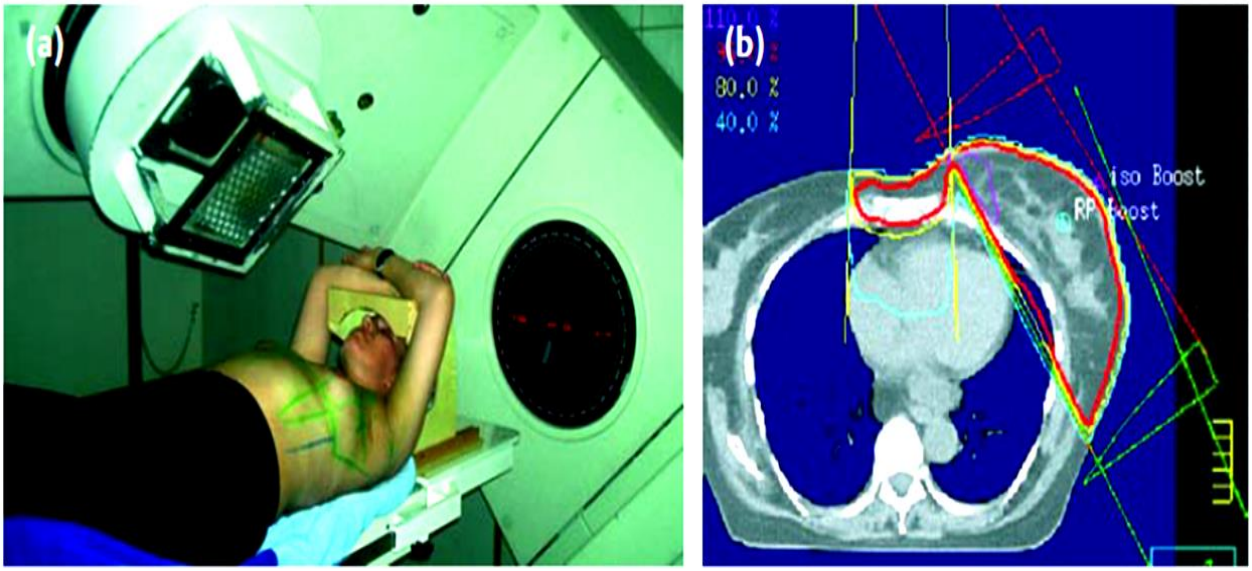
دنومورې موخې لپاره دتخرګونو دلومړی لمفاوي غوټې Sentinel node biopsy بيوپسې کړنلاره ترسره کيږي اوترمايکروسکوپ لاندې څېړل کيږي. که چېرته په نومورې لمفاوي غوټه کې دسينې سرطان حجرې ومومندل شوې نوپه ډيراحتمال سره ويلای شوچې دتيوسرطانې حجرې دتخرګ نورو لمفاوي غوټو ته هم غځيدلې دي. نوله دې کبله بايدپه لومړي ګام کې دتخرګ ټولې لمفاوي غوټې دجراحي عملياتوله لارې پرې شي اوپه دويم ګام کې تخرګ ته راډيوتراپي ورکړل شي .

- **دکين خواسينې اولمفاوي غوټو وړانګيزه درملنه :**

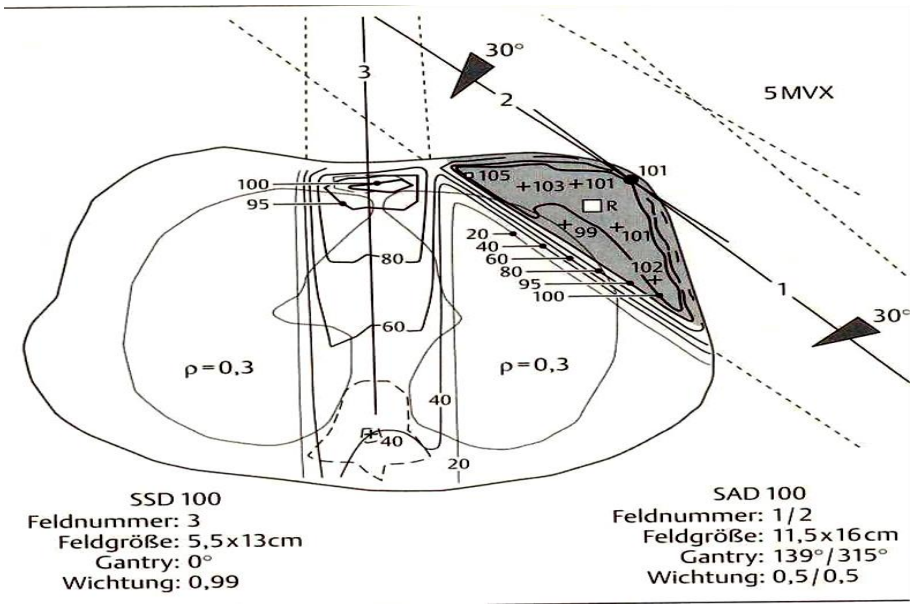
شکل: (a) : په کين خواکې دراډيو تراپي ماشين ښوول شوی دی چې دناروغ کين خواسينې سرطان دفوتون وړانګوپه مټ رښاکوي .

شکل (b) : په ښي خواکې دسينې يوې برخې په ساره پرې شوې سي ټيCT سلايس Slice ښوول شوی دی چې دفزيکي پلان له مخې دتومورپه حجم کې دانرژي ډوزويش رابنيي.

ديوې عمودي وړانګيزې ساحې په مټ دسينې داخلي لمفاوي غوټې Internal mammary lymph nodes رښاکيږي. ددووومقابل وړانګيزوسا حو (مماس Tangente) په مټ دناروغ کين خواسينې سرطان ته وړانګې ورکول کيږي.



١٦- ٧٧ شکل : دناروغ کين خواسينې او دداخلي لمفاوي غوټو internal mammary nodes دوړانګيزې درملنې کړنلاره ښوول شوې ده چې دراډيو تراپي ماشين په مټ ترسره کيږي .(53)



١٦- ٧٨ شکل : دناروغ کيڼ خواسينې اودپاراسټرنل parasternal لمفاوي غوټو وړانګيزې درملنې فزيکي پلان کښل شوی دی. دايزوډوزکرښې دشل سلنې څخه آن تريوسلوپينځه سلنې 105% پورې رسيږي. دانرژي ډوزريفرينس ټکی Dose Reference Point په R کښل شوی دی چې دتجويزشوې انرژي سل سلنې سره مساوي دی. څرنګه چې دملا تير ماغزو myelon څخه دايزوډوز څلويښت سلنه 40% کرښه تيريږي نودا معنی لري چې دريفرينس انرژي ډوزلرځه نيمايي برخه دملا تير ماغزوته رسيږي. د بېلګې په توګه که دکيڼ خوا سينې ټولیزانرژي ډوزشپيته ګرې 60 Gy تجويزشوی وي نو دملا تير ماغزو همدې برخې ته پنځه ويشت ګرې 25 Gy انرژي ډوزرسيږي.

- ✓ دلومړی وړانګيزې ساحې (1) ګانټرې زاويه 139^0
- ✓ ددويمې وړانګيزې ساحې (2) ګانټرې زايه 315^0
- ✓ د (1) او (2) لپاره درنړاکولو وړانګيزه ساحه 11,5 x 16 cm اودساحې وزن Weighting = 0,5 سره يوشان دی
- ✓ د (1) او (2) لپاره دفلزي فيلترwedge زاويه ديرش درجه ده
- ✓ اودپاراسټرنل parasternal وړانګيزې ساحې (3) ګانټرې زاويه صفردرجه ،درنړاکولو وړانګيزه ساحه 5,5 x 13 cm اودساحې وزن Weighting = 0,99 ټاکل شوی دی.

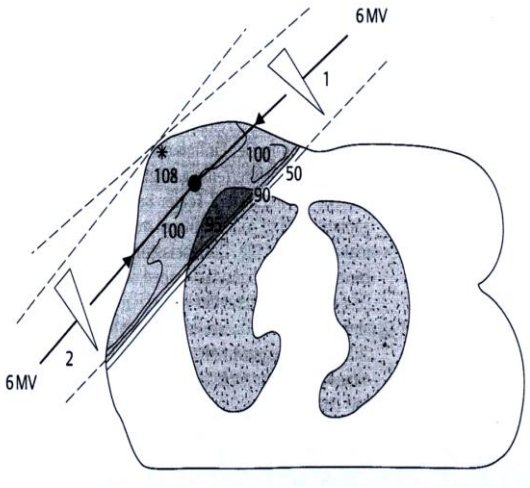
بلخواکلينيکي احصائيو په ډاګه کړې ده چې دعملياتوڅخه وروسته داړونده سينې اوهمدارنګه دګاونډيولمفاوي غوټوبهيرته وړانګيزه درملنه ډيره اړينه ده . داځکه چې وړانګيزه درملنه دسينې سرطان د نا روغۍ يوځل بيا راتګ recurrence احتمال 50–66% پورې کموي . د وړانګودرملنه لرځه شپږاونۍ دعملياتو څخه وروسته پيل کيږي اودشپږځخه تراته اونۍ پورې دوام کوی .

• د ښې خواسينې وړانګيزه درملنه :

په ١٦- ٧٨ شکل کې دناروغ دښې خوا سينې راډيو تراپي فزيکي پلان PTV ښوول شوی دی چې ددوومقابل مماس Tangente ډوله وړانګيزوسا حوپه مټ رښا کيږي.

- دلومړی وړانګيزې ساحې (1) فوتون انرژی شپږميګاولټ 6MV ،دکوليميتر Collimator زاويه 11^0 اودماشين ګنټرې زاويه 54^0 قيمت لري . دکوليميتردنده داده چې دفوتون وړانګو وړانګيزې ساحې بعد يوخوامحدودکوي اوبلخوافوکس کوي.
- ددويمې مخامخ وړانګيزې ساحې (2) فوتون انرژی شپږميګاولټ6MV ،دکوليميتر Collimator زاويه 80^0 اودماشين ګنټرې زاويه 229^0 قيمت لري .
- د تراپي ماشين ايزوسنټرisocenter دمقابل وړانګوساحودمرکزي وړانګوپه اوږدواودPTV په منځ کې پروت دی او په يوه تورټکي ښوول شوی دی .





١٦- ٧٩ شکل :. دناروغ د ښي خواسينې راډيو تراپي فزيکي پلان PTV اوهمدارنګه دکمپوټرتوموګرافي CT- Slice سي ټي سلايس کې دسينې سرطان راډيوتراپي پلان کښل شوی دی.(69)

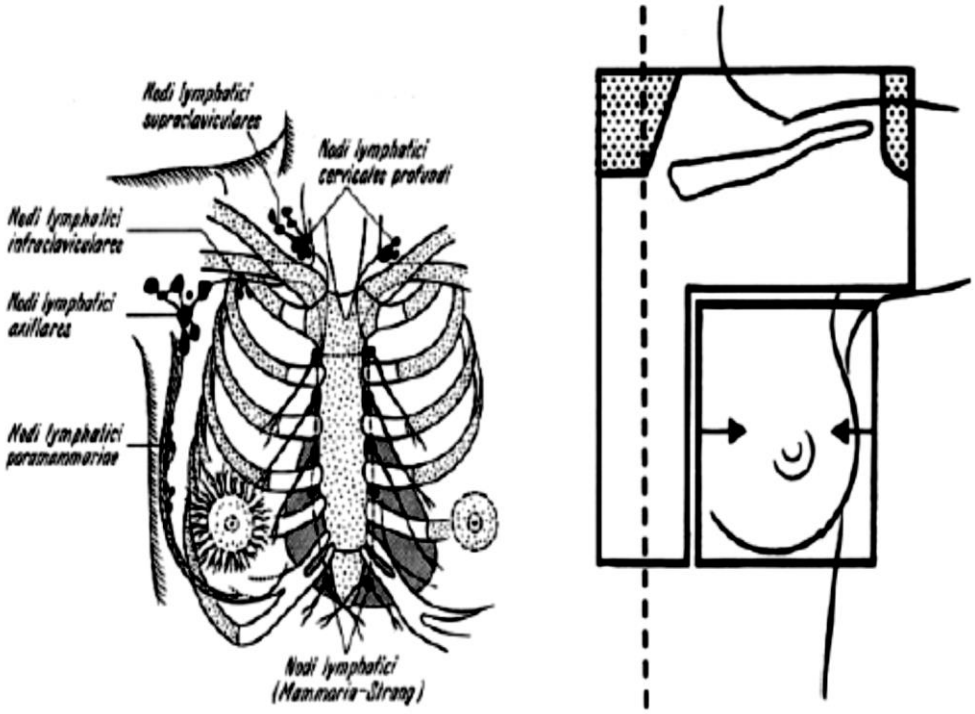
د راډيوتراپي ماشين په ايزوسنټرکې دانرژي ډوزريفرنس ټکي Dose Reference point ټاکل شويدی چې دانرژي ډوزسل سلنه 100% سره سمون خوري . دمقابل خوا وړانګوهره يوه ساحه په خپل مسيرکې يووېج Wedge لري چې دناروغ په سينه کې دجذب شوې انرژي ډوزمتجانس ويش منځ ته راولي. همدالامل دی چې دويج پنډه څوکه دسينې بهرخواته اونرۍ څوکه يې دسينې دننه خواته ټاکل شوې ده.

دفوتون انرژي شپږميګا ولټ 6MV اودکوليميترزاويه په عادي توګه ديرش درجه وي. دپلان نښې حجم PTV په منځ کې دانرژی يواعظمي ډوزټکی شتون لري چې دايزوډوز يوسلواته سلنه 108% کربنه ورځخه تيريږي . داټکی په ستورې ډوله بڼه ښوول شوی دی. دناروغ شي خواسړي يوې برخې څخه دپنځوس سلنې % 50 ايزوډوزکربنه تيريږي. په دې معنی چې که د ښي خواسينې ټوليزانرژي ډوزشپيته ګرې 60 Gy تجويزشوی وي نودسړي همدې برخي ته ديرش ګرې 30 Gy انرژي ډوزرسيږي.

- **دسينې اودتخرګو لمفاوي غوټو وړانګيزه درملنه :**

کله چې دسينې سرطان درملنه ترسره کيږي نو په عادي توګه نه يوازي پخپله سينې ته وړانګې ورکول کيږي بلکې ورسره يوځای دتخرګونواوشاوخوالمفاوي غوټو بهيرته هم وړانګې ورکول کيږي .

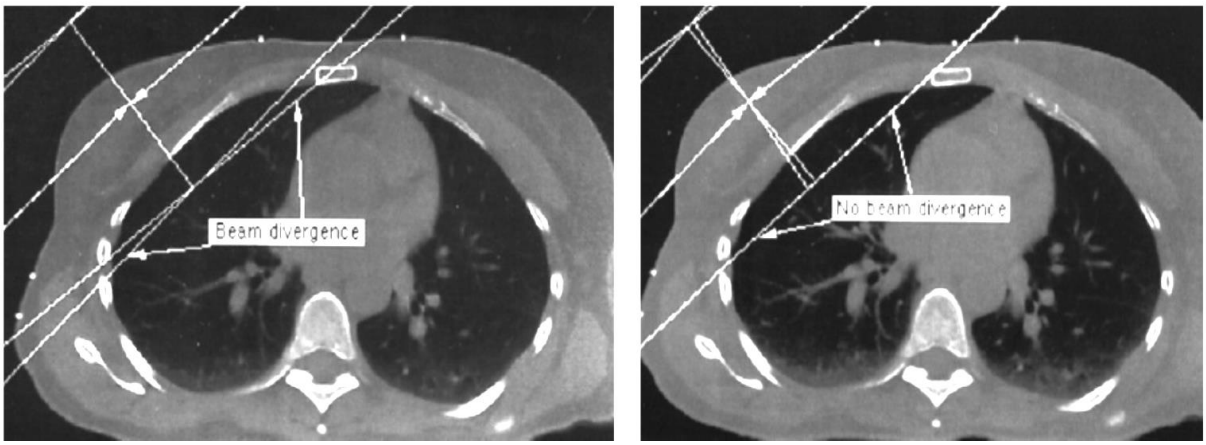
که چېرته دسينې څخه دسرطان ناروغۍ نوروګاونډيوغړو لکه دتخرګونو Axila لمفاوي غوټو، دپاراسټرنل parasternal لمفاوي غوټوته اوانفراکلاويکولا infraclavicularis ته نفوذکړی وي نواړين ده چې د وړانګودرملنه يې دسينې سرطان سره يوځای په يوه واحد فزيکي پلان کې ترسره شي. په١٦- ٧٩ شکل کې دنوموړودريوغړو وړانګيزې ساحې ښوول شوې دي.



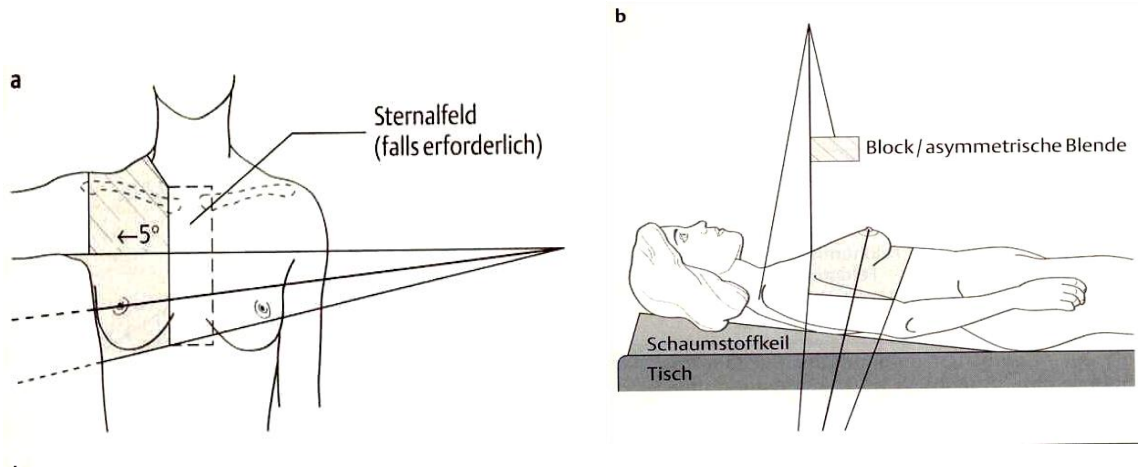
١٦- ٨٠ شکل : په کين خواکې دسينې ، دتخرګونو Axila اوانفراکلاويکولا infraclavicularis لمفاوي غوټواناتومي بهير ښوول شوی دی چې په عادي توګه دسينې د وړانګيزې درملنې په ترڅ کې ورسره يوځای رڼاکيږي.
په ښي خواکې دسينې سرطان اودلمفاوي غوټوددرملنې په موخه د وړانګيزې ساحې Radiation field سرحدونه په مستقيم توروکرښوکښل شوي دي .

- دسينې سرطان فزيکي نښې پلان PTV ددوومقابل مماس Tangente وړانګيزوسا حو په مټ رڼاکيږي.
- دتخرګ Axila لمفاوي غوټو اودعبوس sternum لمفاوي غوټو Nodi Lymphatici parasternales په ګډه سره ديوې ولاړې وړانګيزې ساحې په مټ رڼاکيږي .(14)

په نوموړې کړنلاره کې دسينې غده ددوومقابل مماس Tangente وړانګوسا حوپه مټ رڼا کيږي. دمقابل وړانګې ساحوزاويه ديوبل په تړاوپوره يوسلواتيادرجه 180^0 نه ټاکل کيږي بلکې يوځودرجې زياته ټاکل کيږي ترڅودهغوی ترمنځ تشعب Divergence دمنځه ولاړشي. نوموړې هندسي کړنلاره اړين ده دائکه چې ددواړو وړانګوساحوهغه څنډې چې سړي ته ورمخه دي يومستقيم خط تشکيل کړي اوپه دې اساس سړې ته لږ وړانګې ورسيږي.



١٦- ٨١ شکل : دناروغ ښي خوا سينې دسي ټي CT په ساره پرې شوې وړانګيزدوه تصويرونه کښل شوي دي . په کين خوا سي ټي CT کې دسينې تومو ته ددوومقابل مماس Tangente ډوله وړانګيزوسا حوپه مټ وړانګې ورکول کيږي او د وړانګې تشعب Beam divergence زاويه پکې شتون لري . دنوموړو ساحوسمت په غښوښوول شوی دی .
خوپه ښي خوا سي ټي CT کې د د وړانګې تشعب Beam divergence زاويه No beam divergence دمنځه تللې اوسرحديي مستقيم خط تشکيلوي. په وروستۍ کړنلاره کې سړوته لږ وړانګې ورسيږي اوله دې کبله د وړانګودخطرځخه په ډيره کچه محفوظ ساتل کيږي.

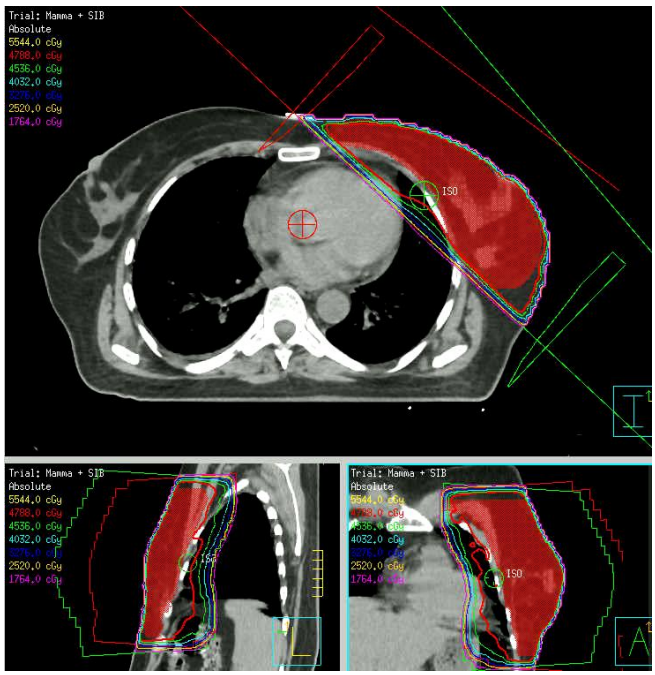


۱۶- ۸۲ شکل: دسينې سرطان ، دتخرګونو لمفاوي غوټو Axillary lymph nodes ، ، ،دانفراکلاویکولا infraclavicular لفاوي غوټواو دعبوس sternum لمفاوي غوټو د وړانګيزې درملنې کړنلاره کنبل شوې ده .

- دسينې سرطان فزيکي نښې پلان PTV ددوومقابل مماس Tangente وړانګيزوسا حو په مټ رښاکيږي.
- دتخرګ Axila لمفاوي غوټو ،دعبوس sternum لمفاوي غوټو Nodi Lymphatici parasternales اودانفراکلاویکولا infraclavicular لفاوي غوټوپه ګډه سره ديوې ولاړې وړانګيزې ساحې په مټ رښاکيږي. دماشين ګانټري زاويه يې صفرده. د وړانګيزساحې هندسي اندازه داسې ټاکل کيږي چې نوموړې ټولې لمفاوي غوټې پکې رښاشي
- که چېرته دتخرګ ځينې لمفاوي غوټې ډيرې ژورې پرتې وي نواړين ده چې دناروغ دځټ خواڅخه هم يوسم سيخ وړانګيزه ساحه وکارول شي ترڅوژورو لمفاوي غوټوته ديوې خوا دتجويزشوې انرژی ډوزورسيږي اوبلخوا په کلينيکي نښې حجم کې دانرژي ډوزمتجانس ويش منځ ته راشي. ددې لپاره چې دناروغ دمخ خوا اودځټ خوا وړانګيزوساحومرکزي شعاع په يوه مستقيم خط کې پريوزي اوتباعد وه نه لري نواړين ده چې ديوه فلزي بلاک اويادتوپيرلرونکي asymmetric ملټي ليف کوليمېټرپه مرسته حل شي.

همدارنګه دناروغ ميزته لړڅه پنځه درجې زاويه 5^0 تغيرورکول کيږي ترڅودمقابل خواماس د وړانګيزې ساحې پورتنی سرحد چې دسينې دننه خوا په سينه لګيږي اودهغې وړانګيزې ساحې پورتنی سرحد چې دځنګ له خوا په سينه لګيږي پرته له تباعد divergence ديوبل سره يومستقيم خط تشکيل کړي.

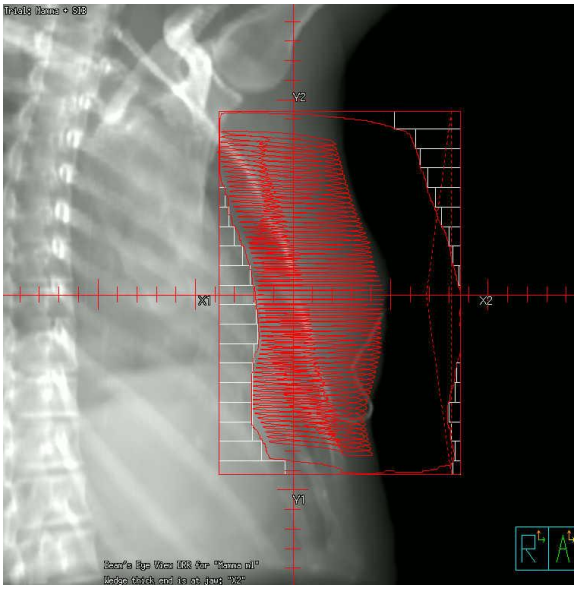
همدارنګه داړتياپه وخت کې دتخرګ وړانګيزې ساحې مرکزي شعاع ته هم ددووڅخه تردرې درجې زاويې $2\text{-}3^0$ پورې تغيرورکول کيږي ترڅودنوموړې ساحې مرکزي شعاع اودسينې غوټې ددوومقابل مماس Tangente وړانګيزو ساحو پورتنی څنډې يعنې درې واړه سرحدونه په يوه مستقيم خط کې سره يوځای شي.

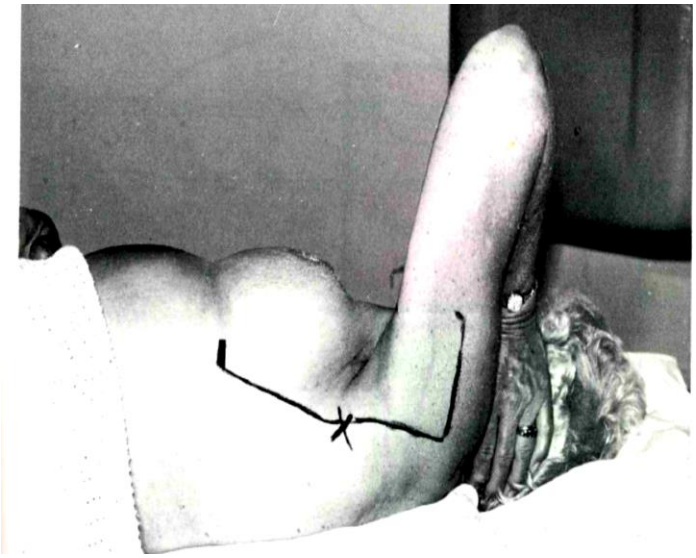


١٦- ٨٣ شکل: دناروغ کيڼ خواسيڼې راديوتراپې پلان کښل شوی دی . دسې ټې CT سلايس وړانګيزتصويرونه په خپل وارسره په لاندې ډول ښوول شوي دي:

- ترانسورس يا په ساره پرې شوې سطحه Transverse plane ،
- فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane
- اوزاجيتل پرې شوې سطحه Sagittal plane کې راښيي.

دناروغ کيڼ خواسيڼې دکلينيکي نښې حجم CTV په سوررنګ اودسړوحجم په تورنګ کښل شوی دی. دسيڼې سرطان فزيکي پلان تخنيک ددوومقابل مماس Tangente وړانګيزوسا حوپه مټ ترسره کيږي . د وړانګوهره يوه ساحه په خپله مرکزي شعاع کې يووېج Wedge لري ترڅود وړانګوشدت متجانس کړي. دسيڼې تومور د 95%, ايزوډوزکرښې څخه محدوده شوې ده. د تراپې ماشين ايزوسنټر isocenter دسيڼې دپلان نښې حجم PTV په داخلي څنډه اودسړي بهرنۍ څنډې ته په سرحد کې ټاکل شوی دی





١٦- ٨٤ شکل دښي خواسينې سرطان د اکس وړانګودرې بعده تصويرDRR د څنګ خواڅخه اخيستل شوی دی . دکلينيکي نښې حجم CTV په سوررنګ اودملټي ليف کوليمېټر MLC پاڼې په سپين رنګ ښوول شوې دي . د وړانګوساحه دملټي ليف کوليمېټرپه مرسته احاطه شوې ده.

په نښې خواشکل کې دناروغ کين خواسينې موقعيت ښوول شوی دی چې دسينې **Breast** اودتخرګونو لمفاوي غوټو وړانګيزه ساحه **Radiation field** په تورررنګه په نښه شوې ده .

■ دسينې غوټو اودلمفاوي غوټودانرژي ډوزويش پلان :

لومړی : رغووونکې درملنه curative :

د سينې Breast راډيو تراپي لپاره دسپارښتنې ټوليزانرژي ډوزاندازه دشپېته څخه ترپنځه شپېته پورې رسيږي. په لومړي پړاوکې د سينې غوټې ته پنځوس ګرې 50 Gy اويا 54,4 Gy ګرې انرژي ډوزتجويزکيږي . نوموړي انرژي ډوزپه خپل وارسره په پنځه ويش ځليزو برخو يعنې فراکشن Fraction کې ورکول کيږي اوپه هرواردوه ګرې 2Gy قيمت لري . اويادآچې اته ويشت ځله ورکول کيږي اوپه هرواريې فراکشن يوعشاريه اته 1,8 Gy ګرې وي . ددرملنې موده دپنځه څخه ترشپږاونۍ پورې وخت نيسی او په يوه اونۍ کې پنځه ځله ورکول کيږي .

په اخر کې پخپله اصلي تومورته Tumor bed اضافه لس ګرې 10 Gy وړانګې ورکول کيږي اوپه هرواربانډي دوه ګرې2Gy قيمت لري اوپنځه ځله ورکول کيږي . وروستۍ کړنلاره چې اصلي تومورته نورې وړانګې هم ورکول کيږي دبوسټ Boost په نوم يادېږي . دبوست وړانګيزه ساحه اوهمدارنګه دکلينيکي نښې حجم CTV دفزيکي نښې حجم PTV په پرتله کوچنی وي.

لمفاوي غوټوته دسپارښتنې ټوليزانرژي ډوزاندازه دپنځه څلويښت 45 څخه ترپنځوس ګرې 50 Gy پورې تجويزشوې ده او دهرځل فراکشن انرژي ډوزقيمت ديوعشاريه اته ګرې څخه تردوه ګرې (1,8 - 2 Gy) پورې رسيږي .

دويم : تسکين کوونکې ياپاليياتيف درملنه palliative :

که چېرته دتي سرطان ناروغۍ دومره پرمخ تللی پړاوته رسيدلې وي چې هډوکو ته يې هم مېتاستازيس metastasesکړې وي نوددردکمښت په موخه Palliative radiotherapy په يوه ځل باندې اته ګرې8 Gy وړانګې ورکول کيږي . اوکه چېرته مېتاستازيس دبدن نوروبرخوکې لکه دشمزی ماغزه ، دسرماغزه اودبدن لمفاوي غدوکې شتون ولري نوددردکمښت په موخه دسپارښتنې ټوليزانرژي ډوزاندازه شل ګرې 20 Gy تجويزکيږي . نوموړي انرژي ډوزپه خپل وارسره پنځه ځله په پنځه ورځوکې او دهر وار برخه Fraction يې څلورګرې 4Gy ټاکل شوی دی .

دمقعد سرطان : (Rectum cancer)

دغټوکولمو سرطان ته ويل کيږي چې دهغه ځای حجرې بې کنترولە ډېرښت مومي . دغټوکولموهغه برخه چې سم سيخ شکل لري اوطول يې 15–18 cm پورې رسيږي دريکټم يامعا مستقيم (Rectum) په نوم يادېږي. دغټوکولموسرطان يوپه درېيمه برخه په مقعد(يامعا مستقيم) برخه تشکيلوي. دنوموړي سرطان ړومبۍ نښې نښانې دادي چې په غټوکولموکې دوينې بهيدل پيل کيږي اوپه پايله کې دبدن وينې کمښت anemia منځ ته راځي . په څنګ کې دبدن وزن هم کميږي. دغټوکولموډيری سرطان دسليم نسجونوڅخه منځ ته راځي چې د ورم في الأنف ياپولېپ polyp په نوم يادېږي . دغټوکولمولړځه نوي سلنه 90% خبيث تومورونه دغټوکولموغدوڅخه منځ ته راځي اود آدنوکارسينوم Adenocarcinoma په نوم يادېږي.

د غټوکولمو سرطان درملنه په دې پورې اړه لري چې خبیث تومورډبدن په کوم ځای کې پروت دی اوترکومه پراوپورې پرمخ تللی دی. دغټوکولموهغه ډول سرطان چې دغټوکولمو دیوال(Capsel) په منځ کې لاپروت وي اودبدن بل ځای ته خپورشوی نه وي ددرملنې ډیرښه چانس لري اودجراحي په مټ بیخي پرې resection کیدلای شي . خودغټوکولموهغه ډول سرطان چې دبدن بل ځای ته دوینې بهیراویادلمفاوي بهیرله لارې خپورشوی وي په عادي توګه ددرملنې وړتیانه لري . په وروستي حالت کې دناروغ دژوندکیفیت دښه کولوپه موخه کیمیاوې درملنه ترسره کیږي. په نړۍ کې دغټوکولمو سرطان دپاتې نوروسرطانوپه پرتله په دریمه درجه کې پېښیږي.

په عمومي توګه دجراحي کړنلاره ددرملنې بنسټیزدرملنه تشکیلوي. د ساري په ډول که چېرته دسرطان ناروغي په لومړۍ پړاوکې (stage I) قرارولري نودرې نوي سلنه برخه 93% ناروغان پنځه کاله ژوندي پاتې کیږي . که چېرته دمقعدسرطان په درېیم اویاځلورم T3/T4 ډلبندي TNM Classification کې شتون ولري نودجراحي څخه دمخه وړانګې ورکول کیږي اودجراحي څخه وروسته کیمیاوي درملنه ترسره کیږي. داسې هم کېدای شي چې کیمیاوي درملنه اود وړانګودرملنه په یوه وخت کې اوپه ګډه سره مخکې دعملیاتوڅخه وکارول شي . په نومورې کړنلاره سره دتومورحجم کمښت مومي اودمخ تللي پړاوڅخه راښکته کیږي (Downstaging) . دعملیات درملنې څخه وروسته هم کېدای شي چې کیمیاوي درملنه اود وړانګودرملنه وکارول شي ترڅوهغه سرطانې حجرې چې دعملیاتوپه ترڅ کې بیخي لیرې شوې نه وي ، دمنځه یووړل شي. بلخواکیمیاوي درملنه اود وړانګودرملنه داګټه هم لري چې دناروغۍ د بېرته راګرځیدنې recurrence احتمال کموي. همدارنګه هغه ناروغان چې عملیات یې کیدونی نه وي خودناروغۍ پرمختګ په څلورم پړاوکې تشخیص شوی وي T4 نو داوږدې مودې لپاره یوازې کیمیاوي دواګانې ورکول کیږي. په عادي توګه کیمیاوي درملنه د 5-Fluoruracil درمل په مټ ترسره کیږي.که چېرته دناروغ درملنه ناشونې وي ، نودژوندکیفیت دښه کولواوهمدرنګه ددرددکمښت په موخه د palliative راډیو تراپي څخه ګټه اخیستل کیږي.

دغټوکولموسرطان دپیداکیدو احتمال او دخطر فکټورونه عبارت دي له : غوړجن غذایي خوراک، اومه غوښه، الکهول، لږسپورټ، سګرټ څکول او دوزن ډیرښت دخطرفکټورنه ګڼل کیږي.

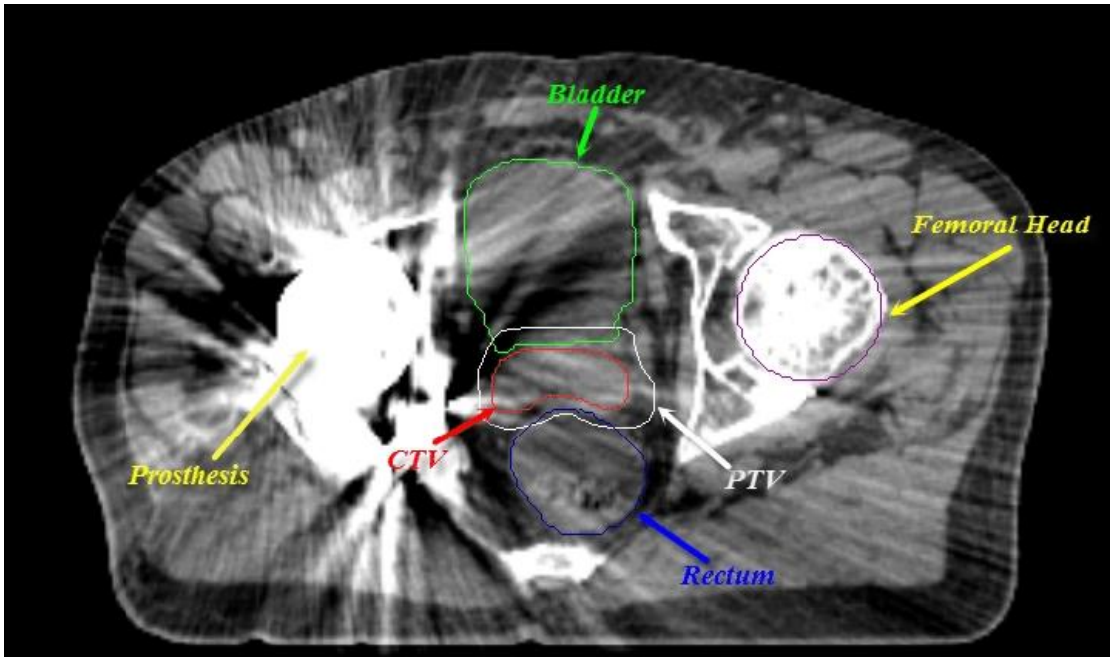
په شکل کې دمقعداناټومي موقعیت دبدن نوروغړوسره په تړاوکې ښوول شوی دی .

دمقعد سرطان پېژندنه : Diagnosis

دغټوکولمواومقعدسرطان پیژندنې په موخوه ترټولومعیاري کړنلاره **colonoscopy** ده چې دشک من ځای څخه یوه نمونه اخیستل کیږي اودمایکروسکوپ لاندې معاینه کیږی . همدارنګه دسي ټي سکن **CT Scann** په مرسته هم دسرطان ناروغي پیژندل کیدلا ی شي . دتومورهیستوپاتولوژیکې خواص دبیوپسي له لارې تشخیص کیږي چې داړوند ځای څخه یوه نمونه اخیستل کیږی . همدارنګه د لاس ګوتوپه مرسته دمقعدمعاینه کول دابتدایي تومورغټوالی پیژندل کیدلا ی شي .



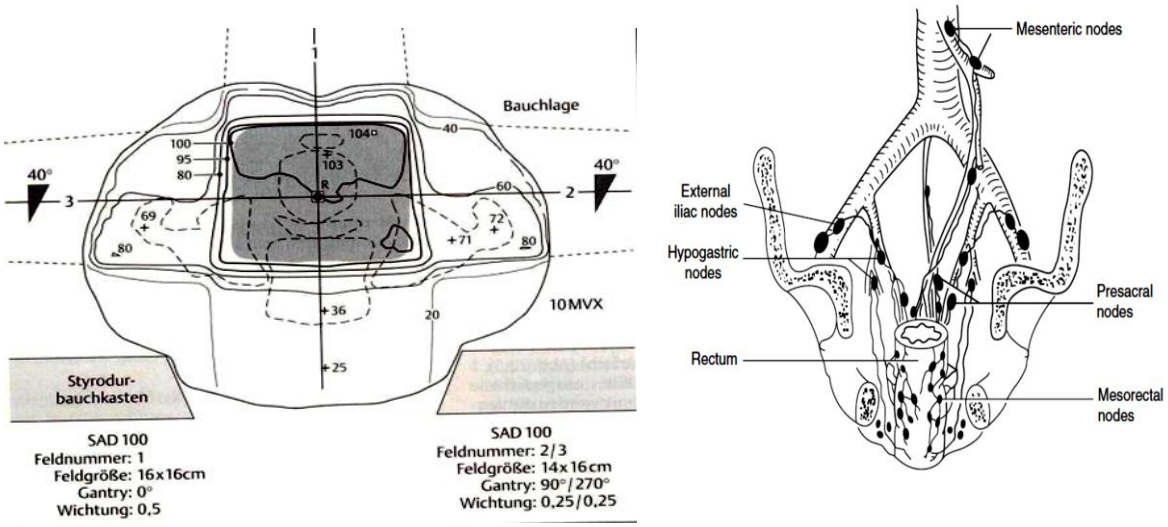
١٦- ٨٥ شکل : دسي ټي سکن **CT Scan** په سلايس کې دمقعد ابتدايي تومورپېژندل شوی دی چې ديوه وکټورپه واسطه ښوول شوی دی .



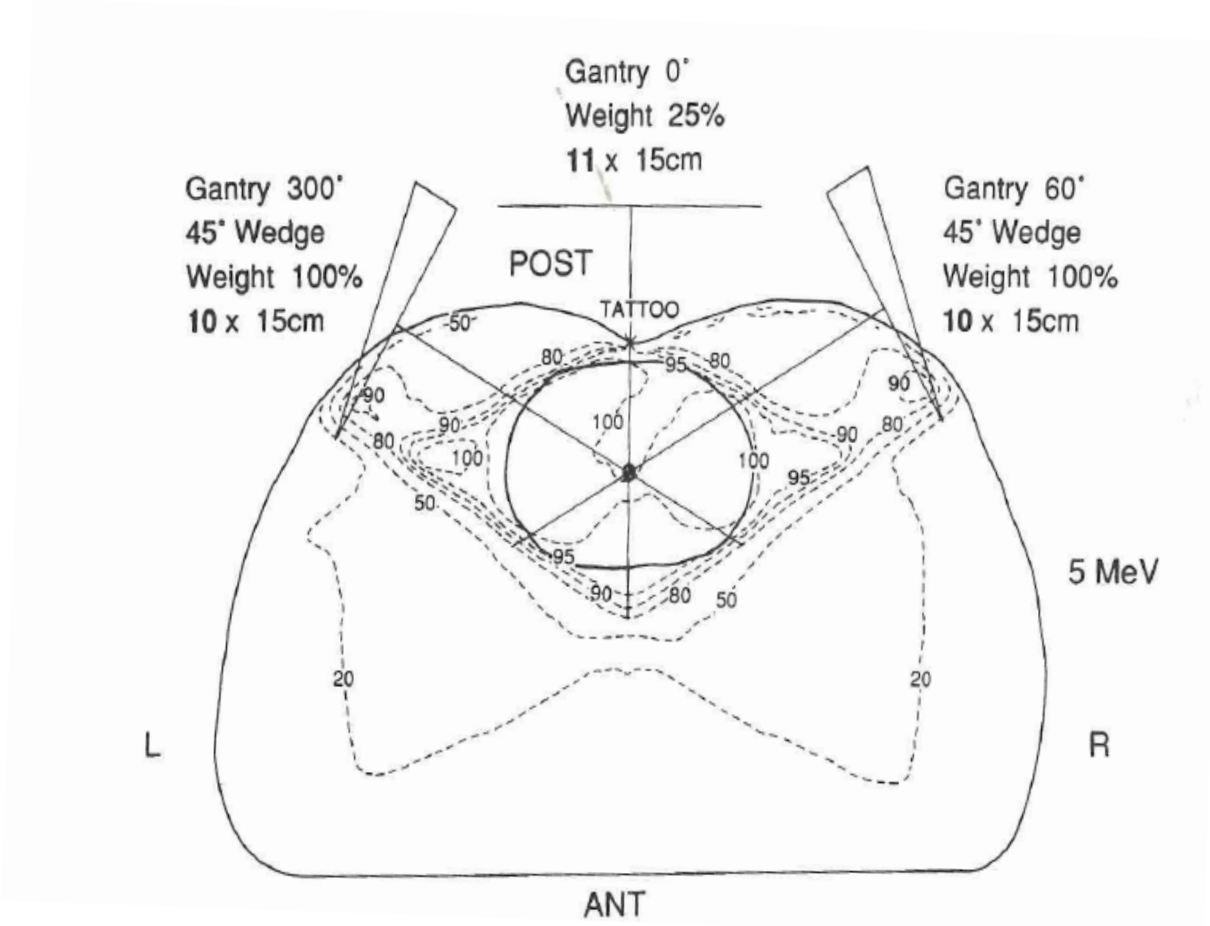
١٦- ٨٦ شکل : دسي ټي په سلايس کې CT Slice دمقعد Rectum اناتومي موقعيت دبدن نوروغړوسره په ټراوکې ښوول شوی دی . ديادولووړده چې دمقعدداخلي برخه په غايطه موادوڅکه ده .

دمقعد سرطان راډيوتراپي : Rectum Radiotherapy

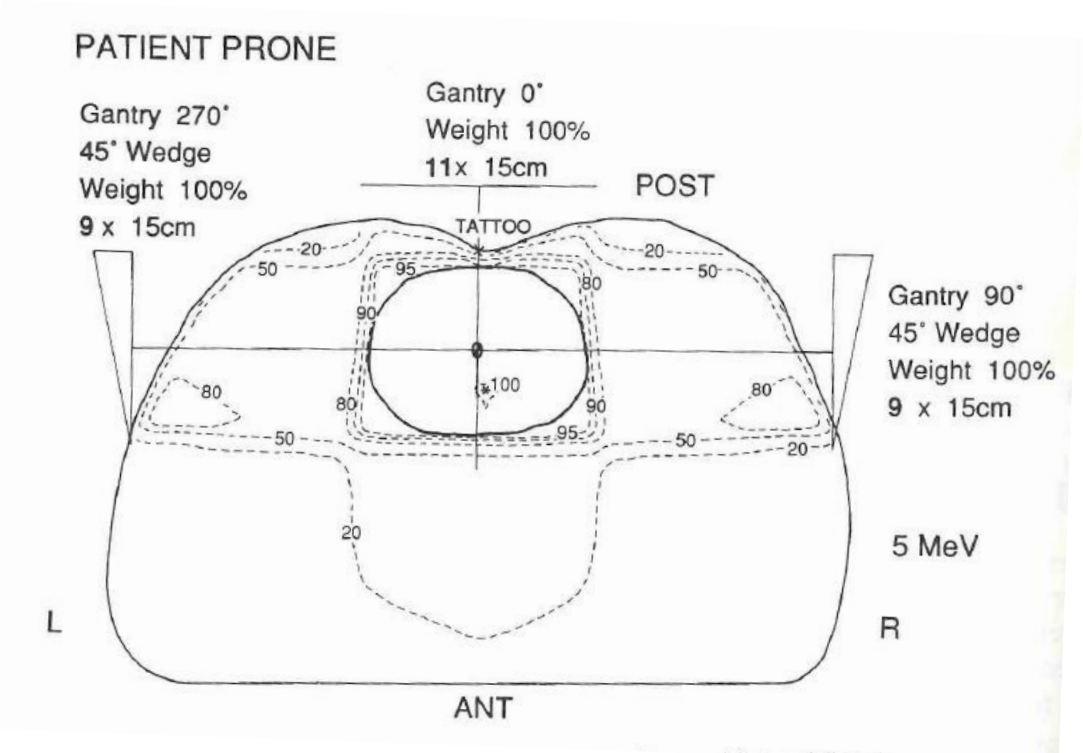
دمقعدرادیوتراپي په کړنلاره کې دا هڅه کیږي چې د پلان نښې حجم **PTV** ته متجانس انرژي ډوزورسیږي اوبلخوا کوچنۍ کولمې اودمثانې کڅوړه دوس سره سم داکس وړانگودخطرڅخه په امن کې وساتل شي . داکس وړانگوانرژي پنځه میگاالکترون ولټ اویا پنځه لس میگاالکترون ولټ ټاکل کیږي . په دودیزه توگه د نښې خوا اوکیڼ خوا اودڅټ خواڅخه وړانگې ورکول کیږي . دوړانگوپه ساحه کې د ویج فلتر **Wedge Filter** څخه کاراخیستل کیږي ترڅو د پلان نښې حجم **PTV** په منځ کې دانرژي ډوزویش متجانس شکل ځانته غوره کړي .



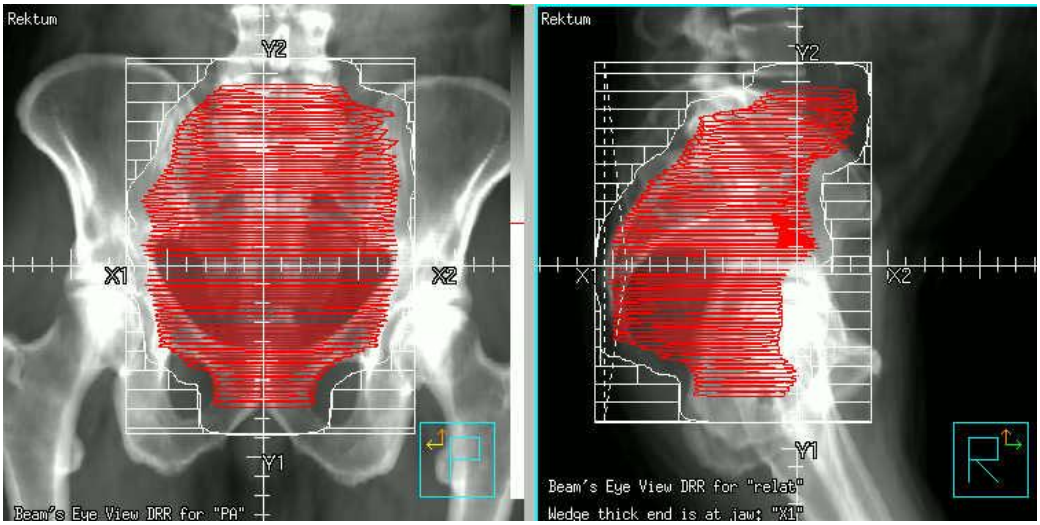
١٦- ٨٧ شکل: په نښې خواشکل کې دغټوکولمولمفاوي بهیر موقعیت اوکیڼ خواته دمقعد(ریکټم Rectum) لپاره د وړانگودرملنې فزیکي پلان نښې حجم PTV ښوول شوی دی چې ددریوایزوسنټر وړانگیزوساحوپه مټ ترسره کیږي. ناروغ پرمخ ددرملنې پر میزپروت دی اودناروغ میز په منځ برخه کې یوسوری شتون لري . دناروغ خیټه دسورې له لارې دخپل وزن له کبله ښکته راڅوندیږي . دیوه داسې تخنیک ګټه داده چې دنس اودکولموسالم نسجونوډیره برخه د وړانگودضررڅخه په امن کې ساتل کیږي . دمقعد(ریکټم Rectum) سرطان ته ددرملنې په موخه دڅټ خوا څخه په صفردرجه 0^0 زاویه(1) دکیڼ خواڅخه په نوي90^0 درجه زاویه (2) د نښې خواڅخه په دوه سوه اویادرجه 270^0 زاویه (3) له خوا وړانگې رسیږي . ددویمې اودرېیمې وانگیزوساحودانرژي ډوزوزن یوشان 0,25 ټاکل شوی دی خودلوموړی وړانگیزې ساحې وزن 0,5 ټاکل شوی دی . ددویمې اودرېیمې وړانگیزې ساحې غټوالی 14 x 16 cm اودلومړی وړانگیزې ساحې غټوالی 16 x 16 cm دی. دفزیکي پلان نښې حجم PTV په منځ کې دانرژي ډوزټولولوړقیمت 104% دی . په خپله دفزیکي نښې پلان PTV دپنځه نوي ایزوډوزکرښې 95%په واسطه محدودشوی دی. ددویمې اودرېیمې وړانگیزې ساحې په مرکزي وړانگه کې دویج فلزي فلترونه کښښول شوي دي چې زاویه یې څلویښت درجه ده . په نوموړي کړنلاره سره دتومورپه منځ کې دانرژي ډوزمتجانس ویښ منځ ته راځي.



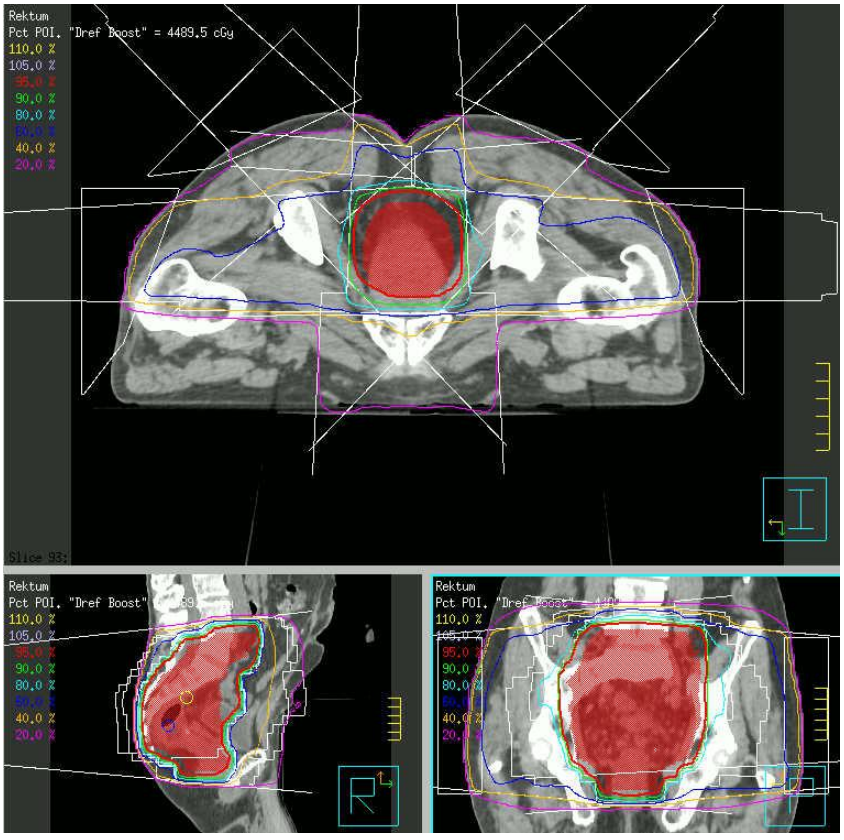
١٦- ٨٨ شكل : دمقعدسرطان راديوتراپي پلان PTV ښوول شوی دی . ناروغ پرمخ پروت دی او دپلان نښې حجم PTV دڅې خواڅخه ديوې سم سيخ وړانگيزې ساحې اودڅنگ خواڅخه په دوو مايلو وړانگيزو ساحو باندې رېناکيږي .



۱۶- ۸۹ شکل : دمقعدسرطان رادیوتراپي پلان PTV ښوول شوی دی . ناروغ پرمخ پروت دی prone او دپلان نښې حجم PTV دځې خواځخه دصفردرجې زاویي °0 وړانګیزې ساحې اودځنګ خواځخه دنوي درجې زاویي °90 اودوه سوه اویادرجې زاویي وړانګیزو ساحو په مټ رټاکیږي .



۱۶- ۹۰ شکل: دمقعد(ریکټم Rectum) سرطان کلینیکي نښې حجم CTV په سوررنګ په درې بعده راډیوګراف DRR کې کښل شوی دی. په نښي خوا راډیوګراف R کې کلینیکي نشې حجم د 270^0 زاویي اوکیڼ خوا راډیوګراف P کې دصفردرجې زاویي څخه لیدل کیږي. دمقعد(ریکټم Rectum) کلینیکي نښې حجم CTV دملټي لیف کولیمتر multileaf collimator په مرسته احاطه شوی دی ترڅودبدن سالم نسجونه د وړانګودخطرڅخه په امن کې وساتل شي .



١٦- ٩١ شکل: دسي ټي CT په درې اړخيز وړانګيزتصويرونوکې دمقعد(ريکټم Rectum) سرطان د وړانګودرملنې په موخه فزيکي پلان نښې حجم PTV ښوول شوی دی . دکلينيکي نښې حجم CTV دسي ټي CT په وړانګيزتصويرونوکې په خپل وارسره پاس ترانسورس يا په ساره پرې شوې سطحه Transverse plane ، نښې خواته فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane اوکين خواته زاجيتل پرې شوې سطحه Sagittal plane کې په سوررنګ کښل شوی دی. دمقعد سرطان کلينيکي نښې حجم دپنځو وړانګيزساحوپه مټ رښاکيږي چې شريک ايزوسنټرلري. ناروغ څټ مخ ددرملني پرمهال پرميزپروت دی . دمقعد(ريکټم Rectum) سرطان ته دڅټ خوا څخه په صفردرجه 0^0 زاويه , دکين خواڅخه په 45^0 اونوي 90^0 درجه زاويه ، د نښې خواڅخه په دوه سوه اويادرجه 270^0 زاويه او 315^0 له خوا وړانګې ورکول کيږي .

د وړانګوهره يوه ساحه په خپله مرکزي شعاع کې يوفلزي ويج فلتر لري ترڅود وړانګوشدت ته داسې تغيرورکړي چې په کلينيکي نښې حجم کې دانرژي ډوزمتجانس ويش منځ ته را شي. دمقعد سرطان د ,95% ايزوډوزکرښې څخه محدوده شوې ده. د تراپي ماشين ايزوسنټر iso دفزيکي پلان نښې حجم PTV په مرکزکې ټاکل شوی دی .

دانرژي ډوزويشپلان :

لومړی : رغووونکې درملنه curative :

که چېرته دعملياتو څخه دمخه کيماوي درملنه اود وړانګودرملنه پيل شي نوپه لومړي ګام کې دمقعد(ريکټم Rectum) سرطان ټوليزانرژي ډوزپنځه څلويښت ګرې 45 Gy تجويزکيږي . هره ورځ اوهرځل باندې 1,8 Gy ورکول کيږي چې ټول يې پنځه ويشت څله 1,8 Gy ورکول کيږي . ددرملنې موده پنځه اونۍ وخت نيسي .

په دويم ګام کې اصلي ځايزتومورته چې دبوسټ Boost په نوم يادېږي اضافه نهه ګرې 9 Gy په پنځوورځوکې اوهره ورځ اوهرځل باندې 1,8 Gy ورکول کيږي اويا داچې دبوست انرژي 5,4 Gy ګرې ټاکل کيږي اوهره ورځ اوهرځل باندې 1,8 Gy ورکول کيږي چې درې ورځې دوام کوي.

کيمياوي درملنه د وړانګودرملنې په لومړی اونۍ کې او اخر ه اونۍ کې په دوامداره توګه د تزريق له لاريInfusion ورکول کيږي. کيميامي درمل په عادی توګه 5-Fluorouracil 1000 mg/m^2/day ټاکل کيږي.

دمقعد(ريکټمRectum) سرطان عمليات هغه مهال پيل کيږي چې د وړانګودرملنې اوکيمياوي درملنې څخه ځلوراويا شپږاونۍ تيرې شوې وي.

دويم : دردکموونکې ياپالياتيف درملنه palliative :

دردکموونکې اوتسکين کوونکې درملنې په موخه چې دناروغ دژوندکيفيت ورسره نښې کيدلای شي ټوليز 30 Gy - 36 Gy ناروغ ته ورکول کيږي . په هرځل اوهره ورځ يې دانرژي ډوز برخه شپږګړي وي . نوموړې درملنه پنځه ورځې اويا شپږورځې دوام کوي . بله درملنه يې داده چې داوړدې مودې لپاره لږشديد کيمياوي درمل ورکول کيږي. د ساري په ډول لکه 5-Fluorouracil 1000 mg/m^2/day

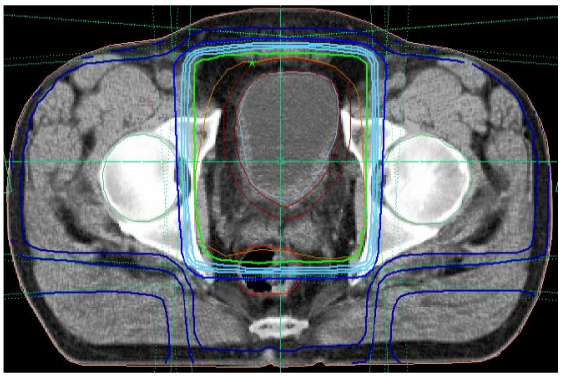
دمثانې کڅوړې سرطان : (Vesica urinaria cancer)

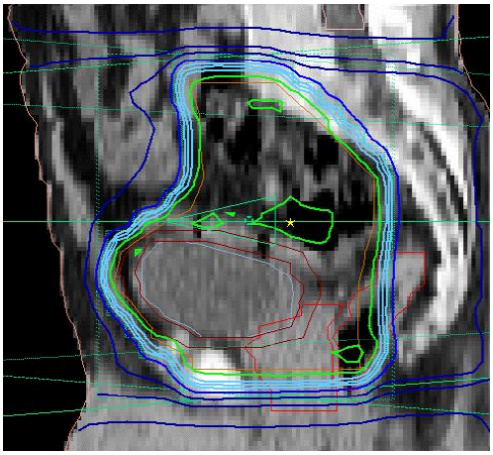
دمثانې کڅوړه دعضلا تويوتش غړی دی چې دبدن متيازې پکې ذخيره کيږي. نن ورځ دخطر ځينې فکټورونه پېژندل شوي دي چې په ډيراحتمال سره دنوموړي غړې سرطان لامل کېدای شي . د ساري په ډول ځينې کيمياوي موادلکه اروماتيک امين Benzidine ، سګرټ څکول، دغړومزمن التهاب، دلږاوبوڅښل،مصنوعي شکرخوراک، دواګانې ، وړانګې ، ديوولسم کروموزوم ميوټېشن اونور. دنوموړي سرطان لومړنۍ نښې دادي چې په متيازوکې وينه ليدل کيږي. بله نښه داده چې دمتيازوکولوپه ترڅ کې دردپيداکيږي. خوداډول پېښې کېدای شي چې دکومي بلې ناروغۍ له کبله هم شتون ولري. ترټولودباورورټشخيص کړنلاره دتومورنسجونمونۍ اخيستل دي چې بيوپسي biopsy ورته ويل کيږي. دتومورنسجونونمونه دسيستوسکوپی cystoscopy په ترڅ کې اخيستل کيږي. دمثانې کڅوړې سرطان دوينې له لاري سږي،هډوکواوينې ته (مټاستازيس metastasis) خپورکيږي .

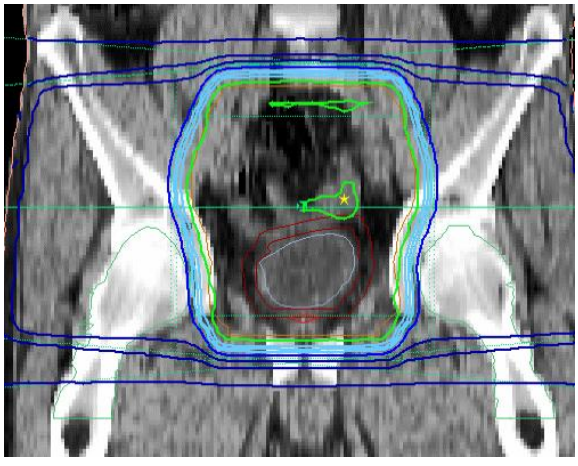
دمثانې کڅوړې درملنه (Treatment)

دمثانې کڅوړي سرطان درملنه په دې پورې اړه لري چې خبیث تومورځومره ژوردنوموړي غړي ديوال ته ورننوتلی دی. که چېرته تومورد‌مثانې عضلاتوته لا نفوذکړی نه وي نودکیڅه مثانې عملیات کیږي. که چېرته تومورد مثانې کڅوړې ديوال ته نفوذکړی وی او T1/T2 پراوته رسیدلی وي نواړین ده چې همغه برخه د cystoscopy په ترڅ کې عملیات شي . وروسته له عملیات څخه وړانګې ورکول کیږي . دعملیاتو درملې پرځای کېدای شي چې د وړانګودرملنه دکیمیاوي شدیددرملنې سره یوځای ترسره شي.داځکه چې دمثانې کڅوړې سرطان د وړانګوپروړاندې خوراډیرحساسیت ښیي. همدالامل دی چې دعملیاتودرملنه اود وړانګودرملنه یوشان پایلې لري .په وروستی کړنلاره کې ناروغ کولای شي چې دعملیاتو څخه خپله مثانې کڅوړه و ژغوري. که چېرته تومور د خپل اصلي ځای څخه ګاونډیونسجونواوغړوته غځیدلی وی نوپه عادي صورت سره یوازي کیمیاوي درملنه ترسره کیږي. همدارنګه هغه ناروغان چې عمریي داویاکالونوڅخه اووښتی وي داوړدې مودې لپاره خولږشدیده کیمیاوي درملنه ورکول کیږي. دکیمیاوې درملنې درمل په عادي توګه Cisplatin 20 mg/m²/d او -5-FU 600 mg/m²/d1 تجویز کیږي . کیمیاوي درمل په لومړۍ ټوله اونۍ کې او پنځمه ټوله اونۍ کې د وړانګودرملنې سره یوځای کارول کیږي. که چېرته تومورپه T4 پراوکې شتون ولري نوددردکمښت اودژوندکیفیت ښه والي په موخه یوازي د وړانګودرملنه ترسره کیږي.

په ١٦- ٩١ شکل کې د T4 پراو وړانګیزه درملنه ښوول شوې ده. په لومړې پراوکې دمثانې کڅوړې په شمول دلګن خاصره ټولې لمفاوي غوټوته دڅلورخواوڅخه Box Technic وړانګې ورکول کیږي. په پایله کې دپلان نښې حجم PTV ته 50,4 Gy انرژي ډوزرسیږي. په دویم پراوکې د وړانګوساحه په هندسي تړاودومره کوچنۍ کیږي چې یوازې دمثانې کڅوړې ته وړانګې ورسیږي. نومورې کړنلارې ته بوست Boost ویل کیږي. دمثانې کڅوړه هم دڅلوروخوا صندوق ډوله تخنیک Box Technic په مټ رڼاکیږي. دبوست انرژي ډوز10,8 Gy تجویزشوی دی.







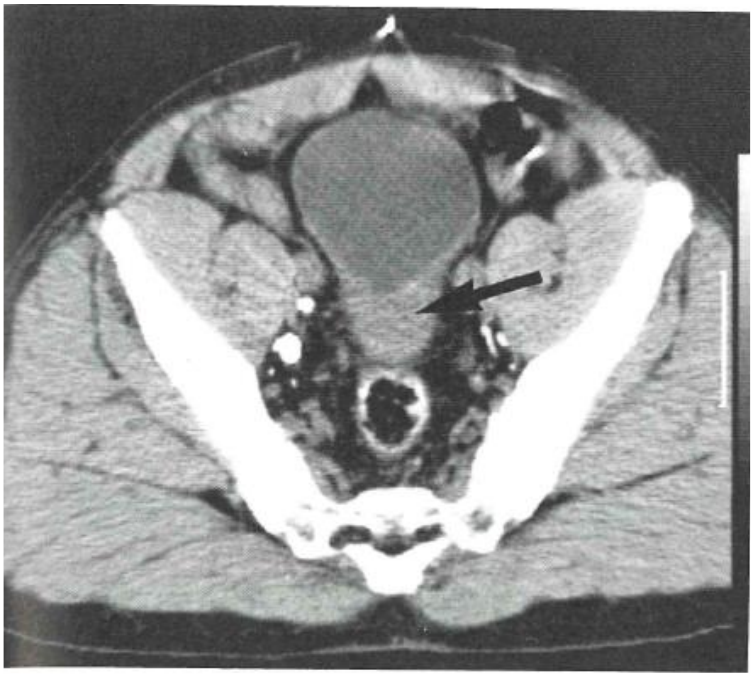
۱۶- ۹۲ شکل: دسي ټي CT سلایس په درې خوا پرې شوو وسطحوکې Transverse Plane, Sagittal plane, Frontal plane دمثانې کڅوړې سرطان فزیکي PTV اوکلینیکي نښې حجم CTV ښوول شوی دی . په دې معنی چې دمثانې کڅوړه اودلګن خاصره لمفاوي غوټې په وړانګیزه ساحه کې شامل دي اویوغت حجم ته وړانګې ورکول کیږي . په نوموړي شکل کې د وړانګیزې درملنې په موخه د وړانګوساحې اندازه ښوول شوې ده چې طول یې د L5 څخه دsacrum اود Symphysis pubica اخر ې څوکې پورې رسیږي . دکلینیکي نښې حجم CTV دسي ټي CT په وړانګیزتصویرونوکې په خپل وارسره پاس ترانسورس یاپه ساره پرې شوې سطحه Transverse plane ، ښې خواته فرنټل پرې شوې سطحه frontal plane اوکینې خواته زاجیتل پرې شوې سطحه Sagittal plane کې کښل شوی دی. دمثانې کڅوړې سرطان کلینیکي نښې حجم CTV اوګاونډی لمفاوي غوټې دځلور وړانګیزساحوپه مټ رښاکیږي چې شریک ایزوسنټرلري. ناروغ څټ مخ ددرملنې پرمیزپروت دی . دمثانې کڅوړې سرطان اولګن خاصره ته دڅټ خوا Prone څخه په صفردرجه 0^0 زاویه , د ښې خواڅخه په 90^0 درجه زاویه، دمخ خواڅخه په 180^0 زاویه کینې خواڅخه په دوه سوه اویادرجه 270^0 زاویه وړانګې ورکول کیږي . دنوموړي تخنیک په مټ دمثانې کڅوړه اوګاونډی لمفاوي غوټې تر50,4 Gy پورې رښاکیږي.

دمثانې کڅوړه اوګاونډی لمفاوي غوټې د ,95% ایزوډوزکرښې څخه محدوده شوې ده. د تراپي ماشین ایزوسنټرiso دفزیکي پلان نښې حجم PTV په مرکزکې ټاکل شوی دی . دملټي لیف فلزي پاڼوMLC په کارولوسره هڅه کیږي چې سالموغړولکه مقعد،دورون Femur سرهډوکی اوکوچنی کولموته لږ وړانګې ورسیږي.

په خپل اصلي ځای کې دتومورغټوالی اوګاونډیونسجونواوغړوته دتومورغځیدنه دTNM په نوم یادیږي . په ۱۶- ۹۲ شکل کې نوموړې کرښلاره ښوول شوی ده. دتومورډپرمختګ پراوونه دهیستولوجي Histology ازمویني پراساس ترسره کیږي . په دې معنی چې ګڼه دخبیث نسجونوهیستولوجي اوپتولوجي پایپ دنارمل نسجونو څخه په څومره کچه توپیرلري . دسالمونسجونواوخبیث نسجونوهیستولوجي توپیرته درجه بندي اویاډلبندي Grading ویل کیږي.

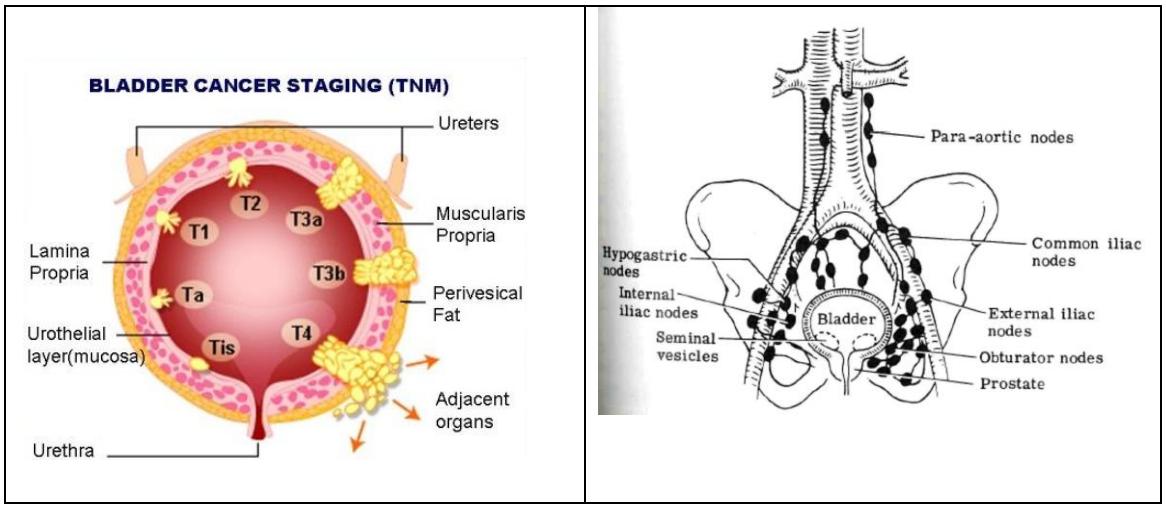
دمثانې کڅوړې سرطان پېژندنه : Diagnosis

دمثانې کڅوړې سرطان پیژندنه د cystoscopy آلې په مټ ترسره کیږي چې دیوې کامرې په مرسته داړونده شکمنونسجونوڅخه یوه نمونه اخیستل کیږي اوترمیکتروسکوپ لاندې معاینه کیږي .



۱۶- ۹۳ شکل : دسي ټي په سکن CT Scan کې دمثانې کڅوړې د T_{3b} پراوتومورپېژندل شوی چې دمثانې کڅوړې شاخواته غځیدلی اوپه یوه وکټورښوول شوی دی .

دمثانې کڅوړې وړانګيزې درملنې په موخه دګاونډيولمفاوي غوټواناتومي موقيت اوهمدارنګه دتوموپړاوونه TNM ډيراړين دی . په ١٦-٩٣ شکل کې دمثانې کڅوړې (Vesica urinaria) اودګاونډيو لمفاوي غوټواناتومي جوړښت ښودل شوی دی .

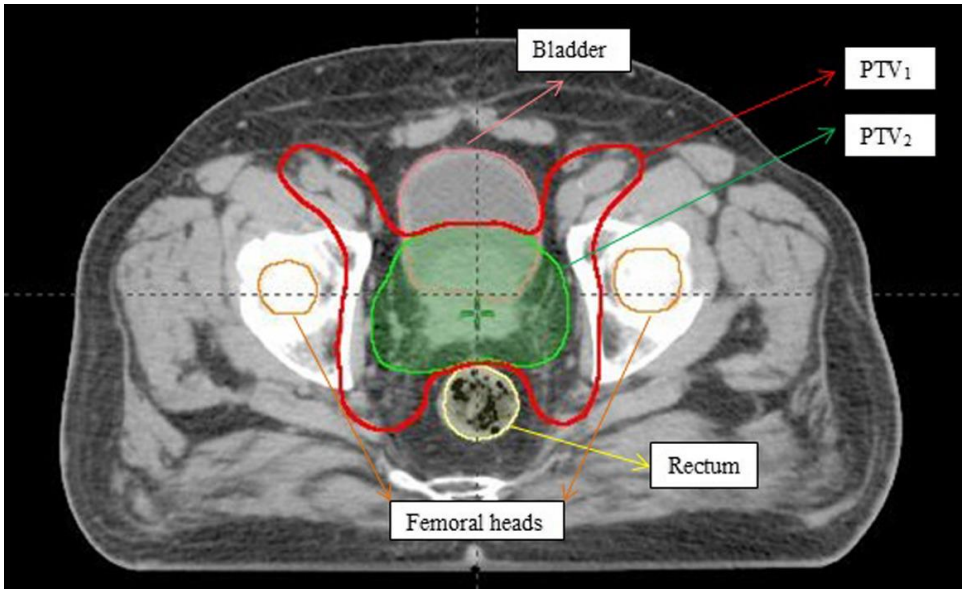


١٦- ٩۴ شکل: دمثانې کڅوړې (Vesica urinaria) اودګاونډيو لمفاوي غوټواناتومي جوړښت ښودل شوی دی .

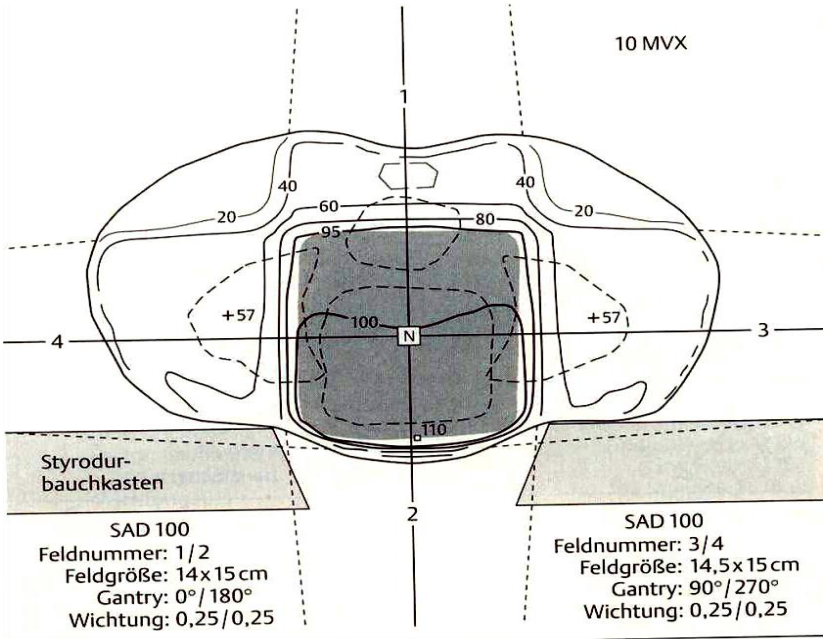
دمثانې کڅوړې سرطان (Vesica urinaria) اودګاونډيو لمفاوي غوټوددرملنې فزيکي پلان PTV ښوول شوی دی چې دځلورايزوسنټر وړانګيزوساحويه مټ ترسره کيږي. په کې خواشکل کې دمثانې کڅوړې سرطان دپرمختګ پړاوونه ښوول شوي دي چې درجه بندي يې په TNM سره کيږي. د ساري په ډول T4 تومورد‌مثانې کڅوړې عضلا تې پوښ (کپسل) پرې کوي اوګاونډيوغړوته يې نفوذکړی دی .(14)

دمثانې کڅوړې راډيوتراپي : Radiotherapy

دمثانې کڅوړې تومورونه دفوتون وړانګوپروړاندې خوراحساست لري اوله دې کبله هغه ناروغان چې عمريې ډيروي اوبلخوا ځينې نورې ناروغۍ هم ولري اودعملياتولپاره چمتونه وي ، په نوموړي حالت کې دوړانګودرملنه اړين ده . که چېرته تومورګاونډيوغړوته غځيدلی وي نواړين ده چې دمثانې کڅوړې ته اوهمدارنګه لمفاوي غوټوته وړانګې ورکړل شي . دنوموړې موخې لپاره دکلينيکي نښې حجم CTV اودپلان نښې PTV حجم تعريف ډيراړين دی .



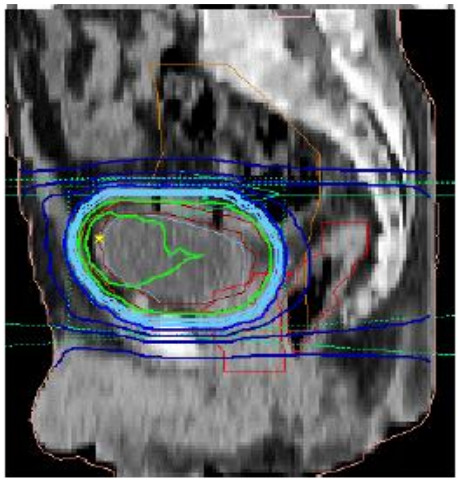
١٦- ٩۵ شکل : دسي ټي سکن CT Scan په ساره پرې شوې سلايس کې Transverse plane دمثانې کڅوړې پلان نښې حجم PTV1 او PTV2 ښودل شوي دي .

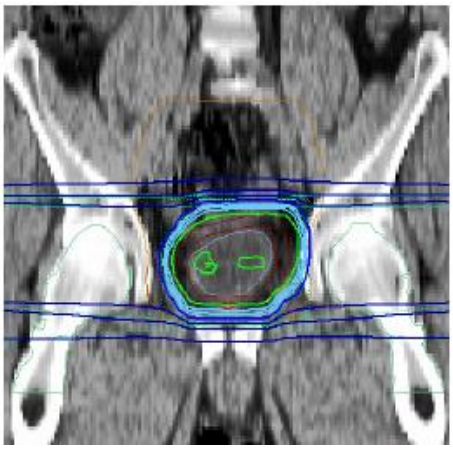


١٦- ٩٦ شکل : دمثانې کڅوړې سرطان راديوتراپې کړنلاره اودانرژي ډوزويش ښوول شوې ده . دمثانې کڅوړې سرطان کلينيکي نښې حجم CTV په تورنگ ښوول شوی دی چې نوي سلنه 95% برخه انرژي ډوزورته رسيږي .

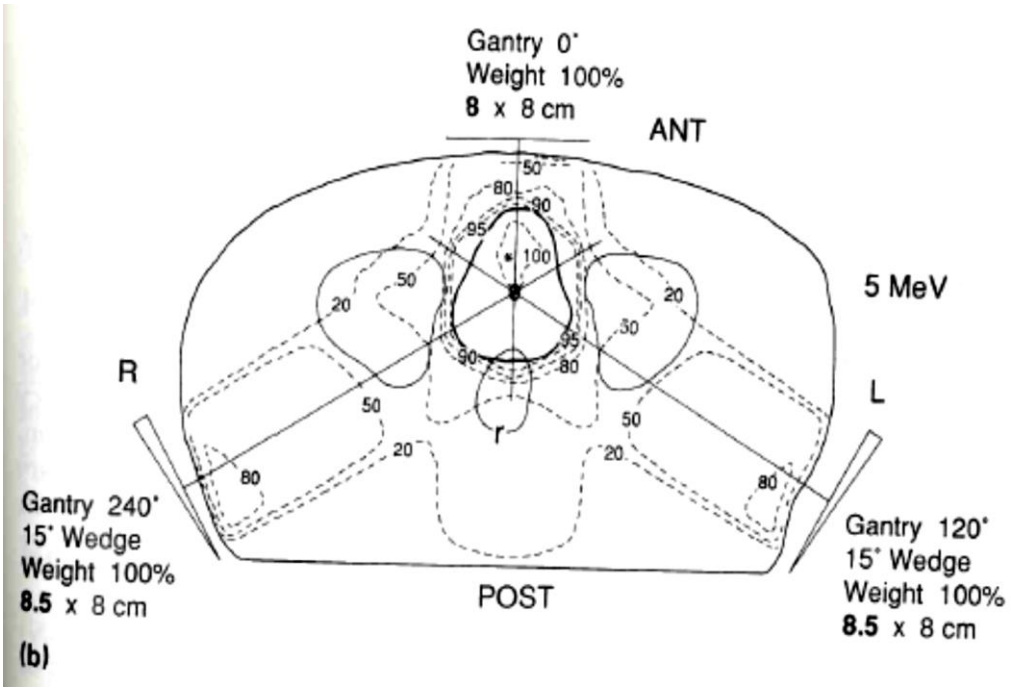
ناروغ پرمخ prone په ميزپروت وي اودناروغ ميز په منځ برخه کې يوسوری شتون لري . دناروغ خيټه دسورې له لارې دخپل وزن له کبله ښکته راځونډيږي . ديوه داسې تخنيک ګټه داده چې دنس اودکولموسالم نسجونوډيره برخه د وړانگودضررځخه په امن کې ساتل کيږي . ناروغ ته دځټ خوا ځخه په صفردرجه 0^0 زاويه(1) دشي خواځخه په نوي 90^0 درجه زاويه (3) کينې خواځخه په دوه سوه اويادرجه 270^0 زاويه (4) او دمخ خواځخه ديوسلواتيادرجې 180^0 زاويي(2) له خوا وړانگې رسيږي .

دټولو وړانگيزوساحودانرژي ډوزوزن يوشان 0,25 ټاکل شوی دی . دمثانې کڅوړې سرطان کلينيکي نښې حجم CTV په تورنگ ښوول شوی دی اودپنځه نوي سليزايزوډوزکرښې په واسطه محدودشوی دی. په دې معنی چې دتجويزشوې مطلق انرژي ډوز ځخه پنځه نوي سلنه 95% برخه انرژي ډوزورته رسيږي .دانرژي ډوزريفرنس ټکی N دکلينيکي نښې حجم په مرکزکې ټاکل شوی دی. دريفرنس په ټکي کې دتجويزشوي انرژي ډوزسل په سل قيمت لري. ځلورواړه وړانگيزې ساحې دايزوسنټرپه تخنيک SAD = 100 cm سره کارول کيږي اودفوتون وړانگوانرژي لس ميگا ولټ 10 MVX ټاکل شوې ده . د وړانگيزوساحوغټوالی 14,5 x 15 cm دی.

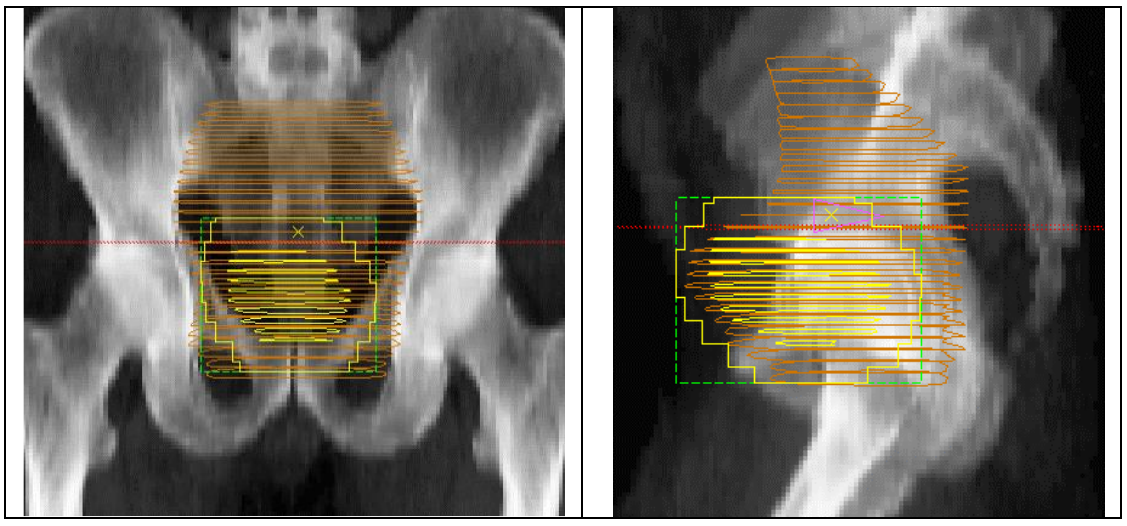




١٦- ٩٦ شکل : دمثانې کڅوړې بوست Boost فزيکي پلان پرته له لمفاوي غدوپه زاګيتل سطحه Sagittel او پرنتل سطحه Frontal plane کې ښوول شوی دی چې دځلور وړانګيزوساحو په مټ رڼاکيږي. دمثانې کڅوړې ته دبوست انرژي ډوزلس 10,8 Gyګرې رسيږي.



١٦- ٩٧ شکل : دمثانې کڅوړې بوست Boost فزيکي پلان پرته له لمفاوي غوټوښوول شوی دی چې ددريووړانګيزوساحو په مټ رڼاکيږي. دمثانې کڅوړې ته دبوست انرژي ډوزلس 10,8 Gyګرې رسيږي. د پلان نښې حجم **PTV** دمخ خوا صفردرجې څخه په يوه وړانګيزه ساحه اودشاخواڅخه ددوو مايلووړانګيزوساحوپه مټ رڼاکيږي .



١٦- ٩٨ شکل: دمثانې کڅوړې ددرملنې درې بعده DRR راډيوګراف کې دکلينيکي نښې حجم CTV په موازي کرښوباندې کښل شوی دی. (14) وړانګيزه ساحه Radiation Field دومره کوچنی ټاکل شوې ده چې يوازې پخپله دمثانې کڅوړه يعنې

بوست Boost رڼاشي . په ښي خوا راډيوګراف DRR کې کلينيکي نښې حجم دماشين ګنټري90^0 زاويي اوکيڼ خوا راډيوګراف DRR کې دصفردرجې زاويي °0 څخه ليدل کيږي. دمثانې کڅوړې کلينيکي نشې حجم CTV دملټي ليف کولېمتر multileaf collimator په مرسته احاطه شوی دی ترڅودښن نورسالم غړو لکه مقعد، دورون هډوکي سراوکوچنۍ کولمې د وړانګودخطرڅخه په امن کې پاتې شي اوډيرلږ وړانګې ورته ورسيږي .

پايله : په لومړي پړاوکې دمثانې کڅوړه اودلګن خاصره لمفاوي غوټې تر 50,4 Gy رڼاکيږي اوله همدې لا مله د وړانګې ساحې طول پورته خواته دشمزی L5 اوښکته خواته آن ترشرمګاه هډوکي سيمفيزيس پوبيکا Symphysis pubica اخر ې څوکې پورې رسيږي .په دويم پړاوکې پرته له لمفاوي غوټو يوازې دمثانې کڅوړه رڼاکيږي. په ١٦- ٩٨ شکل کې دبوست Boost کلينيکي نښې حجم CTV اودفزيکي پلان لپاره دوړانګوساحه ښوول شوی ده .په دې معنی چې پخپله دمثانې کڅوړه رڼاکيږي چې دبوست په نوم يادېږي. همدالامل دی چې د وړانګې ساحه دمثانې کڅوړه حجم سره برابر دملټي ليف کولېمتر په مرسته محدوده شوې ده. په دويم پړاوکې دمثانې کڅوړې ته دبوست انرژي ډوزلس ګرې 10 Gy وراضافه کيږي.

دانرژي ډوزويشپلان :

رغوونکې درملنه : Curative Radiotherapy

دمثانې کڅوړې راډيوتراپې دځلور وړانګيزو ساحوتخنيک په مټ ترسره کيږي چې د صندوق يابکس Box تخنيک په نوم يادېږي. په لومړي پړاوکې لګن خاصره ته دتجويزشوې ټولیزانرژي ډوزاندازه 50,4 Gy ده. په اونۍ کې پنځه ځله اوهره ورځ 1,8 Gy ناروغ ته ورکول کيږي . په مجموع کې اته ويشت ځله ناروغ ته ورکول کيږي ټوله موده يې پنځه اونۍ اودرې ورځې وخت نيسي .

په دويم پړاوکې يوازې دمثانې کڅوړې ته يعنې دبوست نښې حجم Boost ته دتجويز شوی انرژي ډوزاندازه 10,8 Gy ده. په اونۍ کې پنځه ځله اوهره ورځ 1,8 Gy ورکول کيږي . ټوله موده يې ښپړورځې وخت نيسي اوپه هره ورځ کې 1,8 Gy ډوزناروغ ته ورکول کيږي. په مجموع کې دپلان نښې حجم PTV ته يوشپيته عشاريه دوه ګرې 61,2 Gy دوړانګوانرژي ډوز رسيږي.

پالياتيف درملنه : palliative :

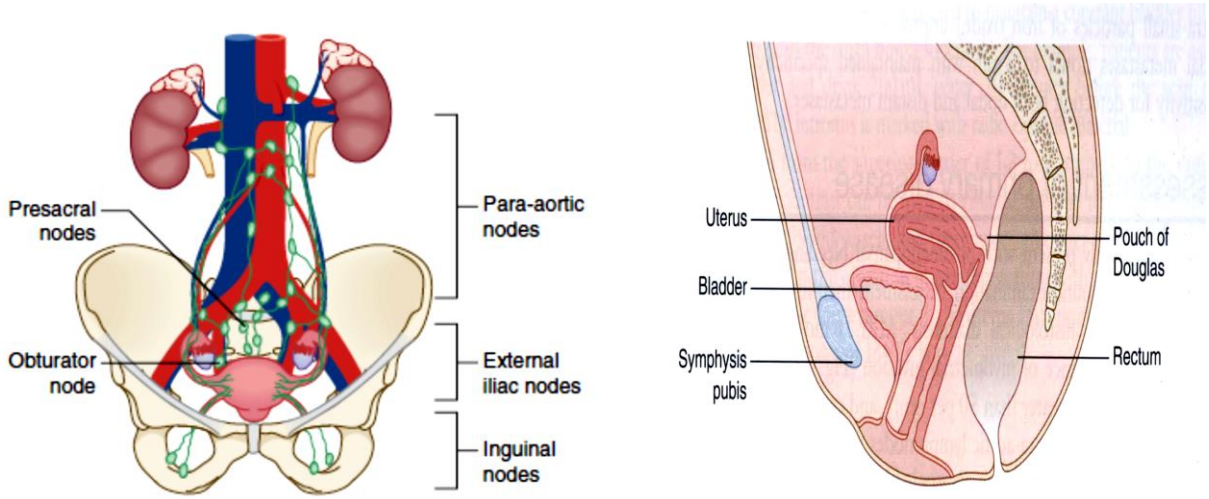
دناروغ دژوند کيفيت ښه کولو اوددرونوکمښت په موخه دمثانې کڅوړې ته په مجموع کې شپږديرش ګرې 36 Gy وړانګې په شپږوبرخو fraction اوهرځل شپږګرې 6 Gy ناروغ ته ورکول کيږي. نوموړې انرژي ډوز په يوه اونۍ کې يوځل اودشپږاونۍ په موده کې ناروغ ته ورکول کيږي.

درحم سرطان : (Uterine cancer)

درحم سرطان په ښځوکې په دويمه درجه پېښېدونکی خبيث تومور‌دی چې درحم دغاړې cervix په برخه کې اويادرحم اندومټريم Endometrium په برخه کې داپيتېل حجر و څخه منځ ته راځي.درحم دغاړې سرطان نوي سلنه 90% برخه د (HPV) وايرس انتان infection پر اساس منځ ته راځي. لومړنۍ نښې نښانې يې د ښځې تناسلي غړي مهبل څخه دوينې بهيدل اويادجنسي لماستې په ترڅ کې دردلرل دي. دسګرتوڅکول يوبل لامل دی چې نوموړې سرطان منځته راوستلای شي. درحم دغاړې سرطان دپېژندنې ترټولوباوري لاره د colposcopy په ترڅ کې ديوې نمونې غوښې biopsy اخيستل دي.

درحم اولمفاوي غوټواناتومي جوړښت

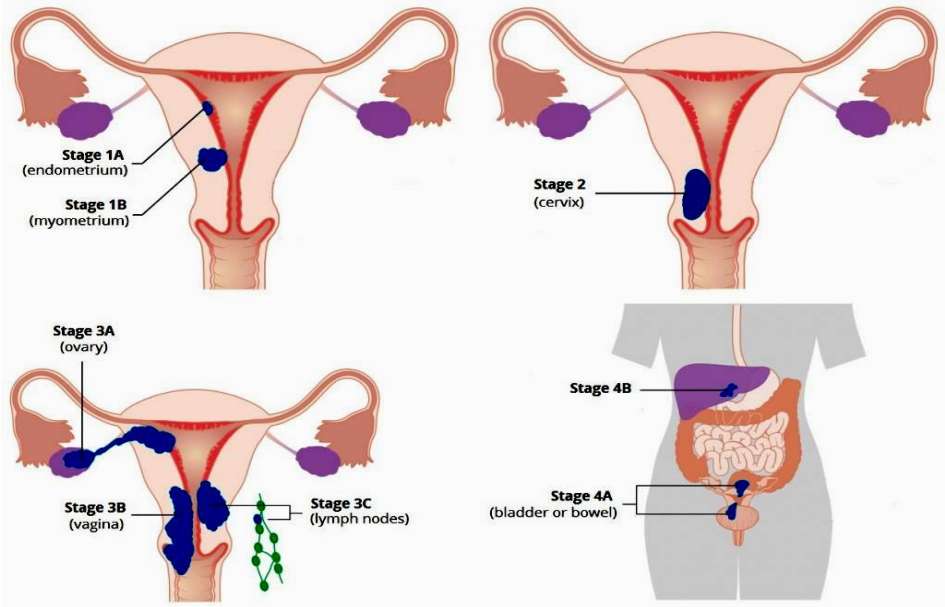
په لاندې شکل کې درحم اناتومې جوړښت اودرحم شاوخوالمفاوي غوټوبهيرکښل شوي دی .



١٦- ٩٩ شکل: په ښي خواشکل کې درحم اوګاونډيوغړواناتومي جوړښت کښل شوی دی. په کين خواشکل کې درحم لمفاوي غوټو بهيرښوول شوی دی .

درحم سرطان پړاوونه : Stages

په شکل کې درحم سرطان دپرمختيا توپيرلرونکې پړاوونه ښوول شوي دي چې دبدن نوروغړولکه مهبل ، دمتيازوکځوړه،کولمې اولمفاوي غوټوته غځيدلی دی .



١٦- ١٠٠ شکل : درحم سرطان دپراختياوډپرمختګ توپيرلرونکي پړاوونه Stage I - Stage 4 ښوول شوي دي چې دبدن نوروغړوته غځيدلي دي.

درحم سرطان درملنه :(Treatment)

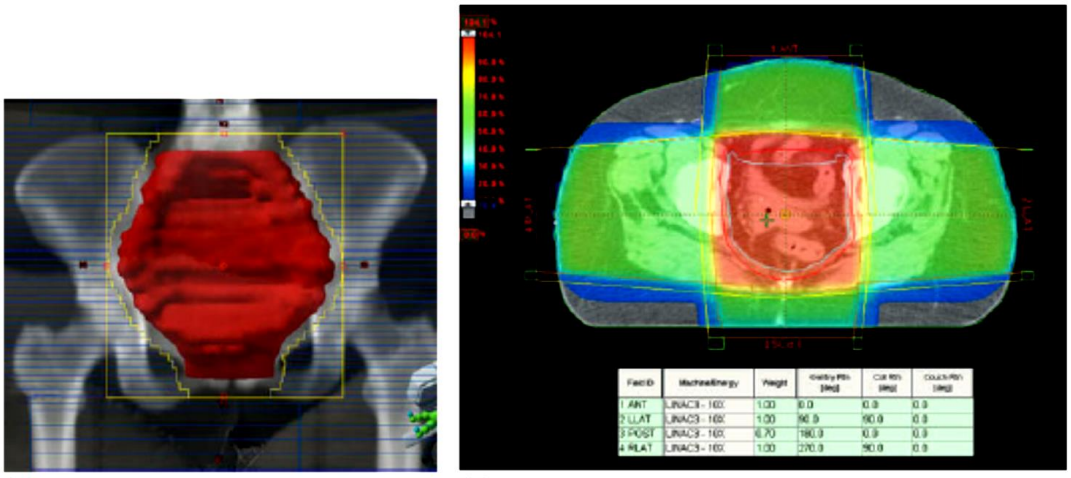
درحم سرطان درملنه په دې پورې اړه لري چې دتومورکتله څومره غټه شوې ده اوګاونډيوغړواو لمفاوي غوټوته خپورشوی دی اوکه نه ؟ اودناروغ صحي وضيعت څنګه دی ؟ بلخوادهيستولوژي ازموينې په مټ دتومورخبيث والي درجه اودتومورډلبندي ترسره کيږي. په

پايله کې دتوموردرملنې طريقه مطرح کيږي. درحم سرطان درملنه که تومور په هرپړاوکې هم وي د وړانګوپه مټ يې ددرملنې سپارښتنه کيږي . داځکه چې څېړنې ښودلې ده چې عمليات اود وړانګودرملنه په پايله کې يوشان نتيجه ورکوي. دېلګې په توګه که چېرته درحم غاړې سرطان يوډيريرغل کوونکی خبيث تموروي او (stage IA) پراوته رسيدلی وي، (غټوالی يې 3-5 mm) وي ، نوپه دوديزه توګه عمليات کيږي. همدار نګه که تومورد stage IA2 پراوته رسيدلي وي بيانو د لمفاوي غوټوپه ګډون عمليات کيږي. که چېرته درحم غاړې دآدنوکارسينوم Adenocarcinoma سرطان وي او ډېرپرمختګ يې کړی وي او د(IIB-IVA) په پراوکې قرارولري نودعملياتوڅخه وروسته د وړانګودرملنه اوکيمياوي درملنه ترسره کيږي . داځکه چې نوموړی سرطان دعملياتو څخه څه موده وروسته بيا بېرته راګرځي . همدالامل دی چې د وړانګواوکيمياوي درملنې په کارولوسره ديوې خوا دناروغۍ بېرته راګرځيدنې مخنيوی کيږي اوبلخوادناروغ دژوندموده اوږده کيږي. په کيمياوي درملنه کې داسې درمل کارول کيږي چې دتومورنسجونه دهغوي پروړاندې ډيرحساسيت ولري اودمنځه يې يوسي . دېلګې په توګه لکه Cetuximab ,Nimorazole, Cisplatin او 5 FU درمل څخه ګټه پورته کيږي.

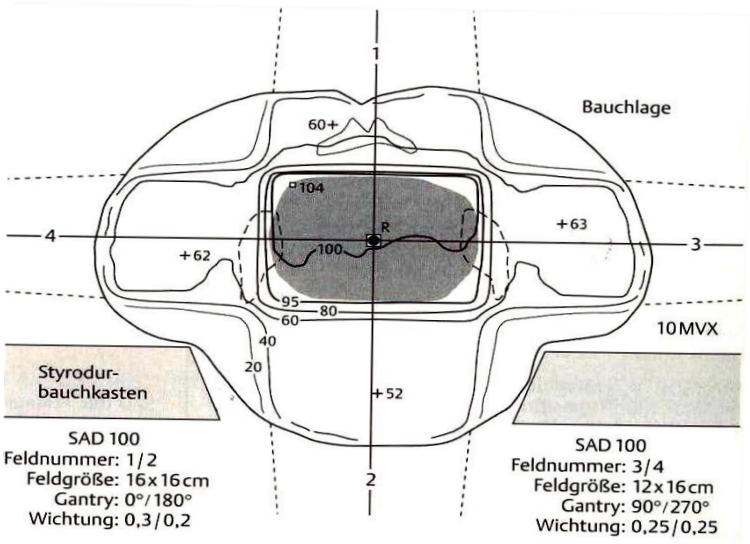
ناروغ ته دوړانګودرملنه هغه مهال اړين ده که چېرته درحم تومور دخپل ابتدايي ځای څخه بل ځای ته مېتاستازکړی وي اودتومورپراوډيرپرمختګ کړی وي اوياداچې ناروغ دعملياتووړتيانه لري . په نوموړوحالاتوکې ناروغ ته دوړانګودرملنه ورکول کيږي . دوړانګودرملنې دوه ډوله کړنلارې شته دي .

۱- دبهرخواڅخه د وړانګودرملنه : (External beam radiation therapy) :

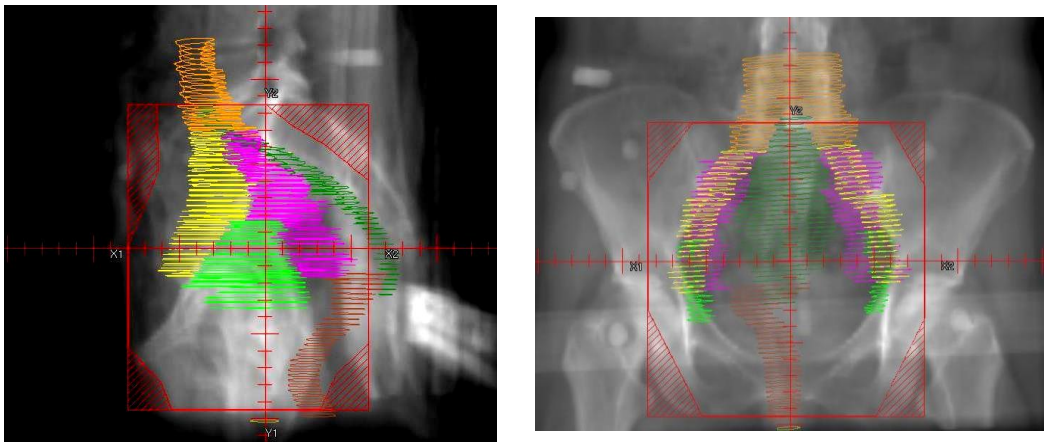
په نوموړې کړنلاره کې دليرې واټن اودناروغ څخه بهر درحم سرطان ته لوړانرژي فوتون وړانګې ورکول کيږي . نوموړې کړنلاره د راډيوتراپې ماشين په مټ ترسره کيږي.



۱۰۱ -۱٦ شکل : **a**) شي خواته دسي ټي سلايس **CT Slice** په ساره پرې شوې سطحه Transverse Plane کې درحم سرطان دپلان نښې حجم PTV ښوول شوی دی چې دعملياتوڅخه وروسته دڅلوروخواڅخه دلوړانرژي فوتون وړانګوپه مټ دناروغ بهرخواڅخه رېناکيږی . **b**) کين خواته په درې بعده راډيوګراف کې **DRR** دناروغ مخ خواڅخه دوړانګيزې ساحې **Radiation Field** طول اوعرض سرحدونه ښوول شوي دي چې دپلان نښې حجم PTV محدودکوي . په درې بعده راډيوګراف **DRR** کې دپلان نښې حجم PTV دملټي ليف **ML** موازي فلزي پانوپه مټ محدودکيږي .



۱۰۲-۱٦ شکل: درحم سرطان ددرملنې فزيکي پلان PTV ښوول شوی دی چې دځلورو وړانګيزوساحوپه مټ ترسره کيږي.



۱۰۳-۱٦ شکل :درحم اندومټريوم Endometrium سرطان ددرملنې وړانګيزې ساحې په درې بعده راډيوګراف DRR کې کښل شوې دي. (14)

په کين خوا راډيوګراف DRR کې دکلينيکي نشې حجم (درحم غړی اوځايز لمفاوي غوټې) دماشين ګنټري نوې درجې 90^0 زاويې او ښي خوا راډيوګراف DRR دصفردرجې زاويې څخه ليدل کيږي. د وړانګيزې ساحې کونجونه په فلزي بلاکونو پټ شوي دي ترڅودبدن نورسالم غړې لکه مقعد، دورون هډوکي سراوکوچنی کولمې د وړانګودخطرڅخه په امن کې پاتې شي اوياداچې ډيرلږ وړانګې ورته ورسيږي . ددې لپاره چې دلګن خاصره ټولې لمفاوي غوټوته هم وړانګې ورسيږي اړين ده چې د وړانګيزې ساحې پورتنی سرحد دملاشمزی L4/L5 برخې پورې او لاندنی سرحديې دلګن خاصره دشرمګاه هډوکی pubic ramus پورې طول و لري. دمخ خواته تر الارتفاق العاني symphysis pubis اوڅې خواته دsacrum تر S3 کړۍپورې رسيږي . که چېرته درحم اندومټريوم سرطان په Endometrium په دويم اويادرېم پړاوکې Stage II-III شتون ولري نود وړانګودرملنه دعملياتوڅخه وروسته هرومروترسره کيږي. دمقعدغړی په تورنګ او لمفاوي غدي په توپيرلرونکورنګونوسره کښل شوي دي.

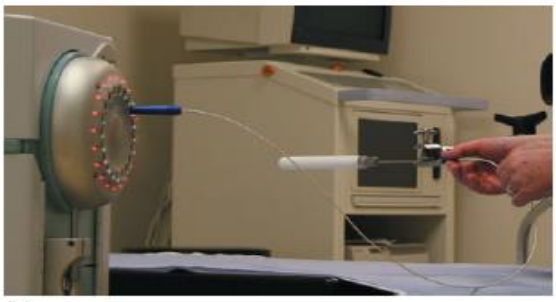
ناروغ پرمخ په ميزپروت دی اودناروغ ميز په منځ برخه کې يوسوری لري . دناروغ خيټه دسورې له لارې دخپل وزن له کبله ښکته راځونډيږي . ديوه داسې تخنيک ګټه داده چې دنس، دمتيازوکڅوړه اودکولموسالم نسجونوډېره برخه د وړانګودضررڅخه په امن

کې ساتل کيږي . ناروغ ته دځټ خوا څخه په صفردرجه 0^0 زاويه (1) دکين خواڅخه په نوي 90^0 درجه زاويه (3) د ښي خواڅخه په دوه سوه اويادرجه 270^0 زاويه (4) او دمخ خواڅخه ديوسلواتيادرجې 180^0 زاويې (2) له خوا وړانګې رسيږي . دناروغ دمخ خوا وړانګيزې ساحې وزن دنوروساحوپه پرتله ډيرلږټاکل کيږي ترڅودنس اوکولموبرخوته دوس سره سم لږ وړانګې ورسيږي . درحم سرطان کلينيکي نښې حجم CTV په تورنګ ښوول شوی دی اودپنځه نوي سلنې 95% ايزوډوزکرښې په واسطه محدودشوی دی. په دې معنی چې دتجويزشوې مطلق انرژي ډوز څخه پنځه نوي سلنه 95% برخه انرژي ډوزدرحم سرطان کلينيکي نښې حجم CTV ته رسيږي . دانرژي ډوزريفرنس ټکی R دکلينيکي نښې حجم په مرکزکې ټاکل شوی دی. دريفرنس په ټکي کې دتجويزشوي انرژي ډوزسل په سل قيمت لري. ځلوراړه وړانګيزې ساحې دايزوسنټرپه تخنيک SAD = 100 cm سره کارول کيږي اودفوتون وړانګوانرژي لس ميګا ولټ 10 MV ټاکل شوې ده .

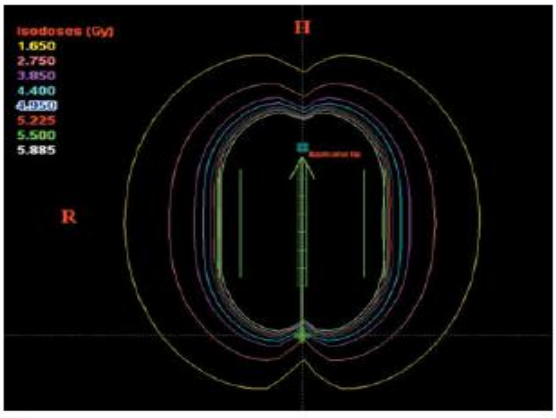
۲- دننه خواڅخه د وړانګودرملنه : (Internal radiotherapy) :

دناروغ بدن دننه خوا څخه په هغه برخه کې وړانګې ورکول کيږي چې تومورشتون لري. نوموړې کړنلاره د براکې تراپي Brachytherapy په نوم هم يادیږي اودناروغ بدن په دننه کې دنږدې واټن څخه تومور Tumor ته وړانګې رسيږي. دنوموړې درملنې په موخه دراډيواکټيف منبع لکه کوبالټ شپېته منبع (^{60}Co) Cobalt-60 http://de.wikipedia.org/wiki/Cobalt-60 اويادايريديم منبع Iridium-192 څخه ګټه پورته کيږي. راډيواکټيف منبع دتومورپه منځ کې اويا ورته نږدې ګاونډي ځای کې دټاکلي وخت لپاره کيښول کيږي. کله چې تومور Tumor ته دتجويزشوې انرژي ډوزمقداروررسيږي نوبيا ښرته دناروغ دمنځ څخه دکمپيوټري سيستم په مټ بهرخواته راايستل کيږي. دناروغ په ننه کې تومورته دوړانګودرملنې برتري دبهرخوا وړانګوپه پرتله داده چې درحم سرطان ته په لوړه کچه انرژي ډوز رسيږي پرته له دې چې ګاونډيوسالموغړوته وړانګې ورسيږي. وروستی کړنلاره دلوړډوزلنډواټن درملنې (High-Dose-Rate-Brachytherapie) په نوم يادیږي .

د ساري په ډول د راډيواکټيف منبع قدرت په يوه ساعت کې دولس ګرې 12 Gy/h ته رسيږي. که چېرته درحم سرطان IVb پراوته رسيدلی وي اودښځې تناسلي آلې څخه وينه بهيږي نودوينې دريدلواوددردکمښت په موخه دلنډې مودې لپاره دناروغ دننه خواڅخه پالياتيوPalliative درملنه ترسره کيږي. د ساري په ډول په يوه ځل باندې 8-10 Gy انرژي ډوزدرحم سرطان ته ورکول کيږي.

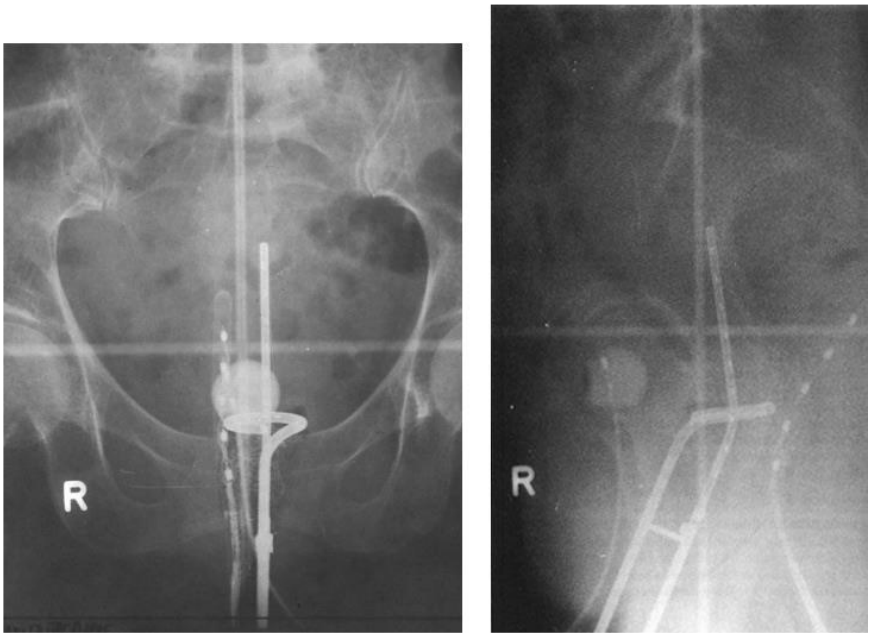


(a)

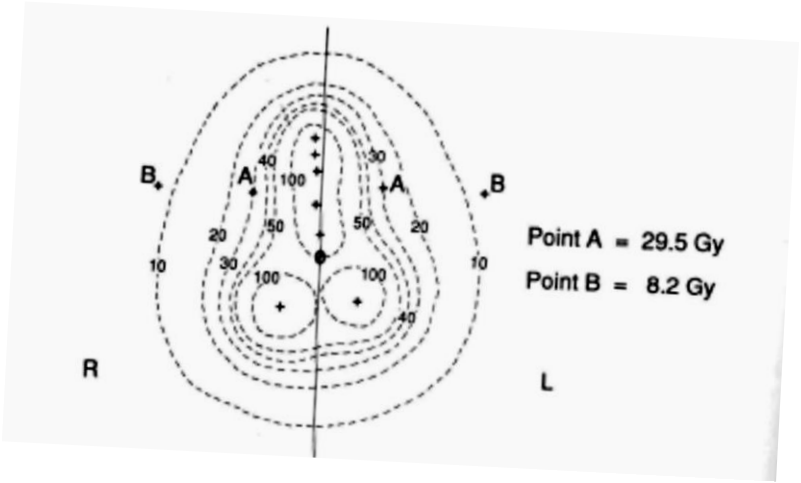


(b)

۱۰۴-۱٦ شکل : **a**) دلوړانرژي ډوز براکې تراپي HDR Brachytherapy آله او Vaginal Cylinder applicator ښوول شوې ده چې دمهبل راډيوتراپي په موخه ورځخه ګټه پورته کيږي . دناروغ مهبل ته يوه استوانه يې ډوله جوړښت ورننوځي چې په منځ کې يې راډيواکټيف منبع شتون لري . نوموړې اله د Vaginal Cylinder Applicator په نوم يادیږي . په **b**) شکل کې دمهبل په اوږدوکې دانرژي ايزو ډوزويش کرښې ښوول شوې دي .



۱۰۵-۱٦ شکل: درحم اودمهبل سرطان براکې تراپي کړنلاره کښل شوې ده . ديوې حلقوي ډوله جوړښت Ring applicator په منځ کې د راډيواکټيف ايريديم منبع Ir-192 مخ اوڅټ خواته دڅودقيقولپاره حرکت کوي ترڅوتجويزشوې انرژی ډوزنوموړوغړو ته ورسيږي. ښي خواعکس کې درونتګن تصويردمهبل اودرحم په منځ کې دحلقوي ډوله applicator موقعيت دسيميولاتورونتګن ماشين Simulator x-ray Machine نوې درجې زاويې 90^0 څخه اوکيڼ خوادرونتګن تصويردصفردرجې 0^0 څخه ښوول شوی دی.



۱۰٦-۱٦ شکل : په رحم کې دانرژي ايزوډوزويش کرښې په واحدګرې **Gy** ښوول شوې دي .

درحم سرطان دانرژي ډوزويش پلان:

- که چېرته درحم غاړې تومورپه ابتدايي پړاوکې (Ib1;Ia2) وېښدل شي اوغټوالی يې دځلورسانتي مترڅخه کوچنی وي نودرحم غاړې برخه اودلګن خاصره شي اوکين خوا لمفاوي غوټې د هيسترکټومي hysterectomy عملياتوپه مټ بيخي ليرې کيږي.
- درحم غاړې تومورچې په (Ib2;IIa) پړاوکې شتون ولري اوغټوالی يې دځلورسانتي مترڅخه لوی وي نو درملنه يې په ابتدايي ډول يوازې د وړانګوپه مټ پرته له عملياوڅخه ترسره کيږي. په لومړي ګام کې د راډيو تراپي ماشين په مټ دبهرخواڅخه په ټوليزه توګه 19,8 Gy ورکول کيږي. نومورې انرژي ډوزدوه نيمې اونۍ په موده کې اوپه هره اونۍ کې پنځه ورځې ورکول کيږي. په هرځل باندې 1,8 Gy ګرې يوولس ځله ورکول کيږي. ورپسې په دويم ګام کې دننه خوا وړانګودرملنه په بله معنی براکې تراپي پيل کيږي. دتومورپه يوه ټاکلې نقطه A اوپه هره اونۍ کې 7,5 Gy ورکول کيږي . دننه خوا درملنه پنځه اونۍ دوام کوي اوپه پايله کې 5x7,5 = 37,5 Gy انرژي ډوزورکول کيږي. په همدې وخت کې همزمان دبهرڅخه هم تومورڼاکيږي ترڅوچې هلته 39,6 Gy انرژي ډوزذخيره شي. په مجموع کې درحم غاړې سرطان ته 37,5 + 39,6 = 77,1 Gy انرژي ډوز رسيږي.
- درحم سرطان چې پرمخ تللی پړاوکې قرارولري لکه T1C اودتومورډلبندي په دريمه درجه کې تشخيص شوې وي Grade 3 نودعملياتوڅخه وروسته اډجيونټ راډيو تراپي adjuvant radiotherapy ورکول کيږي. د ساري په ډول دبهرڅخه په ټوليزه توګه 45-50,4 Gy ګرې انرژي ډوزورکول کيږي. نومورې وړانګې دپنځه ويشت ځخه تراته ويشت فرنکشن 25-28 برخوباندې ويشل کيږي . هره برخه يا فرنکشن يې 1.8Gy ګرې انرژي ډوزقيمت لری او هره ورځ ناروغ ته ورکول کيږي. درملنه دپنځواونۍ ځخه ترپنځه نيمې اونۍ پورې دوام کوي. په هره اونۍ کې پنځه ورځې ناروغ ته ورکول کيږي
- په پايله کې درحم مهبل vagina برخې ته دبراکې تراپي له لارې اته ګرې 8 Gy انرژي ډوزورکول کيږي . نومورې انرژي ډوز په دوو برخوويشل کيږي چې هرځل په يوه اونۍ کې څلورګرې 4 Gy کيږي . درملنه دوه اونۍ دوام کوي . دريفرنس ټکی چې هلته اته ګرې انرژي رسيږي درحم مهبل پوستکې لاندې دنسجونوپه پنځه ملي متر 0,5 mm ژورتياکې ټاکل شوی دی.





References : اخذليکونه

1. http://www.physicstutorials.org
2. https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/electromagnetic-optics/a-plain-explanation-of-maxwells-equations
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Alternating_current
4. David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Fundamentals of Physics Extended, 10th Edition; Copyright © 2014, 2011, 2008, 2005 John Wiley & Sons, Inc
5. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/imgmag/flux2.gif
6. http://www.physics.sjsu.edu/becker/physics51/induction.htm
7. http://www.electrical4u.com/lenz-law-of-electromagnetic-induction/
8. https://phy214uhart.wikispaces.com/Magnetic+Fields+Due+To+Currents
9. http://slideplayer.com/slide/2817766
10. Dieter Meschede; "Gerthsen Physik" 25 Auflage Springer-Verlag GmbH Berlin 2015
11. http://www.geo.mtu.edu/~scarn/teaching/GE4250/EM_theory_lecture.pdf
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell's_equations
13. http://web.mit.edu/8.02t/www/materials/StudyGuide/guide13.pdf
14. https://de.wikipedia.org/wiki/Hohlleiter
15. http://file.scirp.org/Html/1-8901595_31439.htm
16. http://www.physicstutorials.org
17. https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/electromagnetic-optics/a-plain-explanation-of-maxwells-equations
18. https://en.wikipedia.org/wiki/Alternating_current
19. David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker, Fundamentals of Physics Extended, 10th Edition; Copyright © 2014, 2011, 2008, 2005 John Wiley & Sons, Inc
20. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/imgmag/flux2.gif
21. http://www.physics.sjsu.edu/becker/physics51/induction.htm
22. http://www.electrical4u.com/lenz-law-of-electromagnetic-induction/
23. https://phy214uhart.wikispaces.com/Magnetic+Fields+Due+To+Currents
24. http://slideplayer.com/slide/2817766
25. Dieter Meschede; "Gerthsen Physik" 25 Auflage Springer-Verlag GmbH Berlin 2015
26. http://www.geo.mtu.edu/~scarn/teaching/GE4250/EM_theory_lecture.pdf
27. https://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell's_equations
28. http://web.mit.edu/8.02t/www/materials/StudyGuide/guide13.pdf
29. https://en.wikipedia.org/wiki/Wave
30. http://www.sengpielaudio.com/WavesSinusodialTimeDistance.gif

31. https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency
32. https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength
33. https://simple.wikipedia.org/wiki/Angular_frequency
34. http://mriquestions.com/what-does-k-stand-for.html
35. https://mynasadata.larc.nasa.gov/science-practices/electromagnetic-diagram/
36. http://slideplayer.com/slide/6029443/
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Interference_(wave_propagation)#Mechanism
38. https://en.wikipedia.org/wiki/Superposition_principle
39. http://www.examstutor.com/information/contactdetails.php
40. http://www.radioelectronics.com/info/antennas/waveguide/waveguide-basics-tutorial.php
41. https://en.wikipedia.org/wiki/Skin_effect
42. https://www.quora.com/Why-is-skin-effect-only-occurring-on-AC-not-on-DC
43. http://pcwww.liv.ac.uk/~awolski/main_teaching_Liverpool_PHYS370.htm
44. http://www.pulsedpower.net/applets/electromagnetics/SkinDepth/picture.jpg
45. https://pdfs.semanticscholar.org/8e30/f89df45686b99037a4c842d6c7b928c9ceb1.pdf
46. http://www.explainthatstuff.com/electricity.html
47. http://www.feynmanlectures.caltech.edu/
48. https://de.wikipedia.org/wiki/Hohlleiter
49. http://www.hft.e-technik.tu-dortmund.de/praktika/v309_antennen.pdf
50. https://physics.stackexchange.com/questions/78419/transverse-magnetic-tm-and-transverse-electric-te-modes
51. K.Zink, "Einführung in die Strahlentherapie und Therapie mit offenen Nuklide "Vorlesung SS 2004
52. Meschede, Dieter , "Gerthsen Physik," Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015
53. http://hyperphysics.phy-
54. astr.gsu.edu/hbase/magnetic/imgmag/flux2.gi
55. C.J.Karzmark and Robert J.Morton,MS: „A primer on the Theory and Operation of Linear Accelerators in Radiation Therapy“
56. Halliday, David, Fundamentals of physics , Robert Resnick, Jear! Walker 10th ed. Publisher: Wiley
57. Krieger,H.: „ Strahlenphysik,Dosimetrie und Strahlenschutz,Bd.1,B.G.Teubner Wiesbaden(2002),5.Auflage
58. https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetischer_Fluss
59. https://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_flux
60. https://en.wikipedia.org/wiki/Maxwell's_equations
61. http://qsl.net/f3wm/sciences/mo.html
62. http://www.radartutorial.eu/08.transmitters/tx08.de.html
63. http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html
64. Accelerator/waves animation.htm
65. Murat Beyzadeoglu,Gokhan Ozyigit,Cuneyt Ebruli „Basic Radiation Oncology“ Springer Verlag; Auflage: 2010
66. Khan F. The Physics of Radiation Therapy. Williams and Wilkins, 1994: pp 113-4.
67. http://www.quinstar.com/antenna/circular-to-rectangular-waveguide

68. Ann Barrett,J.Dobbs,T.Roques : „Practical Radiotherapy Planning“ 4 th Edition 2009
69. J.Richter, M.Flentje : „Strahlenphysik für die Radiologie“ Thieme Verlag 1998
70. Wannenmacher Debus.Wenz : „Strahlentherapie „ Springer Verlag 2006
71. H.Sack,N.Thesen : „Bestrahlungsplanung“ Thieme Verlag 1997
72. http://en.wikipedia.org/wiki/Body plane
73. http://www.cpepphysics.org
74. Frank Herbert Attix: „Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry“, Wiley VCH Verlag 1986
75. Johns and J.R. Cunningham, „The physics of radiology, 4 Edition 1983
76. B.Schäfer,P.Hödl, " Praxis orientierter Leitfaden für Berufsbildung und Routine" Springer Verlag 1999
77. Charles M. Washington, Dennis Leaver ,"Principles and Practice of Radiation Therapy" Elsevier Science Health Science Division 2009
78. William R.Hendee et al "Radiation Therapy Physics" John Willy &Sons .Inc 3rd Edition 2005
79. http://www.uni-leipzig.de/~komp/html/3/3b/3b2/fs_3_b2.html
80. Maximilian Reiser,Fritz P.Kuhn,J.Debus "Radiologie" Thieme Verlag,3.Auflage 2011
81. K.Zink, "Einführung in die Strahlentherapie und Therapie mit offenen Nuklide "Vorlesung SS 2004
82. http://www.google.de/imgres/ State of the Art Oncology in Europe neuroectodermal_figure7
83. Daniel Weber ,"complementaryoncology" /2013
84. http://en.wikibooks.org/wiki/Radiation_Oncology/Endometrium/Early_Stage
85. http://openi.nlm.nih.gov./retrieve.php
86. http://web.mit.edu/viz/EM/visualizations/coursenotes/modules/guide13.pdf
87. http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-02-physics-ii-electricity-and-magnetism-spring-2007/class-activities/chapte13em_waves.pdf
88. http://www.physics.sjsu.edu/becker/physics51/induction.htm
89. http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/xrays.cfm
90. http: http://de.slideshare.net/dbc9427/basics-of-radiation-and-production-of-x-rays
91. www.sprawls.org/resources
92. von Bruce G. Haffty, Lynn D. Wilson" Handbook of Radiation Oncology 1999, PublisherTailer and Francis NY
93. http://www.britannica.com/particle-accelerator
94. http://dictionary.reference.com/browse/cyclotron
95. http://www.studfiles.ru/preview/395621/page:14/
96. Samy Hann, "RF Linear Accelerators for Medical and Industrial Applications" 2012 Artech Hous
97. http://www.aans.org
98. http://voer.edu.vn/m/therapeutic-uses-of-ionizing-radiation
99. R.Sauer, Klinikarzt 2004 (33) S.320
100. http://file.scirp.org/Html/1-8901595_31439.htm



پوهنوال ډاکټر نظر محمد سلطانزی ځدرانې

دلیکوال لنډه پېژندنه :

پوهنوال ډاکترنظرمحمد سلطانزی ځدرانې د خدای بښلي الحاج ډګروال الله دادخان سلطانزی ځدرانې زوی په هډ پښتون افغان په ۱۰ /۱۹٤٤/۱ ز کال د پکتیا ولایت د ځدرانو مېزای ټبر په یوه دینداره اورونې انده کورنۍ کې زېږیدلی دی.

زده کړې :

ده په ۱۹۵۰ ز کال کې خپلې لومړنۍ زده کړې د رحمان بابا په لیسه کې پیل او په ۱۹٦۱ ز کال کې په اعلې درجه سرته رسولې دي. هغه په ۱۹٦۲ ز کال کې دلوړو زده کړې په موخه ددولت له خوالواجرمني ته واستول شو.

پر ۱۹٦۵ز کال کې یې د فرانکفورت په پوهنتون کې دعمومي فیزیک په زده کړه پیل وکړاود ۱۹٦٦ ز کال وروسته یې دبرلین په ازاد پوهنتون کې (Free University of Berlin) خپلې زده کړې ته دوام ورکړ.

سلطانزی ځدرانې، په ۱۹۷۰ز کال کې دتجربوي فزیک په څانګه کې د دیپلوم په اخیستلوبریالی شو. هغه د۱۹۷۱ زکال څخه تر ۱۹۷٦ ز کال پورې دجرمني بوخوم پوهنتون ،د فزیک په دیپا رتمنت کې د یوه علمي غړي په صفت په ځیړنوبوخت وو او په نوموړې موده کې دهستوي فزیک په څانګه کې د ډاکتری په اخیستلو بریالی شو.

دندې :

سلطانزی ځدرانې پر ۱۹۷۷ ز کال کې د طب په څانګه کې په لوړوزده کړو پیل وکړاو په څنګ کې یې دعلمي غړي اوښوونکي په توګه د بوخوم پوهنتون د طب پوهنځی فیزیولوژي په دیپارمنت کې رسمي دنده تر سره کوله.

سلطانزی ځدرانې د۱۹۸۰ ز کال څخه تر ۱۹۸٦ م کال پورې دکابل پوهنتون د طبیعي علوموپوهنځی دفزیک په دیپارتمنت کې داستاد په توګه کارکاوه او وروسته دافغانستان داټوم انرژی څانګې مسئول مشر وټاکل شو.

کله چې په ۱۹۸٦ز کال کې دچرنوبیل هستوي بټۍ چاودنې پېښه مینځ ته راغله اوراډیواکټیو توکې دهواله لارې دنړۍ هرګوټ ته خپاره شول ،نوهغه ته داټومي انرژی نړیوال سازمان له خوا دنده وسپارل شوه چې په راډیواکټیوایزوټوپونو Isotopes باندې د افغانستان هواککړتیااندازه کړي اونتیجې یې د اټومي انرژی نړیوال سازمان (IAEA) په عمومي کنفرانس کې وړاندې کړي.

هغه د۱۹۸٦ ز کال داکټوبر په میاشت کې د اټومي انرژی نړیوال سازمان (IAEA) په عمومي کنفرانس کې دبرخې اخیستلو په موخه داتریش هیواد ته ولاړ. په ۱۹۸٦ ز کال کې د یوه وتلي افغان ، او ولس پالونکي ساینس پوه په توګه په افغانستان باندې دروسانو دیرغل اودافغان کمونیستي چارواکو سره د ډیر کلک مخالفت درلودلوله کبله په اتریش کې سیاسي پناه غوښتنې ته اړ شو او خپل هیوا دته بیرته راستو ن نه شو .

سلطانزی ځدرانې د ۱۹۸۹ز کال څخه تر۲۰۰۰ ز کال پورې داتریش هیواد د ویانا ښار لاینځ په روغتون کې دایکس وړانګومتخصص په توګه دراډیوتیراپې په څانګه کې دنده ترسره کوله .

سلطانزی ځدرانې د ۲۰۰۱ ز کال څخه راپدې خواداالمان بایرن ایالت په یوه معتبر روغتون کې دطبي فیزیک پوه اودایکس وړانګو متخصص ډاکټرپه توګه د رادیوتېراپې (Radiotherapy) په دیپارتمنت کې دسرطان ناروغۍ ددرملنې په موخه لا اوس هم په کار بوخت دی .

که څه هم سلطانزی ځدرانې اوسمهال د اته اویاکالونو ۷۸ عمرلري، خوبیا هم درادیوتېراپې متخصص ډاکټرانودکمښت له کبله دنوموړي روغتون سره مرسته کوي کله چې کوم ډاکټرناروغ شي اویاپه رخصتي لاړشي .

سلطانزی ځدرانې د پښتو، دري ، جرمني اوانګلیسي ژبو په ویلو،لوستلواولیکلوکې بشپړحاکمیت لري اوپه نوموړوژبو باندې روانې خبرې کولا ی شي

سلطانزی درې زامن اودوه لونې لري . مشرزوی يې ډاکتر غازي محمد درادیولوژي څانګې متخصص ډاکتردی . دویم زوی يې نظيرمحمداودرېيم زوی يې وحيد نومېږي چې دفيزيوتيراپې په څانګه کې يې زده کړې ترسره کړې دي.

دليکوال چاپ شوي علمي اثار:

١. طبيعي علومو انګليسي ـــ پښتوقاموس ، ١۴٠٠ ل کال ، دلوړوزده کړو وزارت له خواچاپ شوی دی
٢. دسينې سرطان پېژندنه ،درملنه اومخنيوی ، ١٣٩٦ ل کال، دلوړوزده کړو وزارت له خواچاپ شوی دی
٣. د وينې سرطان پېژندنه، درملنه ، اومخنيوی، ٢٠٠٩ ز کال ، دلوړوزده کړو وزارت له خواچاپ شوی دی
٤. سرطان او د چاپېريال راډيواکـټـيـفيتي، ٢٠٠٨ ز کال ، دلوړوزده کړو وزارت له خواچاپ شوی دی
٥. د اولټرا ساوند طبي کارول، ٢٠٠٧ ز کال ، جرمني
٦. د البرت اېنشټاين نسبي تيوري ٢٠٠٦ ز کال ، جرمني
٧. د اټوم فزيک اساسات ، لکچرنوټ، ١٩٨٥ ز کال ،ساينس پوهنځی ، کابل پوهنتون
٨. د الکترونيک اساسات ، لکچرنوټ، ١٩٨۴ زکال ، ساينس پوهنځی ، کابل پوهنتون
٩. د لمرانرژي څېړنيزمرکزپروژه (Solar collector) ، ١٩٨٦-١٩٨٢جوړه شوه ، ساينس پوهنځی مجله، کابل پوهنتون
١٠. دايکسرې فلوريسېنس (X-ray fluorescence) کړنلارې په مرسته دهېواد معدني ډبرو پېژندنه او تحليل، کابل پوهنتون، ١٩٨٣، ساينس پوهنځی مجله، کابل پوهنتون
١١. دکوبالټ شپيته راډيوتيراپي دستګاه therapy equipment Cobalt-60 ، لکچرنوټ ١٩٨۴، کابل پوهنتون
١٢. الکتروفيزيولوژي ١٩٨٥ ، لکچرنوټ، طب پوهنځی ، کابل پوهنتون

خپور شوي علمي اثاراو مقالې :

١. په هيوادکې داټومي پاتې شونوخبرتيا ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٢. اټومي بمونه اومذهبي نومونه ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٣. دچرنوبيل هستوی پېښې شل کل تلين ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٦ زکال
٤. دسړکال فزيک نوبل جايزه جاپاني فزيکپوهانوته ورکړه شوه ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٥. دکيهان (Universe) مصنوعي پيدايښت تجربه وځنډيده، دلراوبر ا، وبينواويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٦. دسرطاني ناروغيودپېژندنې کلينيکي فرمول (TNM)، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٧. هېماتولوژ ي (دداخله طب لکچرنوټ : دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٨. د اټوم بم د ٦٣ تلين غميزې په ياد ، دلراوبر اوبينواويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
٩. دمسلمان پښتون اواټوم بم کارپوه عبدالقديرلنډه پېژندنه ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
١٠. دګاوند يوهيوادونوهستوي ازمويني ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
١١. دپښتوژبې يوملي تلويزيون ته اړتيا ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٧ زکال
١٢. دنړۍ لومړی اټوم بم، د لراوبر او بينوا ويبپاڼه ٢٠٠٧ زکال
١٣. د پولونيم زهراودروسي جا سوس مړينه ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٦ زکال
١٤. د اټوم انرژي بنسټيزفرمول ، دلراوبر اوبينواويبپاڼه ٢٠٠٦ زکال
١٥. پښتانه او د پښتو ژبې غميزه ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٥ زکال
١٦. په کابل کې بايد دپښتوژبې پوهنتون جوړشي ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٥ زکال
١٧. د طبيعي وړانګوسرچينې ، دلراوبر اوبينوا، ويبپاڼه ٢٠٠٨ زکال
١٨. طبيعي راډيواکتيو يتي ، دټول افغان ويبپاڼه ، ٢٠٠٧ زکال
١٩. دافغانستان داټوم انرژۍ پېښليک ، دټول افغان ويبپاڼه ، ٢٠٠٦ زکال

Preface

In the field of Practical Radiotherapy Planning, there is no textbook in the official Afghan language Pashtu that is available as a textbook or as a scientific source of reference for Radiotherapist in Hospital, Medical Physicist and students. The author has made it his task based on his many years of clinical experiences in the field of diagnostic radiology and radiation therapy for cancer diseases and thus to meet this goal.

Since I feel very connected to my home country of Afghanistan, I want to use the time of my retirement to pass on my knowledge to the healthcare professionals in Afghanistan and thus support students and Radiotherapists.

In radiation therapy, cancer patients are treated with modern linear accelerators. Many cancer patients can be treated successfully with it. Cancer is also a massive health problem in my home country. One of the reasons seems to be the long-lasting war. Again and again, uranium ammunition containing radioactive components is fired in Afghanistan. Radioactivity is also generally considered to be the cause of leukemia. Other types of cancer are also common here. This is due in particular to the poor infrastructure of the health system in Afghanistan.

The book begins with an introduction to radiation physics. By means of diagnostic X-rays, in particular by examinations with computer tomography, cancerous tumors can be localized, and the patients can then be treated with a linear accelerator for radiation therapy.

Other therapeutic methods in cancer treatment are surgery and chemotherapy. However, operations represent a serious intervention in the body, which often leads to disfigurements such as mastectomies and removal of parts of the face. In the case of chemotherapy, the sometimes-extreme side effects such as severe nausea and hair loss should be mentioned. In radiation therapy, these effects, which are very stressful for the patient, are much rarer. However, surgery or chemotherapy cannot always be avoided. Sometimes the combination of the 3 treatment methods is also used.

The book deals with three important areas of science, namely radiation physics, radiology and radiation therapy, whose close relationships and basic theoretical knowledge are of great importance for the therapy and early detection of cancer using modern imaging diagnostic methods.

On February 4, 2009, the Minister of Health of Afghanistan stated via RTA-TV that the incidence rate of leukemia cases increased by 8% compared to 2001. Although the cause is discussed in various ways, this book is the first important tool for the clarification. Since Afghanistan has been at war since 1980, the environment is contaminated with chemical and, most likely, radioactive depleted uranium munitions. It is known from the atomic bomb tests that these, being carcinogenic substances, can cause leukemia.

The book has 16 chapters and 547 pages.

Part 1: **Radiation Physics (Chapters 1-9):** describes the basis of radiation physics and electrodynamics as well as the interaction of ionizing radiation in biological tissues.

Part 2: Radiology (Chapters 10-14): Structure of the X-ray tube and diagnosis of cancer with X-rays. The technical production and application of high-energy photon beams and electron beams with the help of linear accelerators is illustrated. In addition, the application of the x-rays in medicine and industry is described.

Part 3: Cancer (Chapters 15-16): gives general information about cancer and outlines the treatment of cancer with radiotherapy, chemotherapy and surgery as the three established methods in modern medicine. The diagnostic importance of computed tomography and nuclear spin tomography for the early detection of cancer is emphasized and their basic medical-physical mode of operation is described.

In the last chapter, the practical implementation of Radiotherapy Planning on the following organs is described in detail.

1. Cancer of Central nervous system 2. Lung cancer 3. Esophageal cancer 4. Thyroid gland cancer 5. Pelvic Radiotherapy 6. Prostate cancer 7. Breast Cancer 8. Rectum cancer 9. Vesica urinaria cancer 10. Uterine cancer.

The book is intended to motivate Radiotherapist and medical physicists in Afghanistan to deal with modern cancer treatment methods and, if possible, to use them. I am aware that the financial situation of the responsible authorities prevents this again and again. The poor population is particularly important to me, as it also gives them the opportunity to receive adequate treatment for cancer tumours.

I hope this book will be well received by healthcare professionals. I would be very happy about a positive response and wish the readers that they receive suggestions that can then be implemented in practice.

Finally, I would like to thank the following academic personalities:

1. **Dr. Yahya Wardak** who printed the Book with good will and excellent management. It is his great achievement that he printed and distributed over three hundred textbooks for the universities in Afghanistan and found the financial source for them.
2. I would especially like to thank the **Eroes family in Germany** for the financial support of the book (German Aid for Afghan Children).
3. I would like to thank Medical Physicist **Mr. Awalkhan Totakhil** for review of the book and for correction, as well excellent professional advice and suggestions.
4. I would like to thank **Mr. Hekmatullah Aziz** as Computer scientist for the administrative and technical support regarding design and compose of this book.

Sincerely yours

Prof. Dr. Nazar Sultansei
Former Lecturer, Science Faculty, Kabul University
June 2022 Frankfurt a. M/Germany

د افغانستان د ۹ پوهنتونونو د چاپ شویو طبي درسي کتابونو لست

(کابل، کابل طبي پوهنتون، کابل پولی تخنیک، ننګرهار، خوست، کندهار، هرات، بلخ او کاپیسا) ۲۰۱۰ ـ ۲۰۲۱

شمیره	د کتاب نوم	لیکوال	پوهنتون	شمیره	د کتاب نوم	لیکوال	پوهنتون
۱	فارمکولوژي	پوهندوی سید قمبر علي حیدري	ننګرهار	۲	کتاب ولادی	پوهندوی داکتر حسن فرید	هرات
۳	انتاني ناروغۍ	پوهنوال ډاکتر عبدالناصر جبارخېل	ننګرهار	۴	د سترګو ناروغۍ	پوهنمل ډاکتر خالد یار	ننګرهار
۵	زېږون	پوهنمل ډاکتر مریم اکرم معصوم	ننګرهار	٦	د کوچنیانو د وینې ناروغۍ	پوهندوی ډاکتر منصور اسلمزی	ننګرهار
۷	تنفسي او د زړه د دسامونو روماتیزمل ناروغۍ	پوهاند ډاکتر طیب نشاط	ننګرهار	۸	د سرطاني ناروغیو اساسات	پوهاند ډاکتر ظاهر ظفرزی	ننګرهار
۹	توبرکلوز	پوهندوی ډاکتر سید انعام سیدي	ننګرهار	۱۰	اندوکراینولوژي او روماتولوژي	پوهاند ډاکتر محمد طیب نشاط	ننګرهار
۱۱	بیوفزیک	پوهاند میر محمد ظاهر حیدري	بلخ	۱۲	د ماشومانو کلینیکي معاینه	پوهنوال ډاکتر ناصر خان کاموال	ننګرهار
۱۳	فزیک نور	پوهاند میر محمد ظاهر حیدري	بلخ	۱۴	د پرازیتولوژي اساسات	ډاکتر محمد صابر	ننګرهار
۱۵	د سینې ناروغۍ او توبرکلوز	ډاکتر ناصر محمد شینواری	کندهار	۱٦	د کولمو بندش او د پریطوان جراحي ناروغی	پوهاند ډاکتر عبدالرؤف حسان	ننګرهار
۱۷	کلینیکي رادیولوژي	پوهنوال ډاکتر غلام سخي رحمانزی	ننګرهار	۱۸	د کوچنیانو د درملنې لارښود (انګلیسي)	پوهندوی ډاکتر منصور اسلمزی	ننګرهار
۱۹	د پښتورګو ناروغۍ	پوهاند ډاکتر محمد ظاهر ظفرزی	ننګرهار	۲۰	د هضمي جهاز او پښتورګو ناروغۍ	پوهنوال ډاکتر عبدالواحد وثیق	کندهار
۲۱	د هضمي جهاز ناروغۍ	پوهاند ډاکتر محمد ظاهر ظفرزی	ننګرهار	۲۲	جراحی بطن و ملحقات آن	پوهاند ډاکتر محمد معصوم عزیزی	کابل طبی پوهنتون
۲۳	د وینې ناروغۍ	پوهاند ډاکتر محمد ظاهر ظفرزی	ننګرهار	۲۴	روش‌های ارزیابی کلینیکی اطفال	پوهندوی ډاکتر فاروق حمیدي	کابل طبی پوهنتون
۲۵	د ځیګر ناروغۍ	پوهاند ډاکتر محمد ظاهر ظفرزی	ننګرهار	۲٦	عمومي هستولوژي	پوهندوی ډاکتر فضل الهی رحماني	کندهار
۲۷	تشخیصي رادیولوژي	پوهنوال ډاکتر غلام سخي رحمانزی	ننګرهار	۲۸	پتالوژی عمومی	دوکتورس زهرا فروغ	هرات
۲۹	د وینې سرطان	پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی	ننګرهار	۳۰	بیولوژی مالیکولی حجره، بخش اول	پوهنوال علي یوسف پور	کابل طبی پوهنتون
۳۱	اطفال	پوهنوال ډاکتر محمد رسول فضلي	ننګرهار	۳۲	بیولوژي مالیکولي حجره، بخش دوم	پوهنوال علي یوسف پور	کابل طبی پوهنتون
۳۳	تغذیه او روغتیا	پوهیالی ډاکتر محمد هارون	ننګرهار	۳۴	د توبرکلوز ناروغۍ	ډاکتر محمد ناصر ناصري	کندهار
۳۵	ډیموګرافي او کورنۍ تنظیم	پوهیالی ډاکتر محمد ابراهیم شیرزی	ننګرهار	۳٦	امراض ساری اطفال	پوهاند ډاکتر سلطان محمد صافی	کابل طبی پوهنتون
۳۷	د عمومي جراحۍ اساسات	پوهندوی ډاکتر بادشاه زار عبدالي	خوست	۳۸	د کوچنیانو ناروغۍ	پوهاند ډاکتر سلطان محمد صافی	کابل طبی پوهنتون
۳۹	جراحي، د کلینیکي معایناتو سیستم	پوهندوی ډاکتر بادشاه زار عبدالي	خوست	۴۰	امراض جراحی بطن و ملحقات ان	پوهندوی ډاکتر عبدالخالق دوست	کندهار

۴۱	عمومي پتالوژي	پوهنوال ډاکتر خلیل احمد بهسودوال	ننگرهار	۴۲	هستولوژي	پوهاند ډاکتر بری صدیقي	کابل طبی پوهنتون
۴۳	د ساري ناروغيو کنټرول	پوهندوی ډاکتر محمد عظیم منگل	ننگرهار	۴۴	د وينې فزيولوژي	پوهنمل ډاکتر ولي محمد ویاړ	کندهار
۴۵	طبي هستولوژي	پوهنوال ډاکتر خلیل احمد بهسودوال	ننگرهار	۴٦	طبي بيوشمي	پوهاند دوکتور خان محمد احمدزی	کابل طبی پوهنتون
۴۷	يورولوژي	پوهنوال ډاکتر عبدالاحد حمید	ننگرهار	۴۸	فزیک اوپتیک	پوهنوال غلام قادر دهگان	هرات
۴۹	اخلاق طبابت	پوهاند ډاکتر عبدالغفور همدل صدیقی	بلخ	۵۰	اورتوپيدي او کسرونه	پوهنمل ډاکتر محمد همایون مصطفی	کندهار
۵۱	فزیکل ډیاګنوزس	پوهنوال ډاکتر حفیظ الله اپریدی	ننگرهار	۵۲	بطن حاد و مزمن	پوهنوال ډاکتر عبدالغفور ارصاد	هرات
۵۳	د زړه او رګونو ناروغۍ	پوهندوی ډاکتر دل آقا دل	ننگرهار	۵۴	اساسات جراحی	پوهاند ډاکتر نجیب الله امرخیل	کابل طبی پوهنتون
۵۵	د چاپېریال او ډندیزه روغتیا	پوهنوال ډاکتر محمد عارف رحماني	ننگرهار	۵٦	اناتومی	پوهنمل ډاکتر حفیظ الله سهار	کابل طبی پوهنتون
۵۷	د هضمي سيستم او پښتوروګو ناروغۍ	پوهندوی ډاکتر سیف الله هادی	ننگرهار	۵۸	التراساوند تشخیصیه	پوهندوی ډاکتر محمد نواب کمال	کابل طبی پوهنتون
۵۹	د کوچنيانو تغذيه	پوهنمل ډاکتر نجیب الله امین	ننگرهار	٦۰	د قندونو هضم، جذب او استقلاب	دوکتور یحیی فهیم پوهیالی	ننگرهار
٦۱	د کوچنيانو ناروغی، اول جلد	پوهنوال دوکتور عبدالستار نیازی	ننگرهار	٦۲	د غوږ ، پزی او ستونی ناروغۍ	پوهنمل دوکتور میر محمد اسحاق خاورین	ننگرهار
٦۳	د کوچنيانو ناروغی، دوهم جلد	پوهنوال دوکتور عبدالستار نیازی	ننگرهار	٦۴	د پوستکي ناروغۍ	پوهندوی دوکتور اسدالله شینواری	ننگرهار
٦۵	هيماتولوژي، ايمينولوژي او د ويټامينونو کمواليِ ناروغۍ	پوهندوی دوکتور ایمل شیرزی	ننگرهار	٦٦	د خولې او هضمي سيستم ناروغۍ	پوهاند دوکتور ظاهر ظفرزی	ننگرهار`
٦۷	رهنمای تدریس طب	پوهاند دوکتور نادر احمد اکسیر	کابل طبی پوهنتون	٦۸	جراحي بطن	پوهاند دوکتور محمد معصوم عزیزی	کابل طبی پوهنتون
٦۹	امراض اطفال	پوهاند دوکتور سلطان محمد صافی	کابل طبی پوهنتون	۷۰	جراحی عصبی	پوهنوال دوکتور عبدالغفور ارصاد	هرات
۷۱	مایکروبیولوژی	پوهاند محمد جمعه حنیف	هرات	۷۲	اساسات پرازیتولوژی طبی	پوهنمل دوکتور محمد یوسف مبارک	کابل طبی پوهنتون
۷۳	امراض جراحی سیستم هضمی و ملحقات آن	پوهاند ډوکتور عبدالوهاب نورا	کابل طبی پوهنتون	۷۴	امراض جهاز هضمی و کبد	دوکتور محمد یونس فخری	بلخ
۷۵	فزیک طبی بخش میخانیک	پوهاند میر محمد ظاهر حیدری	بلخ	۷٦	فزیک طبی بخش حرارت	پوهاند میر محمد ظاهر حیدری	بلخ
۷۷	توضیح اساسات فزیک، و سایل تشخیصیه طبی	پوهاند میر محمد ظاهر حیدری	بلخ	۷۸	انالیز ریاضی	سید یوسف مانووال	بلخ
۷۹	نور و فزیک جدید	پوهنوال غلام قادر دهگان	هرات	۸۰	حرارت و ترمودینامیک	پوهنوال غلام قادر دهگان	هرات
۸۱	عمومي جراحي، لومړی ټوک	پوهندوی ډاکتر بادشاه زار عبدالی	خوست	۸۲	عمومي جراحي، دوهم ټوک	پوهندوی ډاکتر بادشاه زار عبدالي	خوست
۸۳	اناتومی و فزیولوژی انسان، جلد اول	پوهندوی محمد طاهر نسیمی	بلخ	۸۴	اناتومی و فزیولوژی انسان، جلد دوم	پوهندوی محمد طاهر نسیمی	بلخ
۸۵	رواني رنځپوهنه	پوهندوی ډاکتر جهان شاه تنې	خوست	۸٦	تغذیه او سؤ تغذیه	پوهنوال ډاکتر عبدالواحد وثیق	قندهار
۸۷	امراض روانی، جلد اول	پوهندوی دوکتور عبدالعزیز نادری	کابل طبی پوهنتون	۸۸	امراض روانی، جلد دوم	پوهندوی دوکتور عبدالعزیز نادری	کابل طبی پوهنتون
۸۹	انتاني ناروغۍ (انګلیسی)	پوهنمل ډاکتر محمد ذکریا امیرزاده	کندهار	۹۰	بيرنۍ طبي پيښې	پوهنوال ډاکتر عبدالواحد وثیق	قندهار

۹۱	پرازیتولوژی طبی	پوهاند دوکتور عبیدالله عبید	کابل طبی پوهنتون	۹۲	ولادي جراحي، لومړی ټوک	ډاکتر عجب گل مومند	قندهار
۹۳	مایکرو بیولوژی طبی، جلد اول	پوهاند دوکتور عبیدالله عبید	کابل طبی پوهنتون	۹۴	ولادي جراحي، دوهم ټوک	ډاکتر عجب گل مومند	قندهار
۹۵	مایکرو بیولوژی طبی، جلد دوم	پوهاند دوکتور عبیدالله عبید	کابل طبی پوهنتون	۹۶	د غوږ، پزې او ستوني ناروغۍ	ډاکتر عزیز الله فقیر	کندهار
۹۷	رهنمود PBL در افغانستان	پوهاند دوکتور محمد فرید برنایار	کاپیسا	۹۸	مایکروبیولوژی عمومی	دوکتور شعیب احمد شاخص	هرات
۹۹	تروماتولوژی	پوهنوال دوکتور عبدالغفور ارصاد	هرات	۱۰۰	د زړه او سږو د ناروغیو تشخیصیه رادیولوژي	پوهنیار ډاکتر شاه محمد زنځورمل	خوست
۱۰۱	نرسنگ عملیاتخانه	پوهاند دوکتور نجیب الله امرخیل	کابل طبی پوهنتون	۱۰۲	گیاهان طبی مستعمله در تداوی امراض قلبی و وعایی	پوهنوال محمد عثمان بابری	کابل پوهنتون
۱۰۳	امبریولوژی طبی	پوهندوی داکتر بشیر نورمل	کابل طبی پوهنتون	۱۰۴	بیرنی درملنې	ډاکتر عبدالولی رنځمل وردک	خوست
۱۰۵	د احصایی اساسات	پوهنیار محمد اغا ضیاء	کندهار	۱۰۶	د کوچنیانو ساری ناروغۍ	پوهاند دوکتور سلطان محمد صافی	خوست
۱۰۷	امبریولوژی عمومی انسان	پوهندوی داکتر بشیر نورمل	کابل طبی پوهنتون	۱۰۸	امراض یورولوژی	پوهندوی دوکتور غلام سخی حسنی	کابل طبی پوهنتون
۱۰۹	کمک‌های اولیه	پوهاند دوکتور نجیب الله امرخیل	کابل طبی پوهنتون	۱۱۰	امراض نسایی	پوهندوی ډاکتر محمد حسن فرید	هرات
۱۱۱	طبي هستالوژي	پوهاند ډاکتر بری صدیقي	خوست	۱۱۲	امبریولوژي	پوهاند دوکتور بری صدیقی	خوست
۱۱۳	رهنمای انستیزی برای کشورهای رو به انکشاف، جلد اول	دانیل دی موس	کابل طبی پوهنتون	۱۱۴	عمومي جراحي	ډاکتر گل سیما ابراهیم خېل قادري	خوست
۱۱۵	رهنمای انستیزی برای کشورهای رو به انکشاف، جلد دوم	دانیل دی موس	کابل طبی پوهنتون	۱۱۶	عضوي کیمیا، د الیفاتیک برخه	پوهندوی دوکتور گل حسن ولیزی	خوست
۱۱۷	احصاییه	پوهاند محمد بشیر دودیال	ننگرهار	۱۱۸	د کوچنیانو خوارځواکي	پوهندوی ډاکتر سمیع الله حیات	ننگرهار
۱۱۹	کلاسیک او مالکیولي جنیتیک	دوکتور محمد صابر	ننگرهار	۱۲۰	تصویري یا تر سیمي رادیو گرافي	پوهنوال ډاکتر غلام سخي رحمانزی	ننگرهار
۱۲۱	د داخلې بیرنۍ پېښې او د بحران څارنه	پوهنوال ډاکتر حفیظ الله اپریدی	ننگرهار	۱۲۲	اورتوپیدي	پوهندوی ډاکتر سید شال سیدی	ننگرهار
۱۲۳	د عامې روغتیا اساسات او اداره	پوهنمل ډاکتر محمد عارف رحماني	ننگرهار	۱۲۴	طبي ترمینالوژي	دوکتور گل سیما ابراهیم خیل قادری	ننگرهار
۱۲۵	هلمنتولوژي	پوهاند ډاکتر سید رفیع الله حلیم	ننگرهار	۱۲۶	وراثت او ډسمورفولوژي	پوهنمل ډاکتر مسیح الله مسیح	ننگرهار
۱۲۷	د بیرنیو پېښو د درملنې لارښود (انګلیسی)	پوهنوال ډاکتر اېمل شیرزی	ننگرهار	۱۲۸	د نویو زېرېدلو ماشومانو د ستونزو اهتمامات	پوهندوی ډاکتر ناصر خان کاموال	ننگرهار
۱۲۹	د سیستمونو پتالوژي	پوهنوال ډاکتر خلیل احمد بهسودوال	ننگرهار	۱۳۰	په ماشومانو کې نری رنځ	پوهنمل ډاکتر حقیق الله چاردیوال	ننگرهار
۱۳۱	د اتونوم او مرکزي عصبي سیستمونو فارمکولوژي	ډاکتر غلام ربي بهسودوال	ننگرهار	۱۳۲	د ننگرهار طب پوهنځی نصاب او درسي مفردات (انګلیسي)	ننگرهار طب پوهنځی	ننگرهار
۱۳۳	د درملو د استعمال عملی لارښود (انګلیسي/ پښتو)	ډاکتر مالتې ایل وان بلومرودر	ننگرهار	۱۳۴	عمومي کیمیا	پوهاند دوکتور خیر محمد مامومند	ننگرهار
۱۳۵	اناټومي I(هډوکې، مفاصل او عضلات)	پوهنمل ډاکتر محمد ناصر نصرتي	ننگرهار	۱۳۶	فارمکولوژي، دوهم ټوک	پوهنوال ډاکتر سید قمبر علي حیدري	ننگرهار
۱۳۷	حاد اپندیسا یتیس، تشخیص، اختلاطات او تداوي	پرفیسور دوکتور محمد شریف سروري	خوست	۱۳۸	د جهازاتو اناتومي	پوهنوال ډاکتر محمد حسین یار	ننگرهار

۱۳۹	امبریولوژي	پوهنوال ډاکتر محمد حسین یار	ننګرهار	۱۴۰	اناټومي درېیم جلد عصبي سیستم، حواس او اندوکراین غدوات	پوهنمل ډاکتر محمد ناصر نصرتي	ننګرهار
۱۴۱	طبي امبریولوژی	پوهنمل داکتر محمد ناصر نصرتي	ننګرهار	۱۴۲	د ماشومانو د ناروغیو عملي لارښود (انګلیسي)	ډاکتر مالټی ال-وان بلومرودر	ننګرهار
۱۴۳	د طبي عامو ستونځو عملي لارښود (انګلیسي)	ډاکتر مالټی ال-وان بلومرودر	ننګرهار	۱۴۴	د رواني روغتیایي ستونځو عملي لارښود (انګلیسي)	سیان نیکولاس	ننګرهار
۱۴۵	نشه ئي توکي او اړونده ناروغۍ	ډاکتر محمد سمین ستانکزی	ننګرهار	۱۴۶	د شحمیاتو استقلاب	دوکتور محمد عظیم عظیمي	ننګرهار
۱۴۷	عصبي جراحي	پوهندوی داکتر عبدالبصیر منګل	ننګرهار	۱۴۸	سرطان او د چاپیریال رادیو اکټیویټي	پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران	ننګرهار
۱۴۹	ببرنۍ طبي درملنې	ډاکتر سید ملیار سادات	ننګرهار	۱۵۰	د تنفسي سیستم فزیولوژي	دوکتور احسان الله احسان	ننګرهار
۱۵۱	نیونتولوژي	پوهنوال ډاکتر عبدالستار نیازی	ننګرهار	۱۵۲	عصبي ناروغۍ	پوهنمل ډاکتر بلال پاینده	ننګرهار
۱۵۳	د زړه برقي ګراف (ECG)	رنځوروال ډاکتر سید عبدالله سادات	ننګرهار	۱۵۴	التراسوند	ډاکتر محمد یونس سلطاني	ننګرهار
۱۵۵	د شکرې ناروغي	ډاکتر محمد نعیم همدرد	ننګرهار	۱۵۶	فزیکي تشخیص	ډاکتر عبدالناصر جبارخیل	ننګرهار
۱۵۷	تلویزیوني آزموینې	پوهندوی ډاکتر نجیب الله خلیلي	ننګرهار	۱۵۸	د هضمي سیستم اناتومي	پوهنمل دکتور محمد ناصر نصرتي	ننګرهار
۱۵۹	د بولي تناسلي سیستمو اناتومي	پوهنمل دکتور محمد ناصر نصرتي	ننګرهار	۱۶۰	د زړه او د وینې د رګونو اناټومي	پوهنمل دکتور محمد ناصر نصرتي	ننګرهار
۱۶۱	عصبي جراحي	پوهندوی دوکتور فضل الرحیم شګیوال	ننګرهار	۱۶۲	بیوفیزیک	پوهنیار پښتنه بنایي	ننګرهار
۱۶۳	د کوچنیانو نارغي د پنځم ټولګي د لومړۍ سمسټر لپاره	پوهاند ډاکتر عبدالستار نیازی	ننګرهار	۱۶۴	د کوچنیانو د جهازاتو معمولي ناروغۍ I	پوهاند ډاکتر عبدالستار نیازی	ننګرهار
۱۶۵	د کوچنیانو د جهازاتو معمولي ناروغۍII	پوهاند ډاکتر عبدالستار نیازی	ننګرهار	۱۶۶	انتاني ناروغۍ	پوهنوال ډاکتر حفیظ الله اپریدی	ننګرهار
۱۶۷	د اندوکراین، زړه، رګونو او پښتورګو فزیوژي	پوهنوال ډاکتر احسان الله احسان	ننګرهار	۱۶۸	د جراحۍ انکال	رنځوریار ډاکتر عجب ګل مومند	ننګرهار
۱۶۹	د ځیګر ویروسي التهاب (طبي تشخیص او درملنه)	دوکتور محمد اسحاق شریفی	ننګرهار	۱۷۰	ملاریا	دوکتور محمد اسحاق شریفی	ننګرهار
۱۷۱	طبي پرازیتولوژي	پوهنوال دوکتور غلام جیلاني ولي	ننګرهار	۱۷۲	وراثت	پوهنوال دوکتور ګل سالم شرافت	ننګرهار
۱۷۳	د کوچنیانو ناروغۍ لومړۍ ټوک	پوهاند دوکتور احمد سیر احمدي	ننګرهار	۱۷۴	د کوچنیانو ناروغۍ دوهم ټوک	پوهاند دوکتور احمد سیر احمدی	ننګرهار
۱۷۵	عقلی ناروغۍ	داکتر بلال پاینده	ننګرهار	۱۷۶	فزیکي کیمیا دوهم جلد، ترمودینامیک	حبیب الله نوابزاده	ننګرهار
۱۷۷	کسرونه او خلعې	پوهندوی سید بها کریمي	ننګرهار	۱۷۸	د کوچنیانو ساري ناروغۍ	پوهندوی دوکتور نجیب الله امین	ننګرهار
۱۷۹	نسایي ناروغۍ	پوهندوی دوکتورس تورپیکۍ اپریدی	ننګرهار	۱۸۰	د ګیډی د ملحقاتو د جراحي ناروغي	پوهنوال دوکتور بادشاه زار عبدالی	خوست
۱۸۱	د ماشومانو د معدې معایي سیستم او ینې ناروغی	پوهنمل ډاکتر ولی ګل مخلص	خوست	۱۸۲	د سیستمونو پتالوژی دیمه برخه	پوهاند دوکتور خلیل احمد بهسودوال	ننګرهار
۱۸۳	د سیستمونو هستالوژي	پوهاند دوکتور خلیل احمد بهسودوال	ننګرهار	۱۸۴	د پوستکي ناروغۍ	پوهنوال ډاکتر سید انور اکبري	ننګرهار
۱۸۵	د ټټر اناټومي	پوهنیار دوکتور یما صدیقي	ننګرهار	۱۸۶	رهنمای عملی مشکلات عام طبی (دری)	ډاکتر مالټې ایل وان بلومرودر	بلخ
۱۸۷	عمومي هستالوژي	پوهاند دوکتور خلیل احمد بهسودوال	ننګرهار	۱۸۸	رادیولوژي ازموینې او ناروغتیاوې	پوهنوال داکتر غلام سخي رحمانزی	ننګرهار
۱۸۹	د نیونتالوژی او کوچنیانو د ناروغیو کلینیکی هنډبوک	پوهنوال دوکتور منصور اسلم زی	ننګرهار	۱۹۰	د طبابت لنډ تاریخ	پوهاند عبدالحی مومني	ننګرهار
۱۹۱	میخانیک او د نور فزیک	پوهنیار هدایت الله	ننګرهار	۱۹۲	د برق فزیک	پوهنیار هدایت الله	ننګرهار

۱۹۳	عمومي بيولوژي	پوهنمل جماعت خان همت	ننګرهار	۱۹۴	د تنفسي سيستم او د زړه روماتيزمل ناروغۍ	پوهاند دوکتور سيف الله هادي	ننګرهار
۱۹۵	فارمکولوژي، درېيم ټوک	پوهنوال سيد قمبر علي حيدري	ننګرهار	۱۹۶	عمومي پټالوژي	پوهندوی دوکتور محمد آصف	ننګرهار
۱۹۷	طبي فزيولوژي	پوهاند شريف الله نعمان	ننګرهار	۱۹۸	د پلاستيک جراحۍ اساسات او تخنيکونه	ډاکتر الفت هاشمي	ننګرهار
۱۹۹	عمومي بيولوژي	پوهندوی الفت شيرزی	ننګرهار	۲۰۰	د عصبي سيستم اناټومي	پوهنيار دوکتور يما صديقي	ننګرهار
۲۰۱	د سينې سرطان، پېژندنه، درملنه او مخنيوی	پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی خُدران	ننګرهار	۲۰۲	د وينې حجرو، تنفي جهاز، هضمي جهاز، او نوو زېرېدلو فزيولوژي	پوهنوال دوکتور جنت مير مومند	ننګرهار
۲۰۳	د سينې بطن او حوصلې اناټومي	پوهندوی ډاکتر حميدالله حامد	خوست	۲۰۴	فزيکي تشخيص او د تاريخچې اخيستنه	پوهاند ډاکتر شريف الله	ننګرهار
۲۰۵	د ځانګړو حسيتونو، پوستکي، اوتونوميک او مرکزي سستم فزيولوژي	پوهنوال دوکتور محب الله شينواری	ننګرهار	۲۰۶	د درملو بدې اغېزې	پوهنوال سيد قمبر علي حيدري	ننګرهار
۲۰۷	جراحی عمومی اطفال	پوهنيار داکتر توريالی حکيمی	کابل طبی پوهنتون	۲۰۸	معاينات کلينيکی اطفال بطور ساده	پوهندوی دوکتور سيد نجم الدين جلال	کابل طبی پوهنتون
۲۰۹	۱۴۰ طبي کتابونه په دي وي دي کې (پښتو، دري او انګليسي)	ببلا ببل مؤلفين	ټول پوهنتونونه	۲۱۰	۲۱۴ طبي کتابونه په دي وي دي کې (پښتو، دري او انګليسي)	ببلا ببل مؤلفين	ټول پوهنتونونه
۲۱۱	عصبي معاينات او سلوکپوهنه	پوهنوال ډاکتر جهان شاه تنې	خوست	۲۱۲	عصبي جراحي	پوهاند دوکتور بادشاه زار عبدالي	خوست
۲۱۳	د عامو کسرونو ټرلې درملنه	پوهندوی دوکتور ظاهر گل منګل	خوست	۲۱۴	د وينې ناروغۍ	ډاکتر حيات الله احمدزی	ننګرهار
۲۱۵	د داخله ناروغيو تفريقي تشخيص لومړی برخه	پوهاند دوکتور سيف الله هادي	ننګرهار	۲۱۶	د داخله ناروغيو تفريقی تشخيص دوهمه برخه	پوهاند دوکتور سيف الله هادي	ننګرهار
۲۱۷	امينو فارمکولوژي	پوهنوال دوکتور غلام ربي بهسودوال	ننګرهار	۲۱۸	د ماشومانو تنفسي، زړه، وينې او پښتورګو ناروغی	پوهاند ډاکتر نجيب الله امين	ننګرهار
۲۱۹	تشخيصيه راډيولوژي، دوهمه برخه، سينه يا صدر	دوکتور نور محمد شينواری	ننګرهار	۲۲۰	طبي فزيک	پوهنيار هدايت الله مهمند	ننګرهار
۲۲۱	راډيولوژي	پوهنوال ډاکتر سيد عارف ويار	ننګرهار	۲۲۲	اندوکراينولوژي او روماتولوژي	پوهاند دوکتور سيف الله هادي	ننګرهار
۲۲۳	د کوچنيانو جراحي	پوهاند ډاکتر فضل الرحيم شګېوال	ننګرهار	۲۲۴	د سترګې کلينيکي ناروغۍ	پوهنوال ډاکتر عبدالبصير صافی	ننګرهار
۲۲۵	بيوفزيک	پوهنيار ګل احمد سهيل	ننګرهار	۲۲۶	ماليکولي بيولوژي	پوهندوی جماعت خان همت	ننګرهار
۲۲۷	د ماشومانو انتاني ناروغۍ	پوهاند دوکتور عبدالستار نيازی	ننګرهار	۲۲۸	د ماشومانو اساسات، هضمي، اندوکراين او عصبي ناروغۍ	پوهاند سميع الله حيات	ننګرهار
۲۲۹	تنفسی او د زړه روماتيزمل ناروغۍ	پوهندوی ډاکتر سلام جان شمس	ننګرهار	۲۳۰	يورولوژي	ډاکتر غازی جمال عبدالناصر	ننګرهار
۲۳۱	طبي جنيتيک	پوهندوی الفت شهرزی	ننګرهار	۲۳۲	د انسان عمومي کلينيکي امبريولوژي	ډاکتر عبدالله جان شينواری	ننګرهار
۲۳۳	انګليسي-پښتو طبي قاموس (لومړی ټوک)	رنځورمل دوکتور عجب ګل مومند	ننګرهار	۲۳۴	انګليسي- پښتو طبي قاموس (دوهم ټوک)	رنځورمل دوکتور عجب ګل مومند	ننګرهار
۲۳۵	د نور فزيک	پوهنيار هدايت الله مهمند	ننګرهار	۲۳۶	فارمکولوژي (درېيم کال، دوهم سمستر لپاره)	پوهنوال دوکتور غلام ربي بهسودوال	ننګرهار
۲۳۷	د هډوکو اناټومي	پوهندوی حميدالله حامد	خوست	۲۳۸	د قلبي وعايي، وينې، تنفسي او هضمي جهاز پټالوژي	پوهاند دوکتور خليل احمد بهسودوال	ننګرهار
۲۳۹	روانشناسی عمومی	پوهاند ماريا صاعد سلطانی	بلخ	۲۴۰	په معاصر طب کې د فزيک پيژندنه	ګل احمد سهيل	ننګرهار
۲۴۱	د حجرې بيولوژي	پوهندوی جماعت خان همت	ننګرهار	۲۴۲	سارس – ۲ او کووید- ۱۹	پروفيسور دوکتور محمد شريف سروري	ټول پوهنتونونه

۲۴۳	د سر او غاړې اناټومي درسي کتاب (لومړی ټوک)	پوهندوی دوکتور یما صدیقي	ننګرهار	۲۴۴	د ثدیې ناروغۍ	پروفیسور دوکتور محمد شریف سروري	ټول پوهنتونونه
۲۴۵	د طب محصلینو درسي کتابونه	ډاکتر یحیی وردک	ټول پوهنتونونه	۲۴۶	د سر او غاړې اناټومي درسي کتاب (دوهم ټوک)	پوهندوی دوکتور یما صدیقي	ننګرهار
۲۴۷	طبي کیمیا	پوهنوال امرالله آصفی	خوست	۲۴۸	د صدر ترضیضات	پروفیسور دوکتور محمد شریف سروري	ټول پوهنتونونه
۲۴۹	فزیکي تشخیص (هادي کلینیکل مېتود)	پوهاند ډاکتر سیف الله هادي	ټول پوهنتونونه	۲۵۰	رهنمای کلینیکی برای داکتران دندان	داکتر سید معروف سیرت	ټول پوهنتونونه
۲۵۱	امیندواری او زېږون	پوهنوال دوکتورس حفیظه سهاک	ننګرهار	۲۵۲	مالیکولي ایمینولوژي	پوهاند ډاکتر خلیل احمد بهسودوال	ننګرهار
۲۵۳	د سرطاني ناروغیو رادیو تېراپي	پوهنوال ډاکتر نظر محمد سلطانزی ځدران	خوست				

تطبیق کوونکی: ډاکټر یحیی وردګ، د لوړو زده کړو وزارت، ځلورمه کارته، کابل افغانستان، مارچ ۲۰۲۲

موبایل: ۰۷۸۰۲۳۲۳۱۰، ۰۷۰۷۳۲۰۸۴۴، ایمیل: info@ecampus-afghanistan.org ,www.mohe.gov.af

ټول کتابونه له دې ویبپاڼو څخه ډونلوډولای شئ: www.ecampus-afghanistan.org



Publishing Textbooks

Honorable lecturers and dear students!

The lack of quality textbooks in the universities of Afghanistan is a serious issue, which is repeatedly challenging students and teachers alike. To tackle this issue, we have initiated the process of providing textbooks to the students of medicine.

For this reason, we have published 365 different textbooks of Medicine, Engineering, Science, Economics, Journalism, and Agriculture from Nangarhar, Khost, Kandahar, Herat, Balkh, Al-Beroni, Kabul, Kabul Polytechnic, and Kabul Medical universities. The book you are holding in your hands is a sample of a printed textbook. It should be mentioned that all these books have been distributed among all Afghan universities and many other institutions and organizations for free. All the published textbooks can be downloaded from www.ecampus-afghanistan.org.

The Afghan National Higher Education Strategy (2010-2014) states:

"Funds will be made available to encourage the writing and publication of textbooks in Dari and Pashto. Especially in priority areas, to improve the quality of teaching and learning and give students access to state–of–the–art information. In the meantime, translation of English language textbooks and journals into Dari and Pashto is a major challenge for curriculum reform. Without this facility it would not be possible for university students and faculty to access modern developments as knowledge in all disciplines accumulates at a rapid and exponential pace, in particular this is a huge obstacle for establishing a research culture. The Ministry of Higher Education together with the universities will examine strategies to overcome this deficit."

We would like to continue this project and to end the method of manual notes and papers. Based on the request of higher education institutions, there is the need to publish about 100 different textbooks each year.

I would like to ask all the lecturers to write new textbooks, translate or revise their lecture notes or written books and share them with us to be published. We will ensure quality composition, printing and distribution to Afghan universities free of charge. I would like the students to encourage and assist their lecturers in this regard. We welcome any recommendations and suggestions for improvement.

It is worth mentioning that the authors and publishers tried to prepare the books according to the international standards, but if there is any problem in the book, we kindly request the readers to send their comments to us or the authors in order to be corrected for future revised editions.

We are very thankful to Kinderhilfe-Afghanistan (German Aid for Afghan Children) and its director Dr. Eroes, who has provided fund for this book. We would also like to mention that he has provided funds for 230 medical and non-medical textbooks so far.

I would like to cordially thank Chancellor of Universities, Deans of faculties, and lecturers for their continuous cooperation and support for this project.

I am also thankful to all those lecturers who encouraged us and gave us all these books to be published and distributed all over Afghanistan. Finally, I would like to express my appreciation for the efforts of my colleagues Hekmatullah Aziz and Fahim Habibi in the office for publishing and distributing the textbooks.

Dr. Yahya Wardak

Ministry of Higher Education, Kabul, Afghanistan, May, 2022

Mobile: 0706320844, 0780232310

Email: info@ecampus-afghanistan.org

Book Name	Radiation Therapy of Cancer Diseases
Author	Associate Prof Dr Nazar M. Sultansei Zadran
Publisher	Shaikh Zayed University, Khost, Faculty of Medicine
Website	www.szu.edu.af
Published	2022, First Edition
Copies	1000
Serial No	363
Download	www.ecampus-afghanistan.org

This publication was financed by **Kinderhilfe-Afghanistan** (German Aid for Afghan Children) a private initiative of the Eroes family in Germany.

Administrative and technical support by Afghanic.

The contents and textual structure of this book have been developed by concerning author and relevant faculty and being responsible for it.

Funding and supporting agencies are not holding any responsibilities.

If you want to publish your textbooks, please contact us:
Dr. Yahya Wardak, Ministry of Higher Education, Karte – 4, Kabul
Office 0780232310, 0706320844
Email info@ecampus-afghanistan.org

All rights reserved with the author.

Printed in Afghanistan 2022

ISBN 978-9936-633-97-1