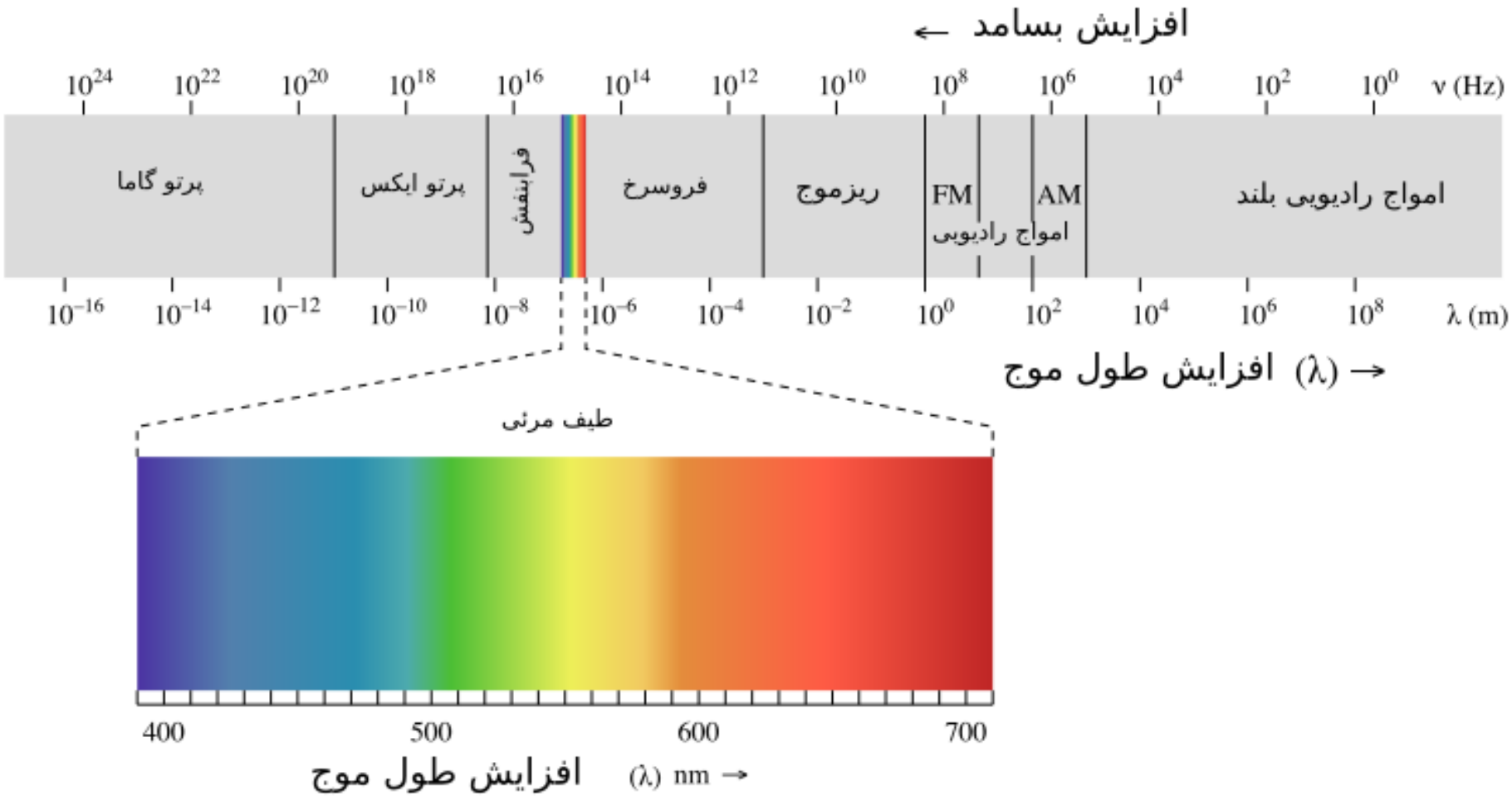
Electromagnetic Radiation Spectrum



پرتوهای یونیزان

- **پرتو x و گاما (γ): پرتوهاي x و گاما مانند نور مرئي امواج راديويي و ميكروويو، امواج الكترومغناطيس مي باشند و بخشي از طيف الكترومغناطيسي را تشكيل مي دهند.**
- **با اين وجود در ميان موارد ذكر شده فقط پرتوهاي x و گاما پرتو يونيزان محسوب مي شوند.**
- **پرتوهاي x و گاما از بيشترين فركانس در بين همه امواج الكترومغناطيس برخوردارند و بنابراين داراي كوتاه ترين طول موج هستند. از اين رو بيشترين مقدار انرژي را حمل مي كنند.**
- **پرتوهاي x، با شتاب الكترون ها در ولتاژ بالا و برخورد به يك هدف فلزي، ترجيحا با عدد اتمي بالا، توليد مي شوند.**
- **پرتوهاي گاما از فعل و انفعالات درون هسته اتم و پرتوهاي x از فعل و انفعالات خارج هسته اتم منشا مي گيرند.**

ویژگی های پرتو γ

1. بار الکتریکی ندارد.
2. دارای جرم نمی باشد.
3. در خلا با سرعت نور حرکت می کند.
4. رابطه بین بسامد و طول موج آنها بدین شکل است؛ $\lambda f = C$ که λ طول موج، f بسامد و C سرعت نور است.

مقدمه

تابش (Radiation):

- ویلهلم کنراد رونتگن، فیزیکدان آلمانی، در هشتم نوامبر 1895 پرتو x را کشف کرد.
- رونتگن در حال بررسی رفتار پرتوهای کاتدی (الکترون ها) در لامپ پرتو کاتدی بود که در هر دو سر این لامپ یک الکترود پلاتینی کار گذاشته بود.
- او دید هنگامی که جریانی با ولتاژ بالا از این لامپ می گذرد، یونیزاسیون گاز موجود در لامپ موجب تولید نور کم سویی می شود.
- او لامپ پرتو کاتدی را در مقوای نازک سیاه رنگی پیچید تا از فرار نور که ممکن بود روی آزمایش هایش اثر داشته باشد جلوگیری کند. او سپس آزمایشگاه را تاریک کرد تا اطمینان یابد که هیچ نوری از پوشش مقوایی گذر نمی کند.
- او دریافت که نور از فلورسانس پرده ای پوشیده از سیانید پلاتین- باریوم سرچشمه می گیرد.

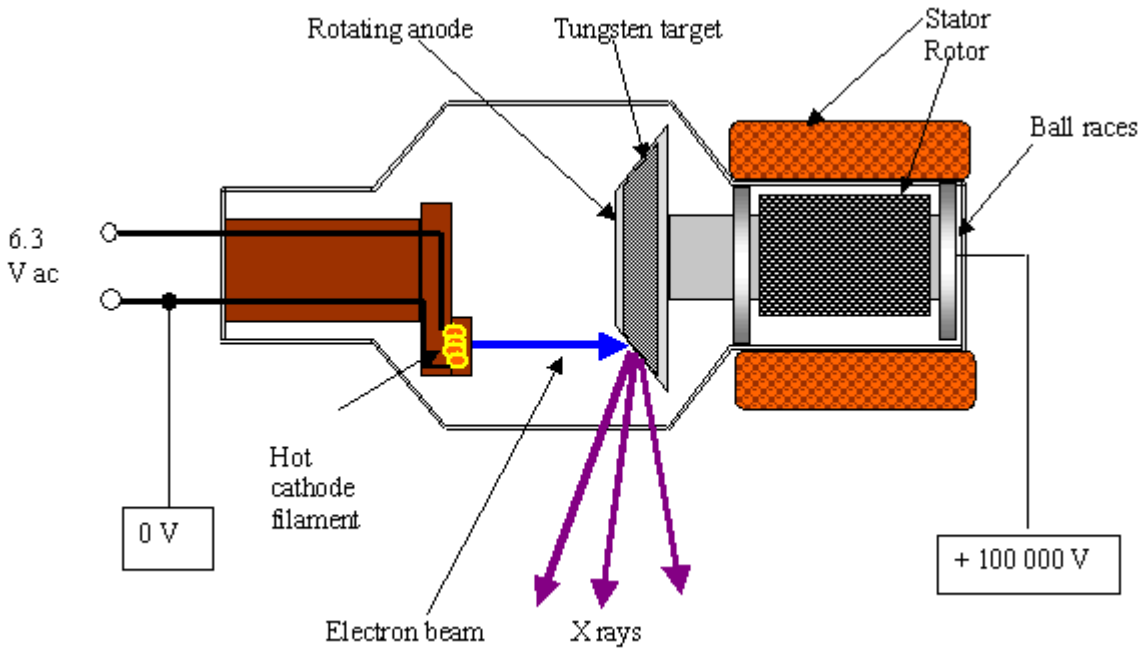
مقدمه

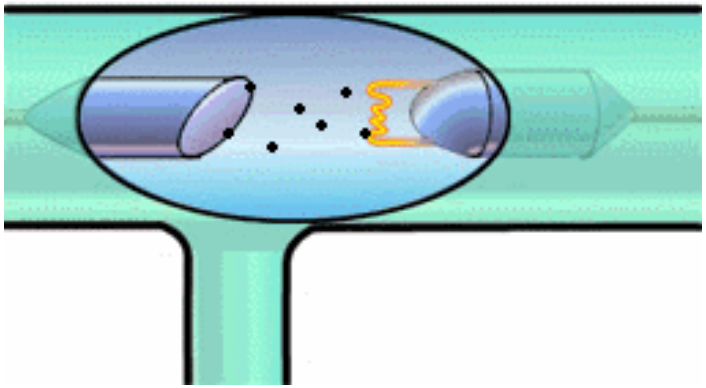
- از آن جایی که الکترون ها نمی توانستند از دیواره شیشه ای لامپ بیرون بروند، نتیجه گرفت که هنگام گذر جریان در لوله، گونه ای پرتو ناشناخته پدید آمده است.
- رونتگن اجسام گوناگونی را میان لامپ و پرده فلورسانت قرارداد. روشنایی لامپ با گذاشتن هر یک از این اجسام تغییر می کرد و این خود نشان می داد که پرتو از میان برخی اجسام آسان تر از دیگر اجسام گذر می کند. او دستش را میان لامپ و پرده قرار داد و با شگفتی دید که طرح استخوان بندی دستش روی پرده پدیدار شد.
- رونتگن مطالعاتش را در مورد این پرتوهای ناشناخته ادامه داد و در سال 1901 موفق به دریافت نخستین جایزه نوبل فیزیک گردید.

لامپ پرتو X

- پرتوهای X در فرایند تبدیل انرژی پدید می آیند و این هنگامی است که یک جریان الکترونهای پرسرعت، ناگهان به هدف تنگستنی (آند) یک لامپ پرتو رونتگن برخورد می کند و انرژی و سرعت آن به تندی کاهش می یابد.
- لامپ پرتو رونتگن از یک پوشش شیشه ای تهی از هوا که دارای دو الکترود می باشد، ساخته شده است. الکترودها به گونه ای طراحی شده اند که الکترون های تولید شده در کاتد (الکترود یا رشته منفی)، به وسیله یک اختلاف پتانسیل بالا به سوی آند (الکترود مثبت یا هدف) شتاب بگیرند.
- در این لامپ، الکترون ها به وسیله کاتد تنگستنی گداخته تولید می شوند و در طول لامپ شتاب می گیرند تا به هدف (آند) تنگستنی، یعنی جایی که پرتوهای رونتگن تولید می شوند، برخورد کنند.

لامپ پرتو X


Rotating anode
Tungsten target
Stator
Rotor
Ball races
6.3
V ac
Hot
cathode
filament
0 V
+ 100 000 V
Electron beam
X rays



لامپ پرتو x

پوشش شیشه ای

- پوشش شیشه ای لامپ پرتو x باید تهی از هوا باشد. اگر اندک هوایی وجود داشته باشد، الکترون هایی که به سوی آند (هدف) شتاب گرفته اند، با مولکول های هوا برخورد می کنند و انرژی خود را از دست می دهند. این عمل موجب تغییر گسترده ای در جریان لامپ و انرژی پرتوهای رونتگن تولید شده در لامپ می شود.
- هدف تهی سازی لامپ های پرتو x امروزی از هرگونه گاز این است که اجازه می دهد تعداد و سرعت الکترون های شتاب یافته به دلخواه کنترل شود.
- سیمهای ارتباطی در دیواره شیشه ای لامپ باید به خوبی آب بندی شود. هنگام کار لامپ، شیشه و سیم های رابط آن بسیار داغ می شوند. چون ضریب انبساط گرمایی بسیاری از فلزها بیشتر از شیشه است، بنابراین دمای بسیار بالا موجب شکسته شدن دیواره شیشه ای- فلزی می شود. در لامپ های رونتگن امروزی، بیشتر از آلیاژهای ویژه ای که ضریب انبساط گرمایی نزدیک به شیشه پیرکس دارند، استفاده می شود.

پوشش شیشه ای

مزیت استفاده از شیشه در بدنه محفظه:

- جذب کم پرتو x
- عایق الکتریکی بسیار خوب شیشه
- انتشار حرارتی مناسب آن
- به دلیل رسوب بخارهای تنگستن در سطح شیشه از سیم های فلزی در درون دیواره لامپ استفاده می شود تا از رسوب جلوگیری کند. اما چون اختلاف ضریب انبساط داخلی شیشه و فلز موجب ایجاد شکستگی در بدنه لامپ می شود، عموما از آلیاژهای خاصی مانند شیشه بروسیلیکات که ضریب انبساط خطی تقریبا مشابه فلز دارد در ساخت محفظه لامپ ها استفاده می شود.

لامپ پرتو x

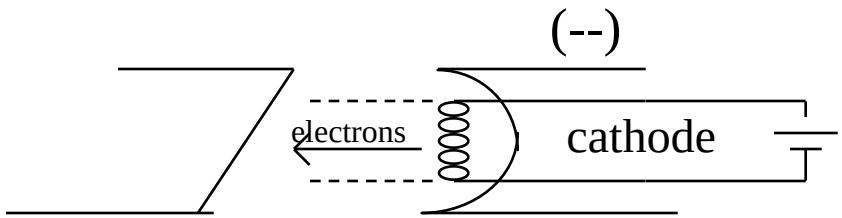
کاتد (Cathode)

- سر منفی لامپ های پرتو x کاتد (رشته یا فیلامان) نامیده می شود.
- فیلامان خود دارای ولتاژ (متوسط 10 ولت) و جریان (متوسط 3 تا 5 آمپر) است و به وسیله آنها گرم می شود.
- فیلامان سیمی است از جنس تنگستن که در اثر عبور جریان از آن گرم می شود و در اثر این دما تعدادی از الکترون های آن تا مسافت کمی از سطح فلز جدا می شوند. این فرایند تابش ترمویونیک نام دارد.
- برای وقوع تابش ترمویونیک و ایجاد تعداد مفیدی الکترون فیلامان باید تا 2200 درجه سانتی گراد گرم شود. به همین دلیل فیلامان را از جنس تنگستن می سازند، چون این ماده به راحتی به شکل سیم نازک و محکم در آمده و نقطه ذوب بالایی (3370 درجه سانتی گراد) دارد و همچنین مقدار کمی تبخیر می شود.

لامپ پرتو X

- کاتد (Cathode)
- الکترون های تابش شده در اطراف فیلامان ابر کوچکی به نام فضای بار (Space Charge) ایجاد می کنند. این ابر که دارای بار منفی است از تابش الکترون های دیگر از فیلامان جلوگیری می کند که به این اثر، اثر فضای بار (Space Charge Effect) می گویند. حال می توان با یک اختلاف پتانسیل مناسب این الکترون ها را به سمت آند شتاب داد.
- حال می توان با یک اختلاف پتانسیل مناسب این الکترون ها را به سمت آند شتاب داد.
- تعداد فوتون های اشعه X تولیدی به تعداد الکترون هایی که از کاتد به سمت آند حرکت می کنند بستگی دارد.
- جریان الکترون در سراسر یک لامپ پرتو X یک سویه است (همیشه از کاتد به آند).

What Is Happening In Cathode



Thermo ionic emission: when a metal is heated

its atoms absorb thermal energy and some electrons escape the metal surface.

لامپ پرتو X

- سرپوش کانونی
- به دلیل اینکه الکترون ها همگی دارای بار منفی هستند در طول مسیر به سمت آند از هم دور و پراکنده می گردند و سطح بزرگی از آند را بمباران می کنند که دلخواه نیست. به همین دلیل از سرپوش کانونی (Focusing Cap) که فیلامان را احاطه کرده استفاده می شود.
- این وسیله دارای پتانسیل منفی است و باعث به هم فشرده شدن الکترون ها می شود.
- این وسیله که از جنس مولیبدیم یا نیکل است با نیروی الکتریکی موجب کانونی شدن جریان الکترونی می شود. لامپ های امروزی دارای دو فیلامان کوچک و بزرگ می باشند. فیلامان بزرگ برای تابش های بیشتر و فیلامان کوچک برای تابش های کمتر کاربرد دارند.

لامپ پرتو x

- آند (Anode)
- قطب مثبت لامپ اشعه x است که به دو صورت ثابت و چرخان می باشد.

آند ثابت (Stationary anode)

- آندهای ثابت یک صفحه کوچک تنگستن به ضخامت 2 تا 3 میلی متر می باشند که در یک بلوک بزرگ مس قرار داده شده اند تا انتقال و دفع گرما به خوبی صورت بگیرد.
- صفحه تنگستنی به شکل مربع یا مستطیل است.
- زاویه آند نیز معمولا 15 تا 20 درجه است .با زاویه دادن هدف، سطح موثر برخورد الکترون ها افزایش یافته و گرمای ایجاد شده در سطح گسترده تری برای جلوگیری از ذوب شدن هدف پخش می شود.

آند ثابت

- به چند دلیل جنس آند از تنگستن انتخاب شده است:

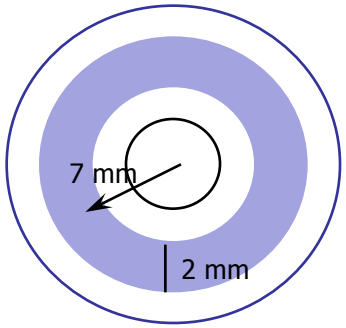
1. این ماده عدد اتمی بالایی (74) دارد و بنابراین کارایی تولید پرتو را بالا می برد.
2. نقطه ذوب بالای تنگستن (3370 درجه سانتی گراد) تحمل حرارتی خوبی به آن می دهد.
3. این ماده در جذب، انتقال و پراکنده سازی گرما نیز عملکرد خوبی دارد.

آند چرخان (Rotating anode)

- آند چرخان (Rotating anode)
- به دلیل اینکه در سیستم های قدرتمند امروزی گرمای زیادی در سطح هدف ایجاد می گردد، نیاز به روشی است که تحمل گرما را برای هدف آسان سازد، لذا آندهای ثابت جای خود را به آندهای چرخان دادند.
- این آندها مقاومت لامپ را در برابر گرمای زیاد ناشی از اکسپوژرهای طولانی افزایش می دهند.
- این آندها با سرعتی حداقل برابر 3000 دور در دقیقه می چرخند. هدف استفاده از آند چرخان پخش گرمای ایجاد شده در خلال یک اکسپوژر، در سطح بزرگی از آند است.
- به دلیل تابش الکترون ها به سطح آند پس از مدتی در سطح آن ناهمواری و و فرورفتگی هایی مشاهده می شود که این تغییرات فیزیکی ناشی از فشارهای حرارتی بوده و باعث کاهش خروجی لامپ اشعه می شوند به همین دلیل در ساخت آند مقداری رنیوم به تنگستن اضافه می کنند تا مقاومت سطحی آن افزایش یابد.

(Rotating anode) آند چرخان

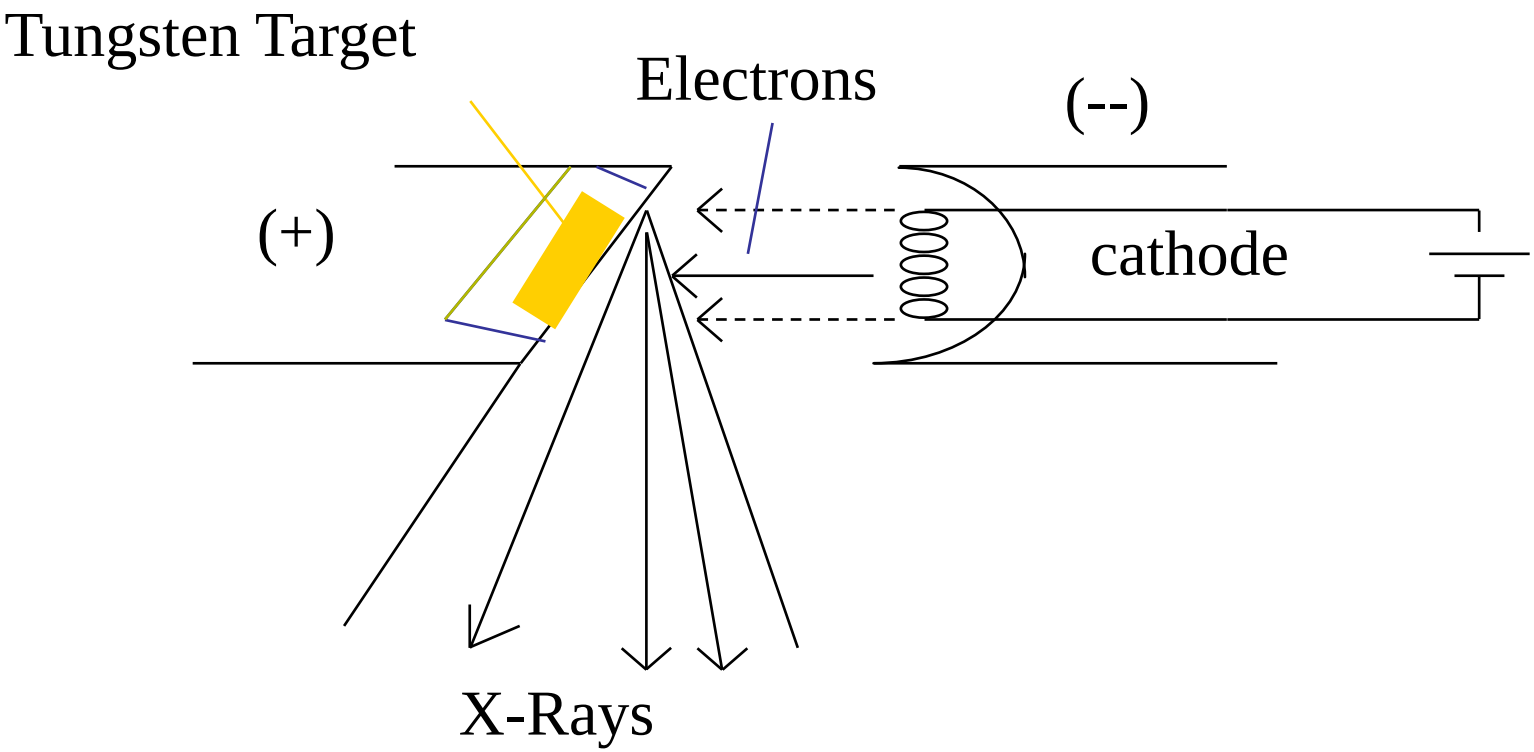
Rotating Anode:



Disk-shaped, rotating anode allows heat to be spread over a much larger surface

What Is Happening In Anode

High-speed electrons collide with the tungsten atoms.



Useful Formulas

keV, kV_P , s (sec), and mA are the units particularly suited to x-ray physics;

$E(keV) = 12.4/\lambda(angstrom)$

1 angstrom $=10^{-10}$ m

1 eV = 1.6 X 10^{-19} joules

1 joule = 1 coulomb X 1V

1 cal = 4.184 joule

1 ampere = 1 coulomb/sec

اثر پاشنه (Heel effect)

- اثر پاشنه (هیل) یکی از دست آوردهای ناخواسته زاویه دار کردن هدف است.
- شدت دسته پرتو رونتگن که از لامپ بیرون می آید، در همه قسمت های دسته پرتو یکسان نیست.
- شدت دسته پرتو به زاویه ای که در آن پرتوهای رونتگن از نقطه کانونی تابیده می شود بستگی دارد. این نایکسانی اثر پاشنه نامیده می شود.

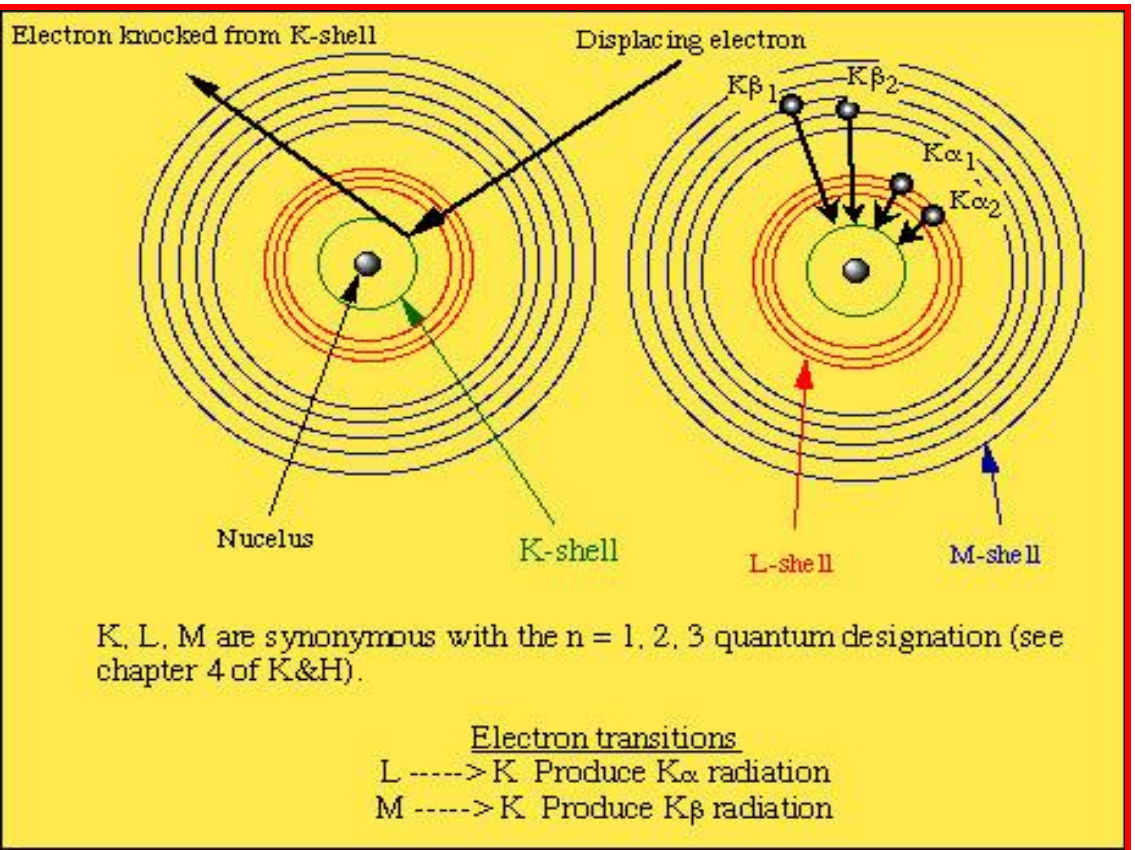
اثر پاشنه (Heel effect)

- جنبه بالینی اثر هیل:
- پرتوگیری فیلم در سوی آند لامپ به گونه ای چشمگیر کمتر از سوی کاتد می باشد. از این عامل برای بدست آوردن چگالی یکنواخت در پرتونگاری های بخش های مختلف بدن با ضخامت های متفاوت استفاده می شود، به عبارت دیگر، در رادیولوژی این تفاوت شدت ها برای از میان بردن اثر تفاوت ضخامت بافت ها به کار می رود. قاعده ریه ها ضخیم تر از راس آنها می باشد. بنابراین در تصویربرداری، کاتد در سمت قاعده ریه و آند را در سمت راس قرار می دهند. بخشهای ضخیم تر باید در سوی کاتد قرار گیرند.
- این کار در ماموگرافی نیز انجام می شود.

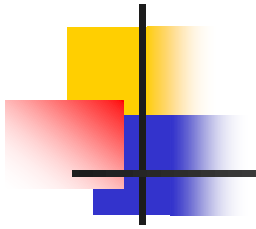
سازوكار توليد پرتوهاي ايكس

- توليد پرتوهاي ايكس از منظر اتمي:

1. تابش ترمزي Bremsstrahlung
2. تابش اختصاصي



X rays generation



- X rays are generated by interactions between the
- energetic electrons and atoms of the target.

- The interactions result x rays in two ways:

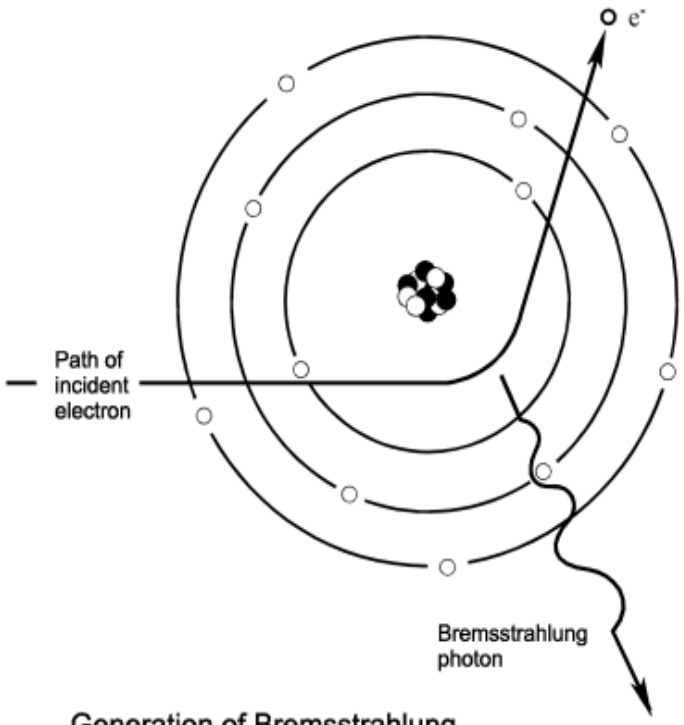
1) Bremsstrahlung

2) Characteristic radiation

مکانیسم تولید پرتو X

- هنگامی که یک جریان الکترونی با سرعت زیاد به هدف برخورد کند، شتاب خود را از دست داده و با تبدیل انرژی، ایجاد اشعه ایکس می کند.
- به طور کلی پرتو X در اثر دو فرایند تولید می شود:

1. پدیده ترمزی (برمشترالانگ): در این پدیده الکترون ها به دلیل انرژی جنبشی که دارند به داخل اتم های آند وارد می شوند و تحت تاثیر میدان اتم های سنگین هدف از مسیر اولیه منحرف شده و دارای تغییر سرعت و کاهش انرژی می شوند. این انرژی به صورت پرتو تابیده می شود.



Generation of Bremsstrahlung

اشعه ایکس ترمزی (برمشترالانگ)

- در این فرایند راندمان تولید اشعه بسیار کم می باشد.
- در این طیف ماکزیمم انرژی مربوط به الکترونی است که بیشترین انحراف را توسط هسته داشته و هیچ گونه اتلافی در انرژی آن صورت نپذیرفته است.
- مینیمم انرژی نیز مربوط به مواد جاذب سر راه فوتون ها است که چه کسری از انرژی آنها را جذب کرده اند.
- قله انرژی نیز مربوط به بالاترین انرژی اعمالی به تیوب است.

مثال

- X-ray tube voltage is expressed as the peak kilovoltage (kVp), (eg; 100 kVp)
- **حداكـــثر انرژي فوتون x زماني اتفاق مي افتـد كه الكترون توسط اولين اتم متوقف شود، در نتيجـه فوتونـــي با حداقل طول مـوج ايجاد مي شود و بستگـــي به اختلاف پتانسيل** (High Voltage) **يعني** KVp **دارد.**
- **بعنوان مثال طول موج** X-ray **با** KVp=100 **برابر است با :**

$$\lambda_{min} = \frac{1.24}{kvp} = \frac{1.24}{100} = 0.0124\ nm = 0.124\ A^{0}$$

مکانیسم تولید پرتو X

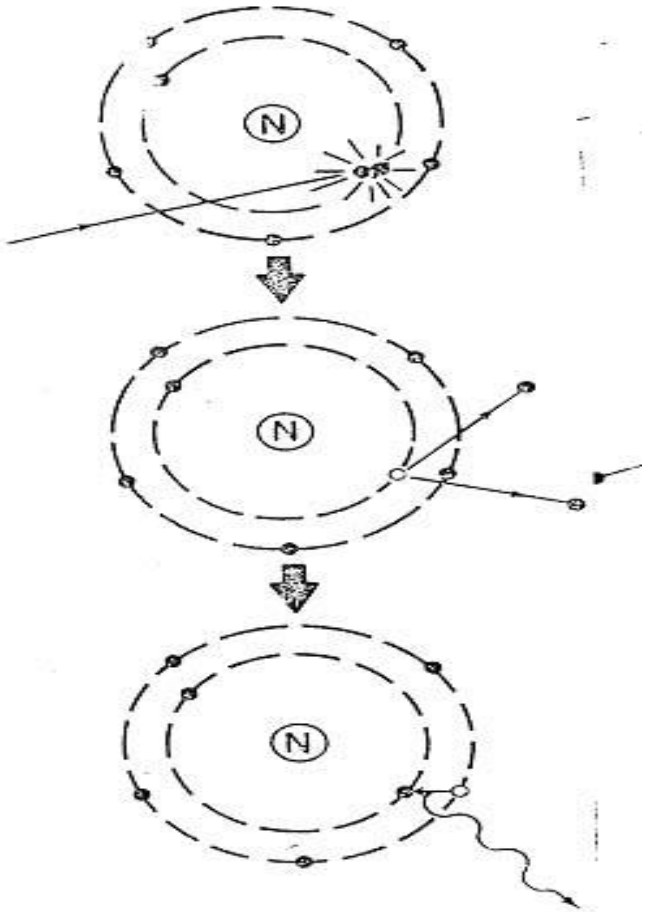


Figure 2–13 The production of characteristic radiation

2. پدیده تابش اختصاصی: در این پدیده الکترون های تابیده شده از فیلامان به الکترون های مدارهای داخلی اتم های هدف نظیر k برخورد می کنند و باعث کنده شدن این الکترون ها از مدار مربوطه می شوند و لذا در این لایه یک حفره به وجود می آید. با پُرشدن این حفره توسط الکترون های لایه های بالاتر، اختلاف انرژی دو لایه به صورت فوتون از ماده هدف خارج می شود.

کیفیت و کمیت پرتوهاي ایکس

- تولید پرتوهای x در لامپهای ایکس دارای دو فاکتور کمی (Quantitative) و کیفی (Qualitative) می باشد.
- فاکتور کیفیت پرتو ایکس، توان نفوذپذیری پرتو را نشان می دهد.
- برای شناخت درست این فاکتور پرتو ایکس باید طیف پرتوهای به دست آمده را بررسی کرد و چون پرتو ایکس تک انرژی نمی باشد و فوتون های آن دارای انرژی از یک کمینه تا یک بیشینه است، می توان برای نشان دادن ویژگی نفوذپذیری از بیشینه انرژی فوتونها استفاده کرد.
- این انرژی بیشینه با بیشترین اختلاف پتانسیل دو سر لامپ که الکترونها را سرعت می دهد (kVp) نشان داده می شود.

کیفیت و کمیت پرتوهاي رونتگن

- برای مقایسه انرژی و بنابراین نفوذپذیری پرتوهای ایکس، لایه نیم جذب (HVL) به کار می رود.
- انرژی متوسط پرتوهای ایکس برابر است با $1/3\ E_{max}$.
- فاکتور کمی، تعداد فوتونهای پرتو ایکس را نشان می دهد.
- گاهی به جای کمیت از شدت پرتو استفاده می کنند که برابر است با حاصل ضرب تعداد فوتونها در انرژی آنها، یعنی؛ (I= N.hf).
- تعداد فوتونهای پرتو ایکس به تعداد الکترونهایی بستگی دارد که آند را بمباران می کنند، بنابراین چون حرکت این الکترونها جریان الکتریکی را در دستگاه به وجود می آورد، می توان به طور غیرمستقیم کمیت پرتو رونتگن را با میلی آمپر (mA) جریان میان آند و کاتد سنجید.
- اندازه کمیت پرتو ایکس به عدد اتمی ماده هدف و هم چنین به توان دوم (kVp) بستگی دارد.

شدت دسته پرتو x

- شدت یک دسته پرتو x عبارت از حاصلضرب تعداد فوتونهای موجود در دسته پرتو و انرژی هرکدام از فوتونها می باشد.
- شدت پرتو عموما برحسب رونتگن در دقیقه (R/min) اندازه گیری می شود و برحسب کیلوولتاژ، جریان لامپ پرتو x ، نوع ماده هدف و فیلتراسیون تغییر می نماید.
- جنس ماده هدف: جنس ماده ای که در هدف استفاده می شود میزان تشعشعاتی (کمیت) را که بوسیله اعمال یک کیلوولتاژ معین تولید می گردد، تعیین می نماید.
- به هر میزان که عدد اتمی اتمهای هدف بیشتر باشد، بازده تولید پرتوهای x بیشتر خواهد بود. برای نمونه، اگر از تنگستن (Z=74) و قلع (Z=50) در هدف لامپ پرتو x استفاده شود، در مقادیر مشابه پتانسیل (kVp) و جریان (mA) پدیده برمشترالانگ در تنگستن نسبت به قلع بیشتر رخ می دهد.

شدت دسته پرتو x

- بنابراین در طیف پیوسته، عدد اتمی ماده هدف تا حدودی کمیت پرتو x تولیدی را تعیین می نماید.
- را بطه بین عدد اتمی ماده هدف و تولید پرتو x اختصاصی کاملا متفاوت می باشد. عدد اتمی ماده هدف انرژی یا کیفیت پرتو x اختصاصی تولید شده را تعیین می نماید. برای نمونه، انرژی پرتو x اختصاصی مربوط به لایه k در تنگستن از 57 تا 69 کیلو الکترون ولت متغیر است در حالیکه برای قلع (Z=50) از 25 تا 29 الکترون ولت و برای سرب (Z=82) بین 72 و 88 کیلوالکترون ولت متغیر می باشد.
- هدف هایی از جنس مولیبدنیوم: در آندی که از ماده ای با عدد اتمی بالا مانند تنگستن ساخته شده است تقریبا تمام دسته پرتو x شامل تشعشع برمشترالانگ می باشد. میزان تشعشعات اختصاصی بسته به ولتاژ لامپ متغیر است، اما هیچگاه درصد بزرگی از کل پرتو را تشکیل نمی دهد.

شدت دسته پرتو X

- بنابراین در آندهایی که ماده سازنده آن دارای عدد اتمی پایین تری باشد، تولید برمشترالانگ کمتر است و هم چنین با کم شدن ولتاژ بازده ان کاهش می یابد. بکارگیری یک آند با عدد اتمی پایین همراه با ولتاژ کم، کارایی تولید برمشترالانگ را به حدی پایین می آورد که در آن تشعشع اختصاصی اهمیت بیشتری به خود می گیرد.
- به طور خلاصه عدد اتمی ماده هدف کمیت (تعداد) تولید برمشترالانگ و کیفیت (انرژی) تشعشع اختصاصی را تعیین می نماید.

شدت دسته پرتو x

- ولتاژ (kVp) اعمال شده: انرژی فوتونهای تابشی از لامپ پرتو x به انرژی الکترونهایی که آند را بمباران می کنند بستگی دارد. انرژی الکترونها به نوبه خود به وسیله بیشینه ولتاژ (kVp) مورد استفاده مشخص می شود.
- بنابراین میزان kVp بیشینه انرژی (کیفیت) پرتو x تولیدی را مشخص می سازد. هم چنین kVp بالاتر کمیت پرتوهای x تولیدی را افزایش می دهد. مقدار تشعشع تولید شده با مربع کیلوولتاژ افزایش می یابد:

شدت پرتو متناسب با $(kVp)^2$ می باشد.

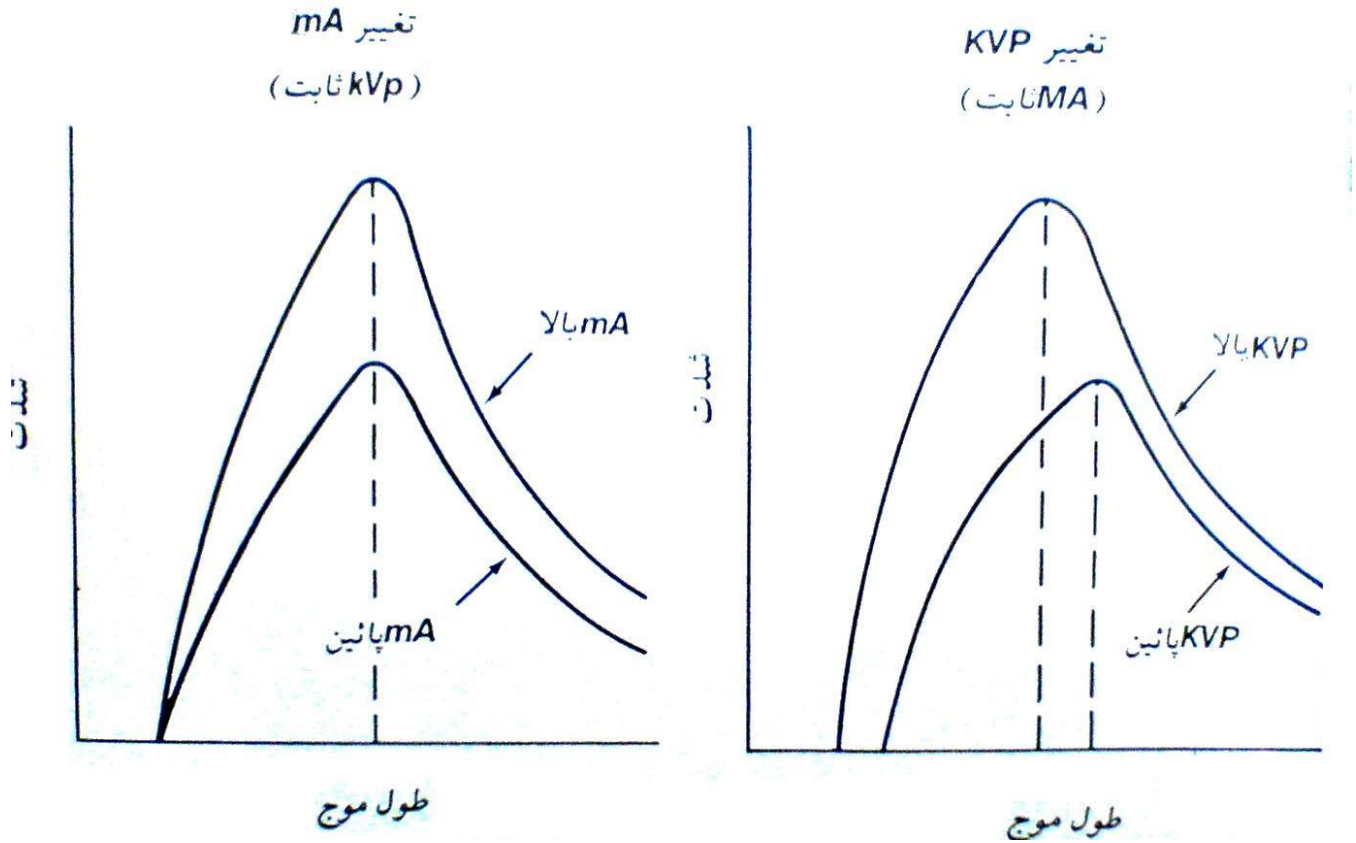
شدت دسته پرتو X

- جریان لامپ پرتو x: تعداد فوتونهای پرتو X تولید شده به روشنی به تعداد الکترونهایی که به هدف لامپ پرتو X برخورد می کنند بستگی دارد. تعداد این الکترونها به طور مستقیم به جریان لامپ (mA) مورد استفاده بستگی دارد.

- به هر میزان که mA زیادتر باشد، الکترونهای بیشتری تولید می شوند و در نتیجه پرتو X بیشتری نیز تولید خواهد شد.

اثر پتانسیل و جریان لامپ روی کیفیت و شدت دسته پرتو x

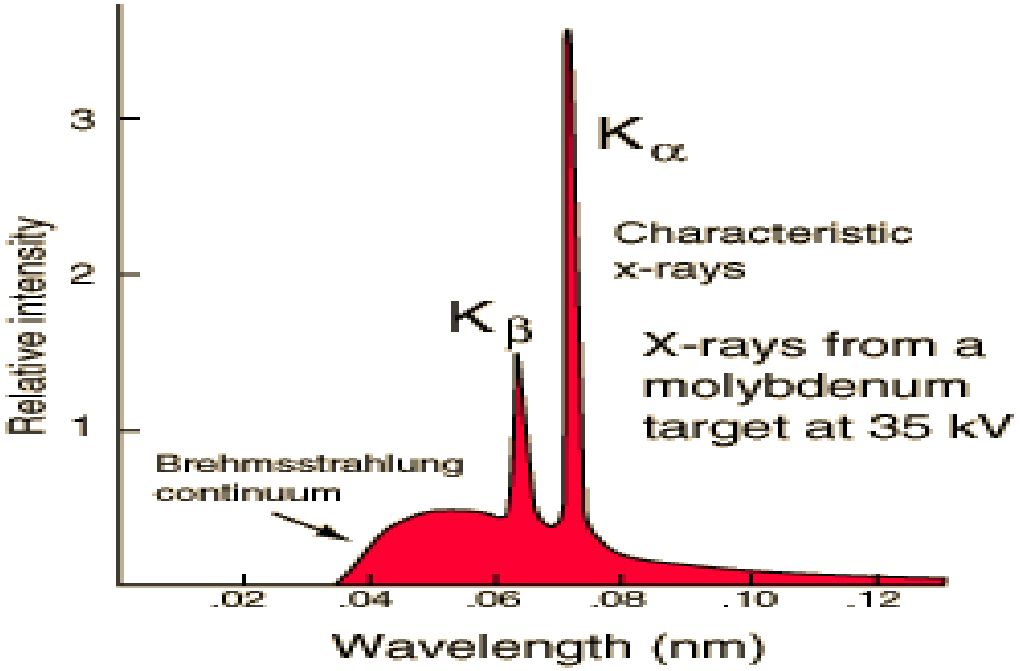
- اثر اختلاف پتانسیل لامپ پرتو x (kVp) و جریان لامپ (mA) روی طول موج (کیفیت) و شدت دسته پرتو x در شکل زیر ترسیم شده است.



mA

- **mA - milliamperage**: Number of electrons traveling from cathode to anode.
- mA describes x-ray tube current.

بيناب پرتوهاي ايكس



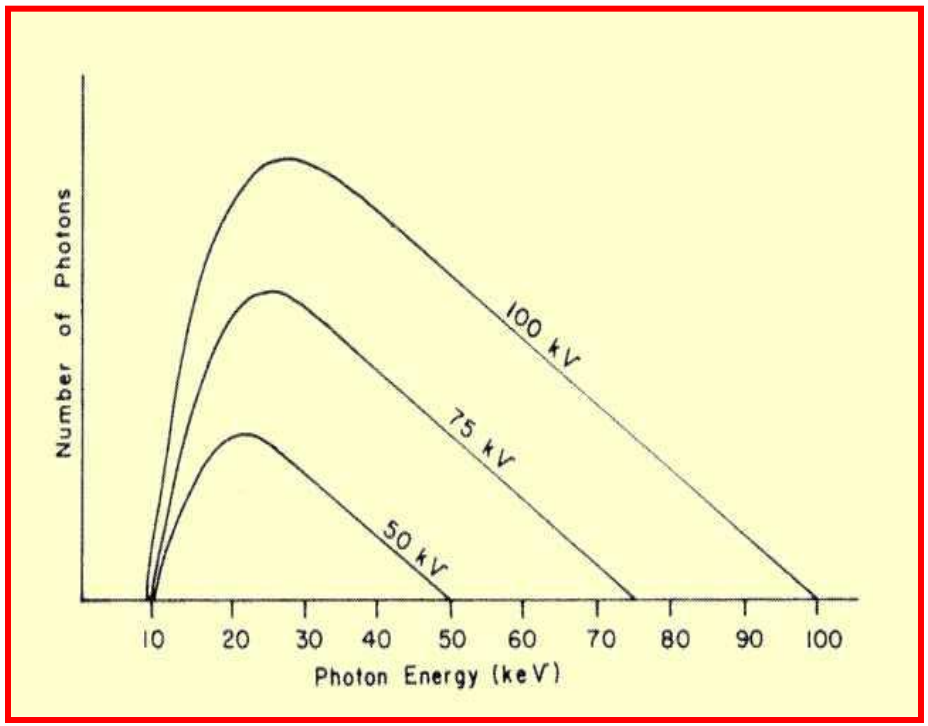
طيف پرتوهاي ايكس
تابش ترمزي داراي طيف پيوسته است.
تابش اختصاصي داراي طيف خطي است.

فاکتورهای موثر در طیف پرتو ایکس

1- ولتاژ اعمال شده (KVp)
2- جریان لامپ اشعة ایکس
3- جنس ماده هدف
4- تأثیر فیلتر (صافي) اضافي
5- شکل ولتاژ میان آند و کاتد

عوامل تاثیر گذار بر بیناب پرتوهاي ایکس

1. اختلاف پتانسیل دو سر لامپ (kVp):
   - هرچه kVp بیشتر باشد حرکت منحنی به سوی انرژی های بزرگ تر بیشتر است.



عوامل تاثير گذار بر طيف پرتوهاي ايكس

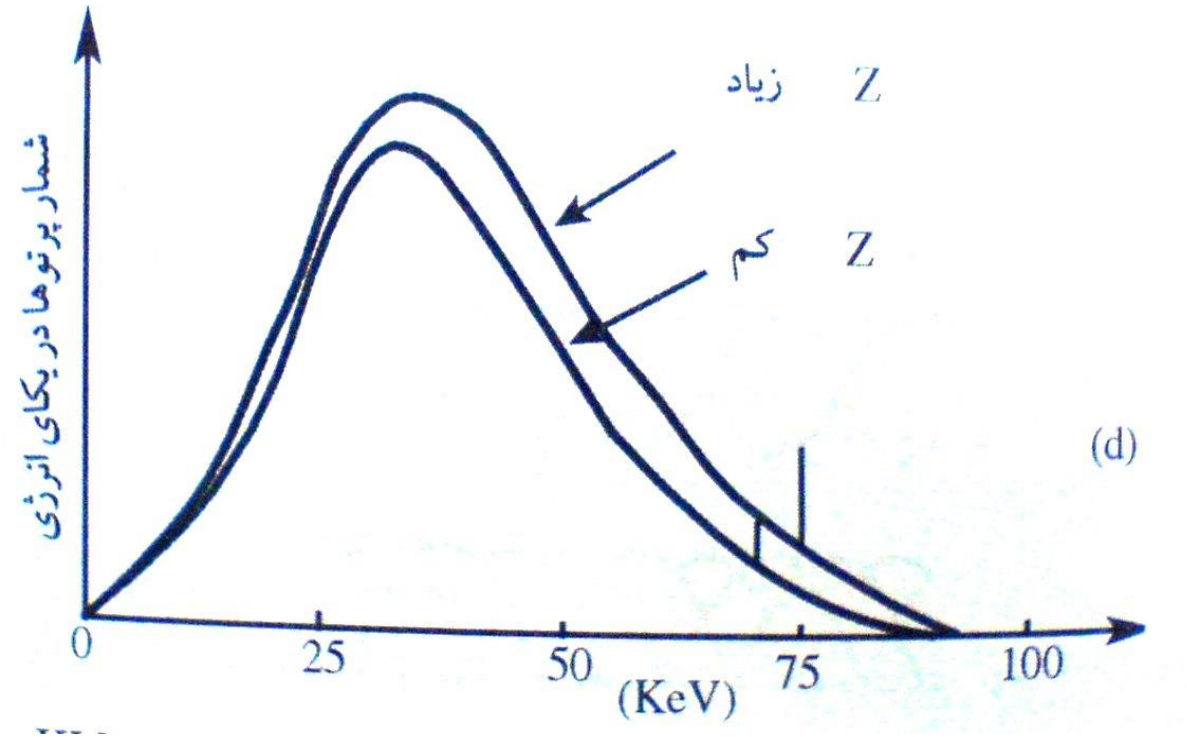
2. جريان لامپ (mA):

- جريان لامپ در دامنه طيف موثر است.
- جريان لامپ تعداد الكترون هايي است كه از كاتد به آند حركت مي كنند.
- جريان لامپ تابعي از جريان فيلامان است.

عوامل تاثیر گذار بر طیف پرتوهای ایکس

3. جنس هدف (Z):

n عدد اتمی ماده هدف بر دامنه طیف و جایگاه طیف ناپیوسته موثر است.



عوامل تاثیر گذار بر طیف پرتوهاي ایکس

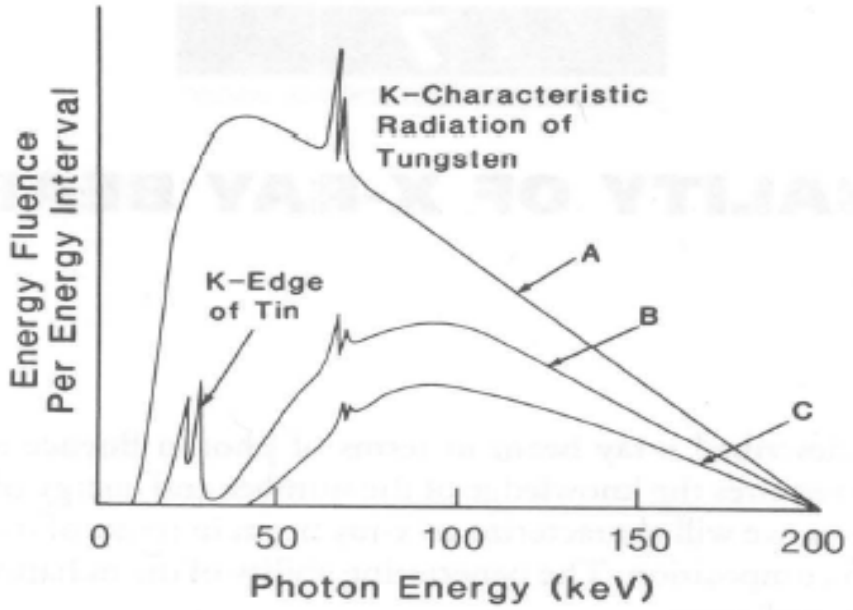


FIG. 7.1. Schematic graph showing changes in spectral distribution of 200 kVp x-ray beam with various filters. *Curve A* is for Al, *curve B* is for Sn + Al, and *curve C* is for Sn + Cu + Al.

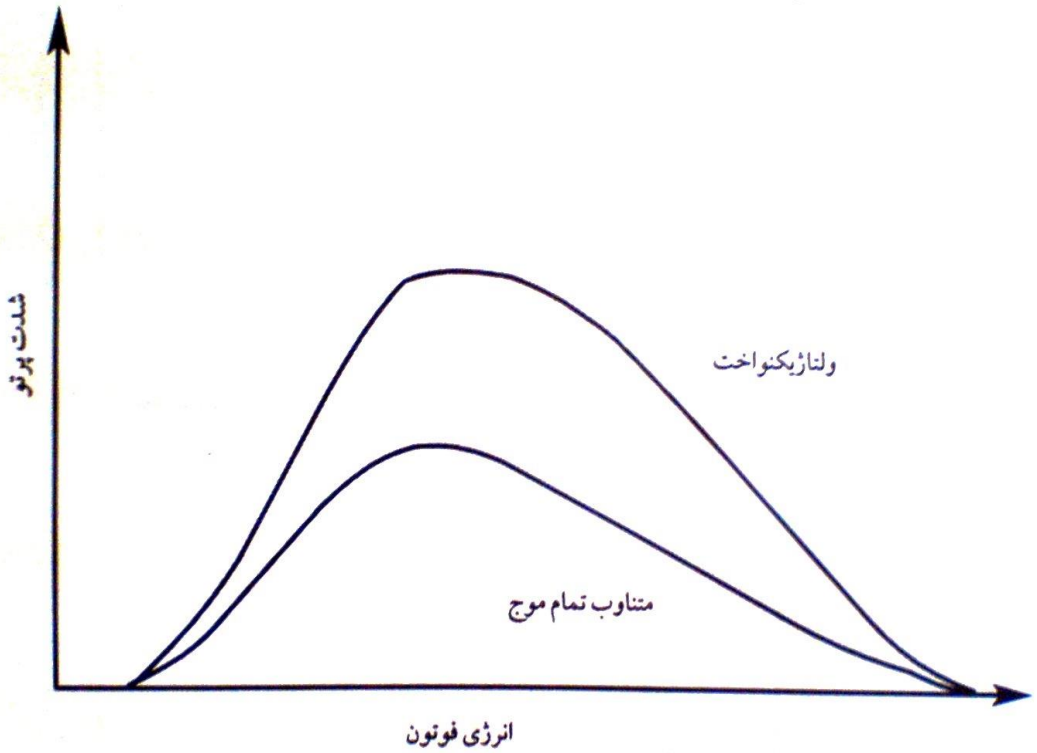
4. فیلتر:

- فیلتر روی دامنه طیف به ویژه در انرژی های پایین اثر دارد و با افزایش ضخامت فیلتر جایگاه نسبی قله به سمت انرژی های بالا تغییر می کند. این تغییر ممکن است به اندازه چند ده kVp باشد. در این حالت E_{max} تغییر نخواهد کرد.

عوامل تاثیر گذار بر طیف پرتو هاي ایکس

5. شکل ولتاژ:

- می توان یک لامپ پرتو ایکس را با بکارگیری جریان برق یکنواخت و متناوب به کار انداخت.
- کمیت یا شدت فوتونها در جریان برق متناوب کوچک تر از جریان یکنواخت است و علت آن هم کم بودن زمان ورود به اندازه بیشینه یا قله ولتاژ متناوب نسبت به ولتاژ یکنواخت است.



شکل (۲۲-۵) تأثیر نوع برق در چندی (کمیت) فوتونهای رنتگن.

شدت اشعه (Intensity)

- شدت اشعه (Intensity) عبارت است از ، حاصلضرب تعداد فوتون ها (N) در انرژی هر فوتون (hf) برای هر یک از کیلو ولت ها :
- $I=N\times hf$

تضعیف (Attenuation)

- عبارت است از کاهش شدت یک دسته اشعه X در هنگام عبور از ماده که به سبب جذب در ماده و یا تفرق فوتون های دسته اشعه X ایجاد می شود .
- تضعیف باعث تغییر در شدت اشعه X شده و در نتیجه تضعیف هم به کمیت و هم به کیفیت فوتون ها بستگی دارد .

ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

- ضریب تضعیف خطی برابر است با کسری از انرژی پرتو تابشی که بوسیله هر سانتیمتر از ماده جاذب حذف می گردد .

ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

- برای نشان دادن اهمیت کاربرد ضریب تضعیف خطی (μ) ، نحوه کاهش شدت یک شعاع پرتو X به وسیله افزودن لایه های یک سانتیمتری ماده جاذب مورد بررسی قرار می گیرد .
- $N=N_0.e^{-\mu x}$
- N = تعداد فوتونهای خروجی از لایه جاذب به ضخامت X، X= ضخامت ، μ= ضریب جذب خطی
- N0 = تعداد فوتونهای تابشی
- e= پایه لگاریتم طبیعی (2.7)

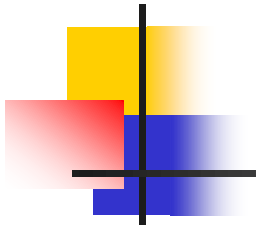
ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

- این رابطه یک معادله نمایی یا اکسپونانسیل است که برای محاسبه میزان جذب اشعه به وسیله هر مقدار ضخامت از ماده جاذب قابل استفاده می باشد .
- این بدان معناست که حتی با استفاده از لایه های بسیار ضخیم، باز هم مقداری اشعه خروجی خواهیم داشت . (از نظر تئوریک هرگز همه اشعه جذب نمی گردد .)

ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

- مثال : درصد اشعه خروجی از یک لایه جاذب به ضخامت 16cm با $\mu=0.1cm^{-1}$ را حساب کنید .
- $\mu x=0.1cm^{-1}\times 16cm=1.60$
- $\longrightarrow$
- $e^{-\mu x}=e^{-1.6}=0.202$
- درصد اشعه خروجی

$N/N_0\times 100=100\times 0.202=20.2$



|فوتونها ممکن است در اثر برخورد های مختلف نظیر تولید جفت یون، کمپتون و فتو الکتریک کاهش یابند بنابراین ضریب کاهش خطی برابر است با مجموع ضرایب کاهش مربوط به هر برخورد.

$$\mu = \mu_{pe} + \mu_{sc} + \mu_{pp}$$

ضرایب کاهش جرمی

Mass Attenuation Coefficient

ضریب کاهش جرمی با μ_m نمایش داده می شود و برابر است با ضریب کاهش خطی تقسیم بر دانسیته ماده.

$$\mu_m(cm^2/g) = \frac{\mu(cm^{-1})}{\rho(g/cm^3)}$$

لایه نیم جذب(H.V.L)

- ضخامتی از یک ماده جاذب است که مقدار اشعه تابشی را به نصف کاهش می دهد .
- $N = N_0/2$ و $X = d_{1/2}$
- لایه نیم جذب قدرت نفوذ یا کیفیت اشعه را بر حسب ضخامت بیان می کند.
- اجسامی که برای اندازه گیری H.V.L انتخاب می شوند بر حسب انرژی متفاوتند :
- برای اشعه x تولید شده در ولتاژ تا 30-150 kv آلومینیوم
- برای اشعه x تولید شده در ولتاژ تا 120-600 kv مس
- برای اشعه x تولید شده در ولتاژ تا 500 kv تا 2MV سرب

لایه نیم جذب(H.V.L)

$$HVL = \frac{ln\,2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu}$$

مقادیر HVL پرتوهای ایکس در بافت نرم و استخوان		
X-ray energy (keV)	HVL, muscle (cm)	HVL, bone (cm)
30	1.8	0.4
50	3.0	1.2
100	3.9	2.3
150	4.5	2.8

ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

- رابطه بین H.V.L و μ چنین است :
- $N=N_0\ e^{-\mu x}$
- $N_0/2=N.e^{-\mu d1/2}$
- $½=e^{-\mu d1/2}$ (از طرفین لگاریتم می گیریم)
- $-ln2= -\ \mu^{d1/2}$
- $H.V.L= Ln2/\mu= 0.693/\mu$

ضریب تضعیف (یا ضریب جذب خطی)

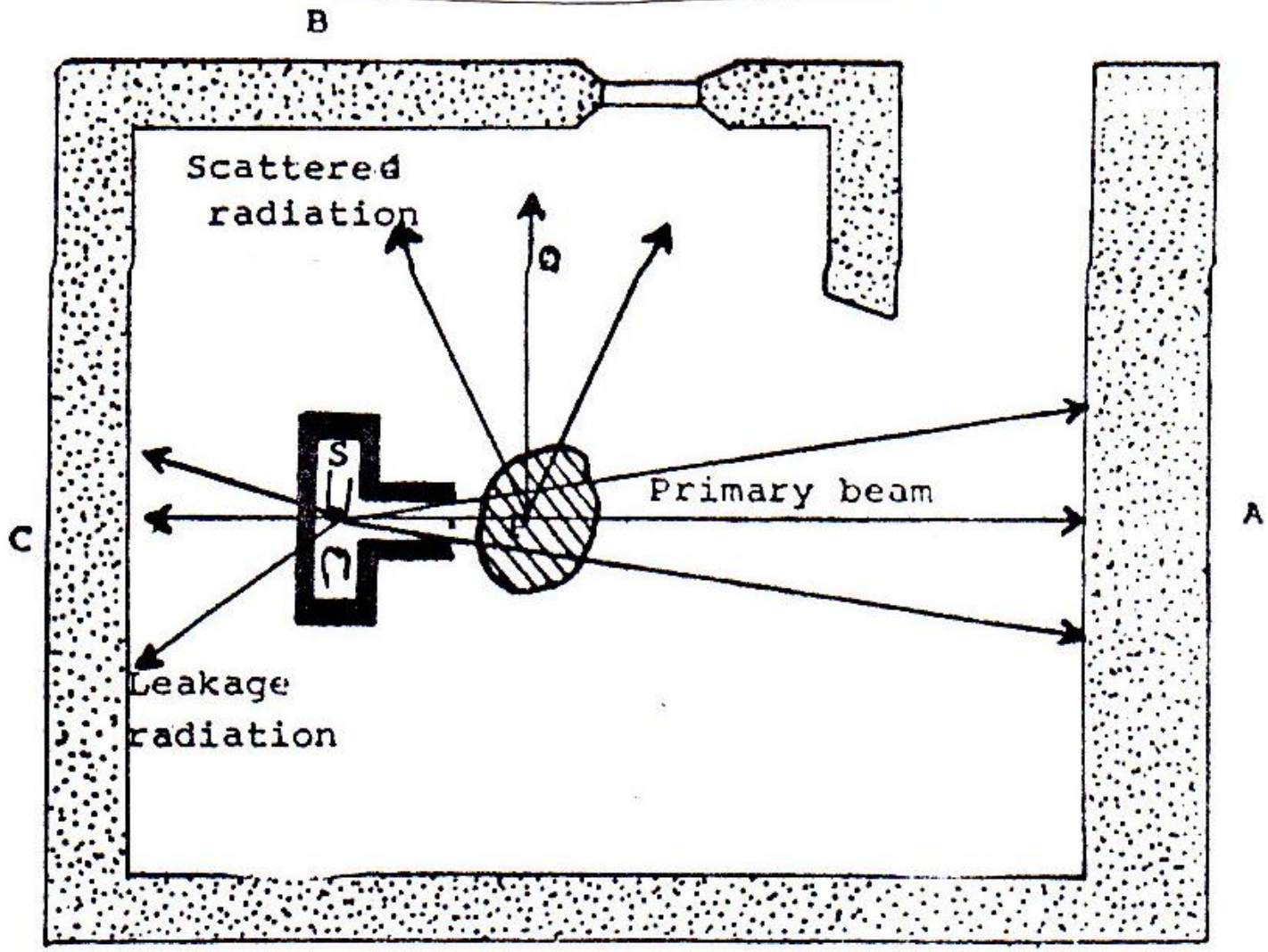
- مثال : اگر H.V.Lتابش تحت ولتاژ 200 KV تولید شده برابر با 1/5 mm مس باشد ضریب جذب مس را برای این اشعه حساب کنید .

- $\mu = 4/62 \ cm^{-1}$

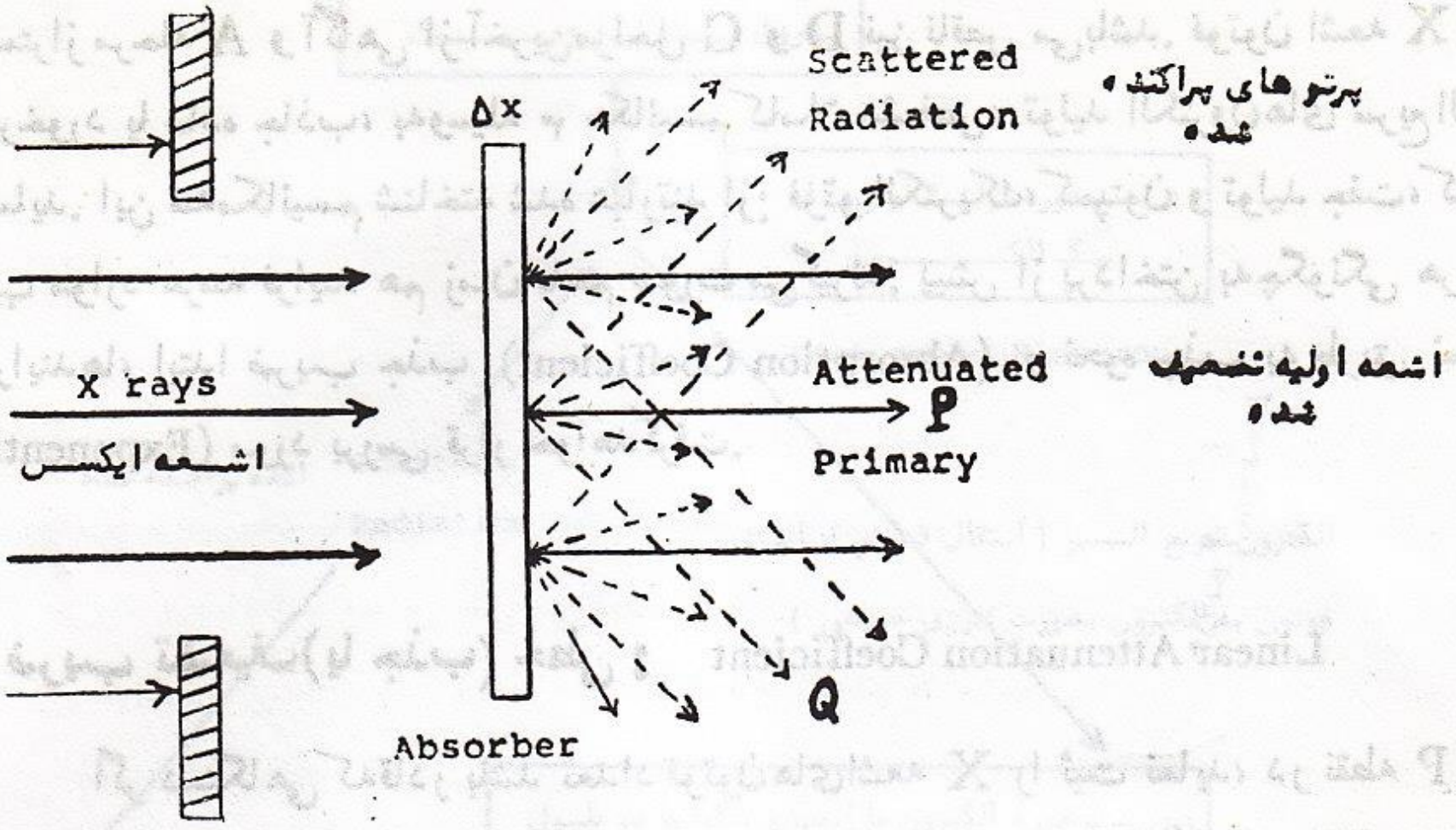
- با قراردادن یک H.V.L شدت به نصف و با قرار دادن لایه ای از جسم به ضخامت 2 H.V.L به یک چهارم کاهش می یابد .

- بنابراین لایه یک چهارم جذب یا Q.V.L (Quarter value Layer) دو برابر ضخامت H.V.L را دارا است .

- T.V.L (Ten value Layer) چیست؟



شکل (۱): نحوه طراحی دیوارهای یک اطاق رادیوگرافی، جهت حفاظت افراد در برابر تشعشعات اولیه (Primary) ، پراکنده شده (Scattered) و نشت کننده از داخل تیوپ (Leakage).



شکل (۱) : چگونگی کاهش شدت اشعه در نقطه P توسط ماده جاذب به ضخامت ΔX ونحوه تولیدپرتوهای پراکنده‌شده (Scattered radiation).

*- اگر یک قطعه سربی به ضخامت 8Cm ، 99% پرتو گاما را کاهش دهد لایه نیمه جذب (HVL) و ضریب جذب خطی آن را حساب کنید.

$$I=I_0 e^{-\mu x}$$

$$\mu= 0.58 \ (1/cm)$$

جواب قسمت ب:

$$HVL= 0.693/\mu= 0.693/0.58=1.2Cm$$

2- چند درصد از پرتوهای گاما از یک صفحه آلومینیم با ضخامت 2mm و ضریب جذب خطی (1/cm) 3 عبور می کند؟

جواب:

= 54.8%