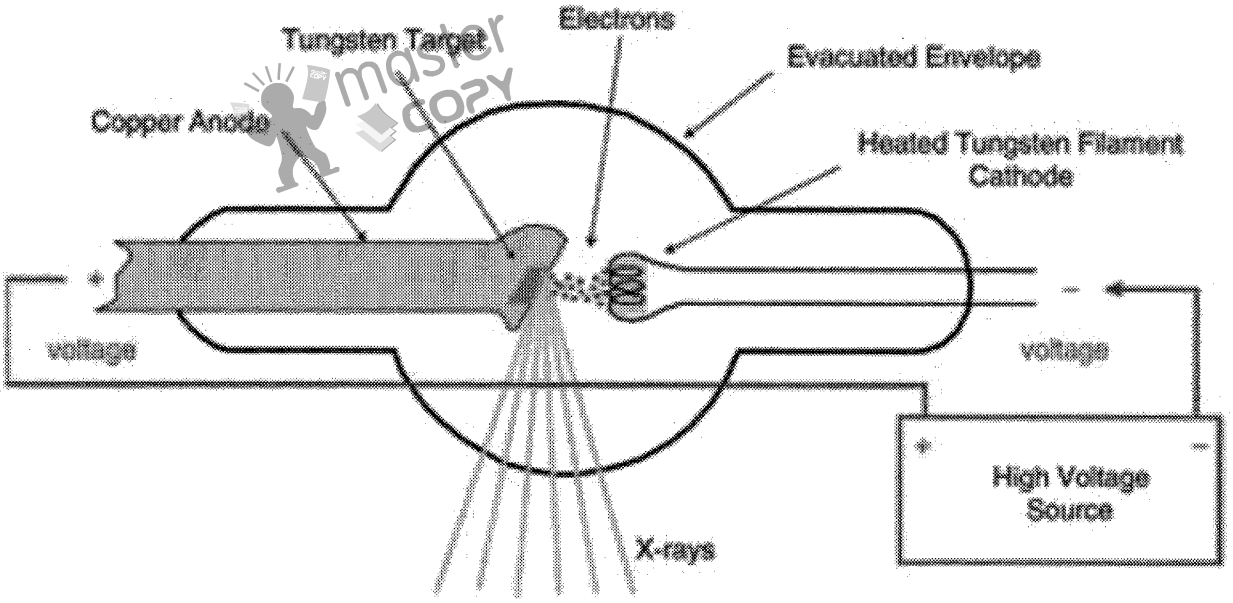
RADIAZIONI-6/03/2019

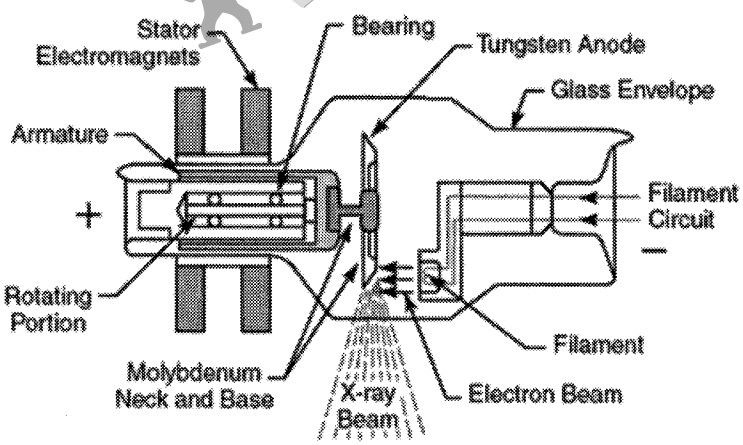
PRODUZIONE DI RAGGI X
È alla base delle procedure diagnostiche e terapeutiche.

Tubo a raggi catodici
È un sistema sottovuoto spinto al cui interno troviamo un filamento ed una targhetta in tungsteno (si usa il tungsteno perché è un materiale ad alto punto di fusione, oltre 3000°C).



Nota: perché la corrente elettrica si trasferisce tramite linee ad alta tensione? Per minimizzare la dispersione di energia sotto forma di calore. Se la corrente è alta e la tensione è bassa allora ho un forte riscaldamento.

Nel caso del tubo radiogeno lavoriamo proprio ad alta corrente e bassa tensione perché vogliamo scaldare il filamento di tungsteno fino al raggiungimento dell'**effetto termoionico**: applico una ddp pari a 100kV che induce un rilascio di elettroni di ionizzazione del conduttore per effetti termici, ovvero gli elettroni si allontanano dal materiale stesso formando una sorta di nuvola elettronica. Questa viene incanalata verso la targhetta che diventa un anodo.
Gli elettroni, viaggiano nel vuoto, quindi non perdono energia e infatti sbattono contro la targhetta di tungsteno con una energia pari a 100 KeV.



Quando gli elettroni si scontrano con la targhetta hanno tutti la stessa energia di 100 keV (mentre i raggi X che producono hanno uno spettro continuo, 100 keV è però la massima energia che possono avere tali raggi X) e provocano tre effetti:
1.Produzione di calore: quindi è essenziale smaltire tale calore perché altrimenti fondiamo la targhetta, infatti nel modello

più reale del tubo, l'anodo è montato su un disco rotante e ciò fa in modo che il punto in cui incidono gli elettroni cambi continuamente senza quindi indurre surriscaldamento. È importante che la velocità di rotazione del disco sia corretta, per evitare surriscaldamenti locali.
Il fascio di elettroni che incide sul disco rotante ha una forma rettangolare, ma il paziente vede il rettangolo come un quadratino, un punto. Noi vogliamo che la sorgente di radiazione sia più puntiforme possibile per massimizzare la misurazione, però vogliamo anche che la regione di incidenza del fascio di elettroni sia il più grande possibile in modo da disperdere calore su un'area maggiore → bisogna trovare un compromesso tra queste due esigenze e per farlo si usa un anodo inclinato (tecnica della macchia focale, macchia focale è la zona di conduzione degli elettroni).

Il tubo radiogeno è inserito in un contenitore con un bagno d'olio. Viene scelto l'olio perché isola dalla ddp di 100 kV, quindi funge sia da isolante elettrico che da conduttore termico. L'olio riceve calore e lo isola in modo da minimizzare il rischio di prendere la scossa dei 100 kV, il calore che l'olio riceve viene scambiato con l'acqua tramite scambiatore di calore.

IMPORTANTE
Useremo come grandezza di energia non più il joule, ma l'elettronvolt (eV) che è definito come l'energia che un elettrone acquisisce attraversando una ddp di 1V .

Nella tabella sono elencati gli spessori fisici che vengono confrontanti con lo spessore equivalente di alluminio.

Component	*Thickness (mm)*	*Aluminum-Equivalent Thickness (mm)*
Glass envelope	1.4	0.78
Insulating oil	2.36	0.07
Bakelite window	1.02	0.05

(Numero atomico=numero di protoni nel nucleo)

Cosa hanno in comune vetro e alluminio?
Vetro è fatto di silicio e ossigeno, il silicio possiede un na=14, quello dell'alluminio è 13.
La densità del vetro è pari a 2.2 g/cm^3, dell'alluminio è 2.7 g/cm^3, quindi basta meno alluminio per avere lo stesso effetto di vetro.

L'olio è meno denso rispetto all'acqua e, come tutti i materiali grassi, ha abbondanza di idrocarburi ed ha un numero atomico basso rispetto l'alluminio.
Il numero atomico (z) è fondamentale per quanto riguarda la capacità di attenuazione: la regola generale è che materiali di bassa densità e basso z schermano molto meno rispetto a materiali con alto e alta densità.
Ed è per questo che, per avere lo stesso effetto di attenuazione di 2 mm di olio, bastano 7 centesimi di mm di alluminio.

NOTA
Noi siamo fatti prevalentemente di:
- carbonio: z=6 (numero di massa=12) 12%
- ossigeno: z=8 (numero di massa=16)
- azoto: z=7 (numero di massa=14) 3%
- idrogeno: z=1 (numero di massa=1) 11%

NOTA
Il numero di massa è due volte il na, questa è una proprietà degli elementi leggeri, ovvero il nucleo contiene un uguale numero di protoni e neutroni.

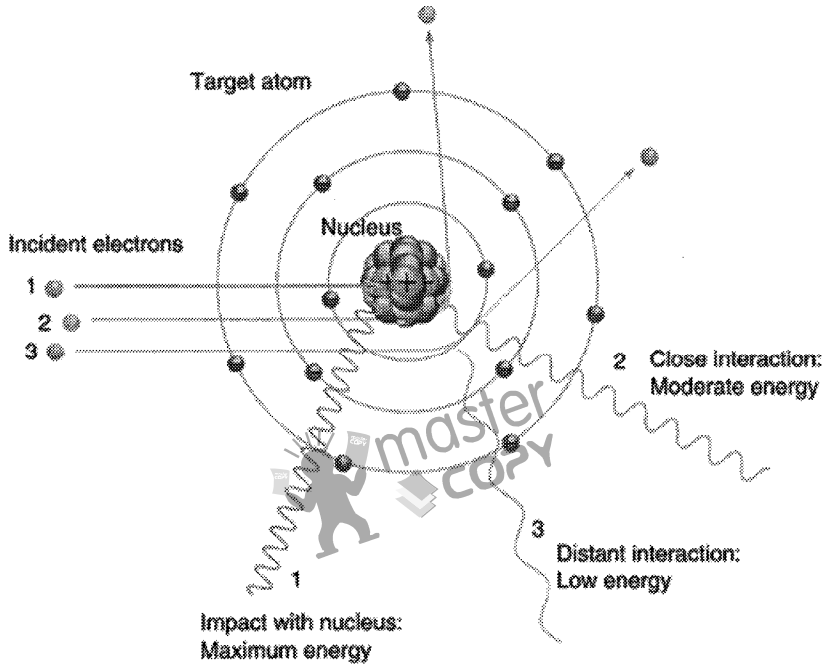
IMPORTANTE
L'alluminio è un materiale che si usa come filtro poiché cambia o attenua fortemente i raggi X di bassa energia, che sono quelli che noi non interessano perchè non producono immagini poiche si fermano alla superficie del tessuto e quindi producono calore inutile.

Energies in Electron Volts

• Molecule at room temperature	0.04 eV
• Visible light photons	1.5-3.5 eV
• Dissociation of NaCl into Na+ and Cl- ions	4.2 eV
• Ionization energy of atomic hydrogen	13.6 eV
• Electron striking a color television screen	20 keV
• High energy diagnostic medical x-ray photon	20-140 keV
• Typical energies from nuclear decay:	
– gamma	0-3 MeV
– beta	0-3 MeV
– alpha	2-10 MeV
• Cosmic ray energies	1 MeV - 1000 TeV

La luce che vediamo copre un intervallo di energia che va da 1.5 eV (rosso) al 4.5 eV (viola). L'energia di legame dell'elettrone dell'idrogeno è pari a 13.6 eV.
Le radiazioni che usiamo in medicina vanno dai 20 KeV (mammografia e in generale per strutture sottili) ai 540 keV (della tomografia assiale). Se passo poi alle radiazioni associate ai decadimenti nucleari ho energia di circa MeV fino a quelle cosmiche dell'ordine del TeV.

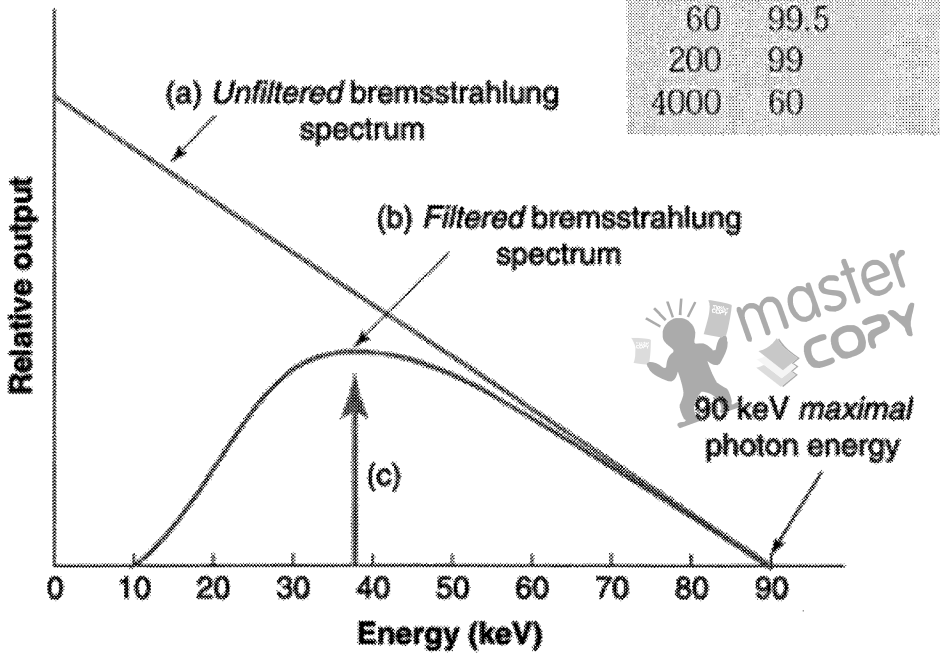
2. (PRIMA) MODALITA DI PRODUZIONE DI RAGGI X (metodo di frenamento): Quando l'elettrone viaggia verso il nucleo subisce una attrazione (rallentamento e frenamento) seguita da una deviazione:
- elettrone passa vicino al nucleo → raggi X ad alta energia,
-elettrone che si schianta contro il nucleo → tutta l'energia portata dall'elettrone diventa un raggio X (100 KeV),
-elettrone che passa lontano dal nucleo → raggio X con poca energia (quelli che voglio eliminare)



In generale è più probabile che gli elettroni vadano lontani dal centro, quindi produrrò tanti raggi X a bassa energia (linea blu) che vengono filtrati (linea rossa).

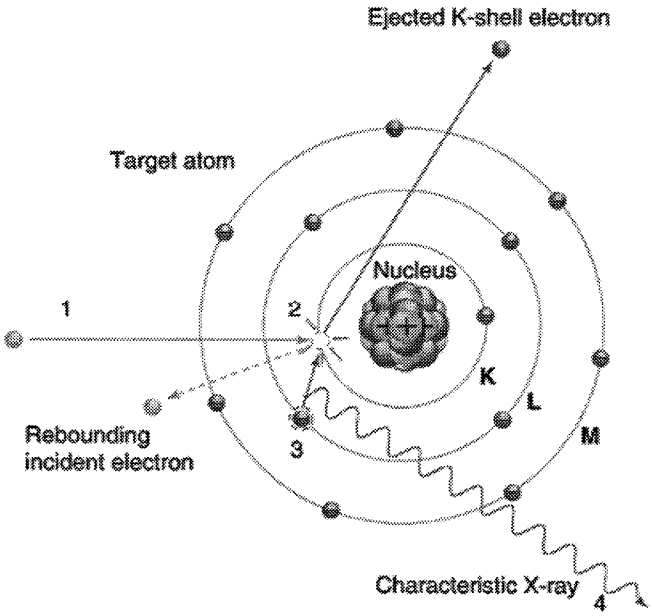
Bremsstrahlung – continuous spectrum

kV	Heat (%)	X Rays (%)
60	99.5	0.5
200	99	1.0
4000	60	40

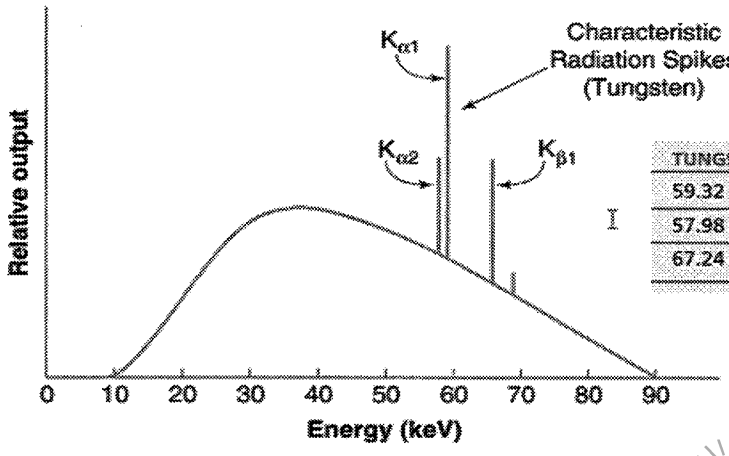


L'efficienza di produzione di raggi X cresce con l'energia, infatti a basse energie ho più calore che raggi X. L'energia della radioterapia è 4MeV.

3. (SECONDA) MODALITA DI PRODUZIONE DI RAGGI X (radiazione caratteristica):
l'elettrone proveniente dalla nuvola urta un altro elettrone su un orbitale e lo spazza via, la lacuna verrà riempita da un elettrone dell'orbitale superiore e si libera una energia pari alla differenza dell'energia di legame, in questo caso i raggi X che produco non hanno spettro continuo (gli orbitali sono K (contiene al max due elettroni), M, L), ma a righe. Le energie sono caratteristiche dell'atomo per questo la radiazione è definita caratteristica.



Characteristic x-rays – line spectrum



TUNGSTEN	MOLYBDENUM	RHODIUM
59.32	17.48	20.22
57.98	17.37	20.07
67.24	19.61	22.72

Parametri importanti:
-**RISOLUZIONE**: distanza minima tra due oggetti entro la quale posso distinguerli;
-**CONTRASTO**: capacità di distinguere due materiali diversi;
-**RUMORE**: influenza sia la risoluzione che il contrasto, quindi è importante lavorare sul rapporto segnale rumore.
-**CORRENTE DI TUBO**: cambia l'area dello spettro, ma non la sua forma (cambiata invece dall'energia), infatti maggiore è la corrente maggiore sarà l'energia prodotta.

Tutti gli spettri sono tagliati allo stesso punto e questo lo possiamo controllare tramite lo spessore dei filtri di alluminio: man mano che aumenta lo spessore di alluminio, aumenta l'energia minima perché tagliamo le basse energia. Però, anche in questo caso, bisogna trovare un buon compromesso perché più taglio più energia perdo.