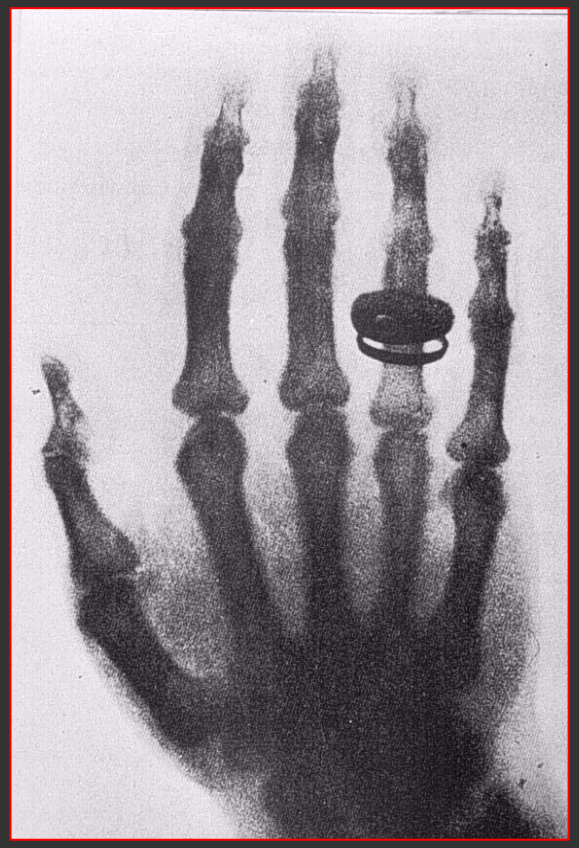
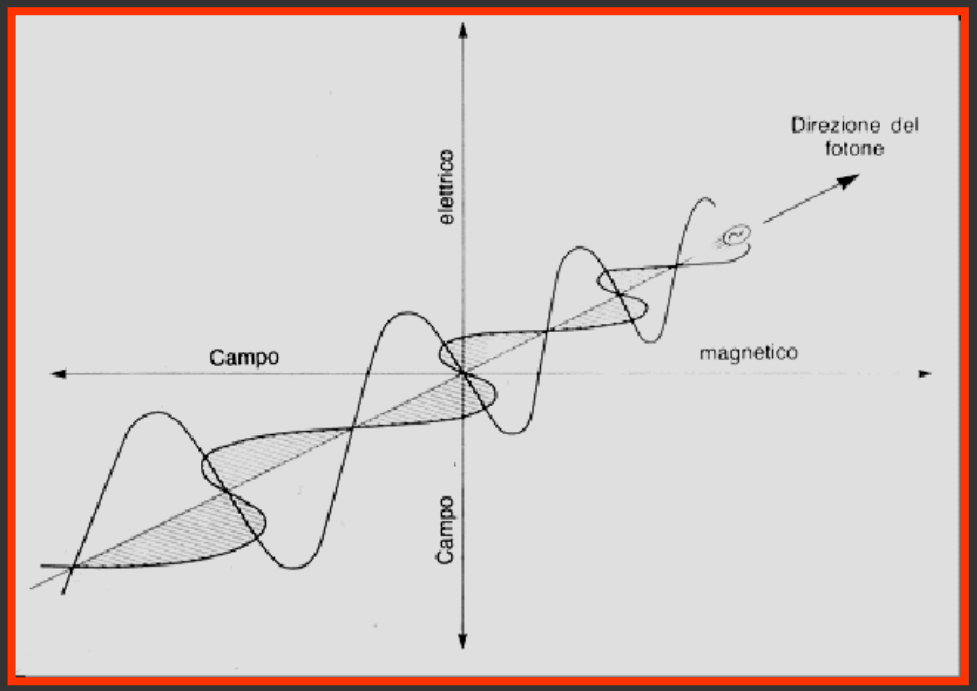
Raggi X



W.C. RONTGEN

Nel 1895 studiando i raggi catodici si accorse che erano in grado di determinare la fluorescenza degli schermi di platinocianuro di bario e di impressionare le emulsioni fotografiche.
Si ottennero così la prima radioscopia e la prima radiografia.

I raggi X come la luce, le onde radio e i raggi γ appartengono al gruppo delle Radiazioni elettromagnetiche ionizzanti.



oscillazioni perpendicolari di campi elettrici o magnetici che si propagano nel vuoto

Radiazione

Fenomeno accompagnato da emissione di energia e il cui trasporto nello spazio non è accompagnato da quantità macroscopiche di materia

Ionizzante

L'energia della radiazione dà luogo a ionizzazione nella materia in cui viene depositata.

Raggi X

I raggi X sono fotoni ad alta energia.

FOTONE: quantità elementare ed indivisibile di energia definita "quanto".

L'energia di un quanto si esprime secondo la legge di Planck

$$E = h\upsilon = h\frac{C}{\lambda}$$

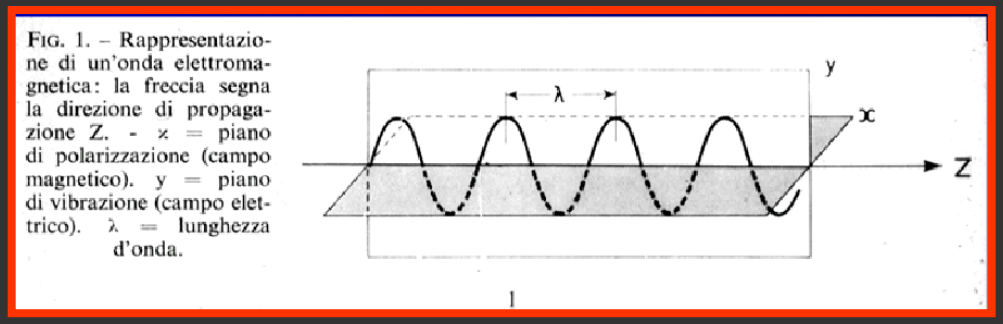


FIG. 1. – Rappresentazione di un'onda elettromagnetica: la freccia segna la direzione di propagazione Z. - x = piano di polarizzazione (campo magnetico). y = piano di vibrazione (campo elettrico). λ = lunghezza d'onda.

E = energia (espressa in eV)

h = costante di Planck

υ = frequenza

λ = lunghezza d'onda

C = velocità di propagazione dei fotoni nel vuoto (300.000 Km/s)

I raggi X vengono prodotti da tubi “radiogeni” il cui prototipo è il tubo di Coolidge.

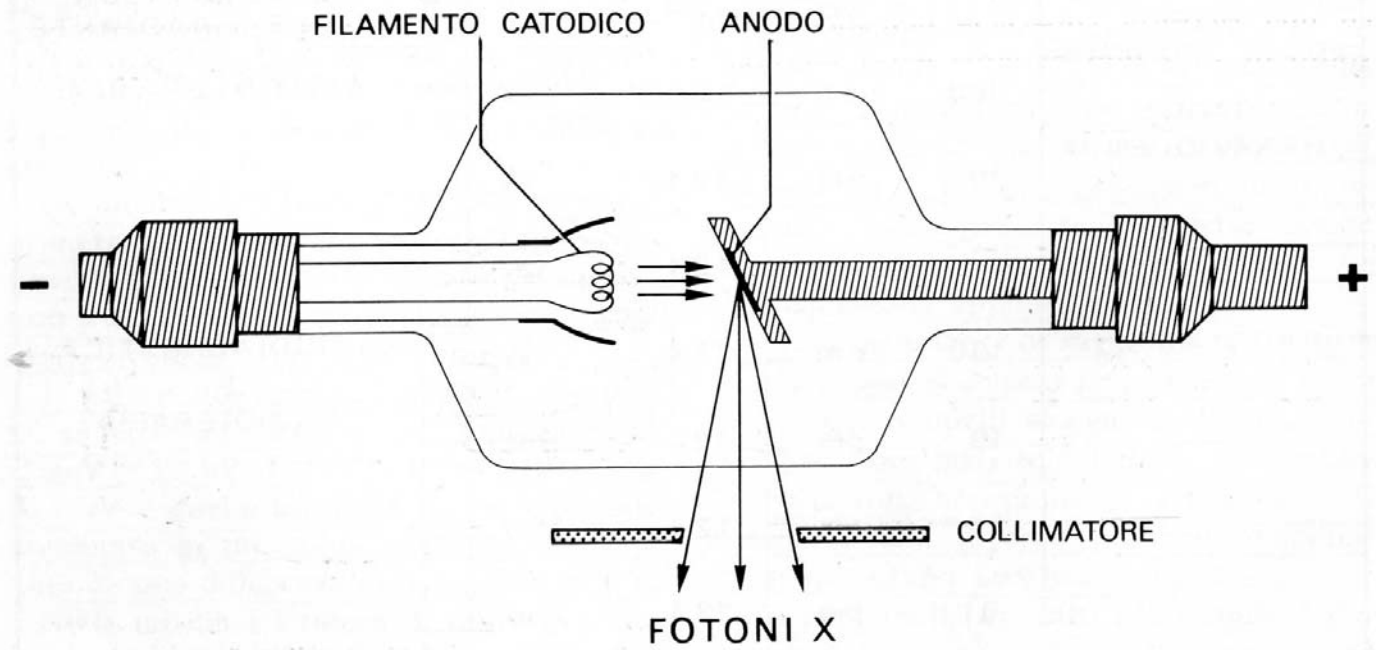


Fig. 2. — Schema di tubo COOLIDGE. Il filamento catodico, alimentato da una corrente a bassa tensione, divenendo incandescente, emette elettroni. Una corrente continua ad alta tensione alimenta il tubo, in modo che gli elettroni emessi dal filamento raggiungano l'anodo con energia sufficiente per generare radiazioni di frenamento (fotoni X).

www.fisiokinesiterapia.biz

IL CATODO (POLO NEGATIVO)

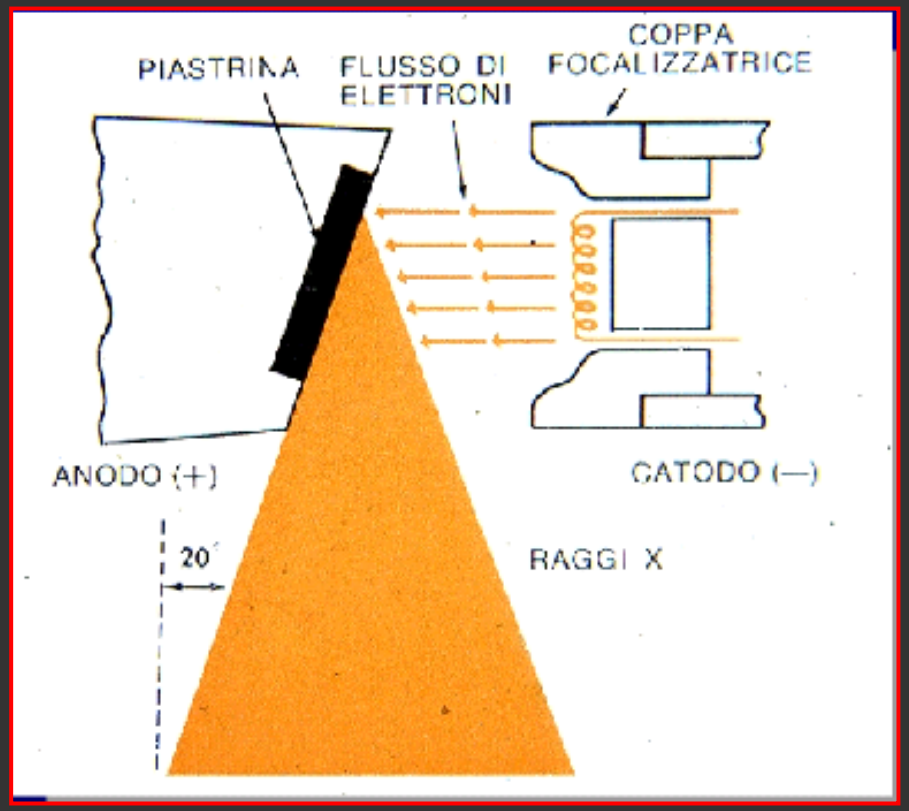
è costituito da un filamento metallico che, se portato all'incandescenza (attraverso un proprio circuito di alimentazione) libera elettroni dalla propria superficie (effetto termoionico).

L'ANODO (POLO POSITIVO)

è costituito da una placca di metallo ad elevato numero atomico, generalmente tungsteno (Z=74), e ad elevata temperatura di fusione.

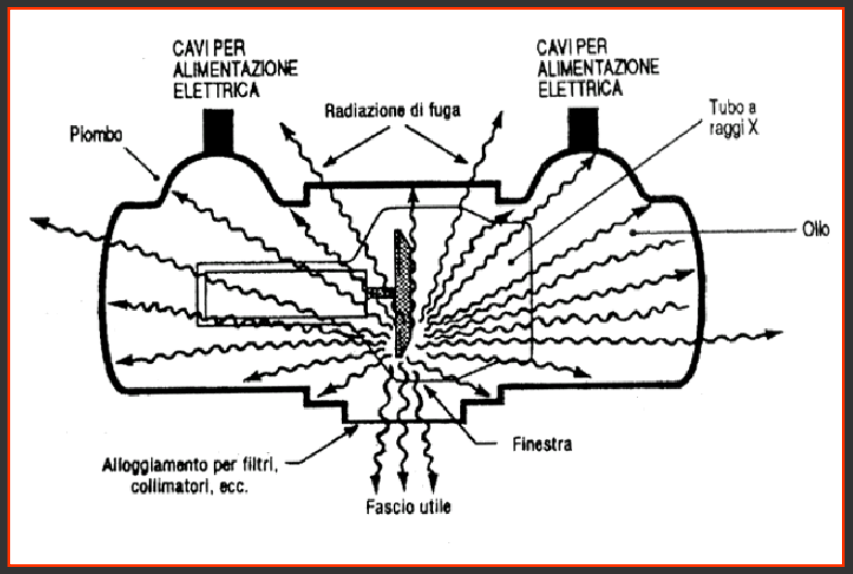
Ai due estremi del tubo radiogeno viene applicata una forte differenza di potenziale elettrico che può raggiungere il milione di volt

Gli elettroni emessi dal filamento catodico si vengono a trovare nel campo elettrico generato dalla differenza di potenziale esistente tra anodo e catodo ed, avendo carica negativa, vengono fortemente accelerati in direzione dell'anodo



I raggi X si generano ogni qualvolta elettroni accelerati, incontrando un ostacolo, vanno incontro ad una brusca decelerazione

RADIAZIONE DI FRENAMENTO



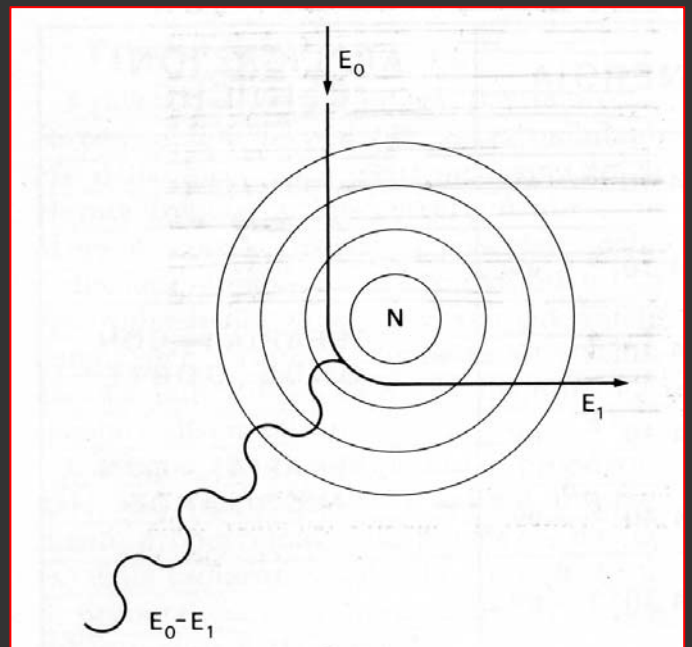
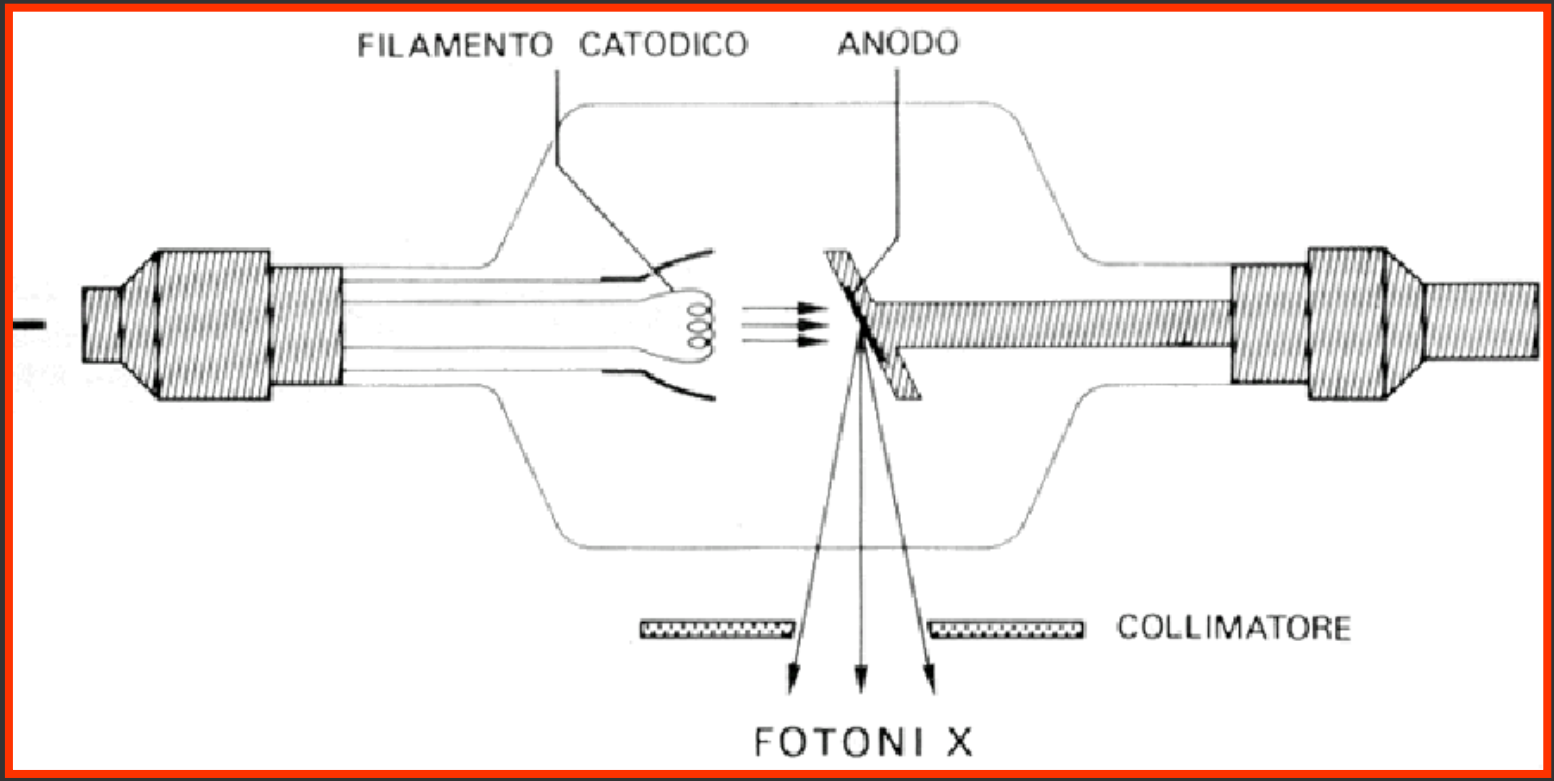


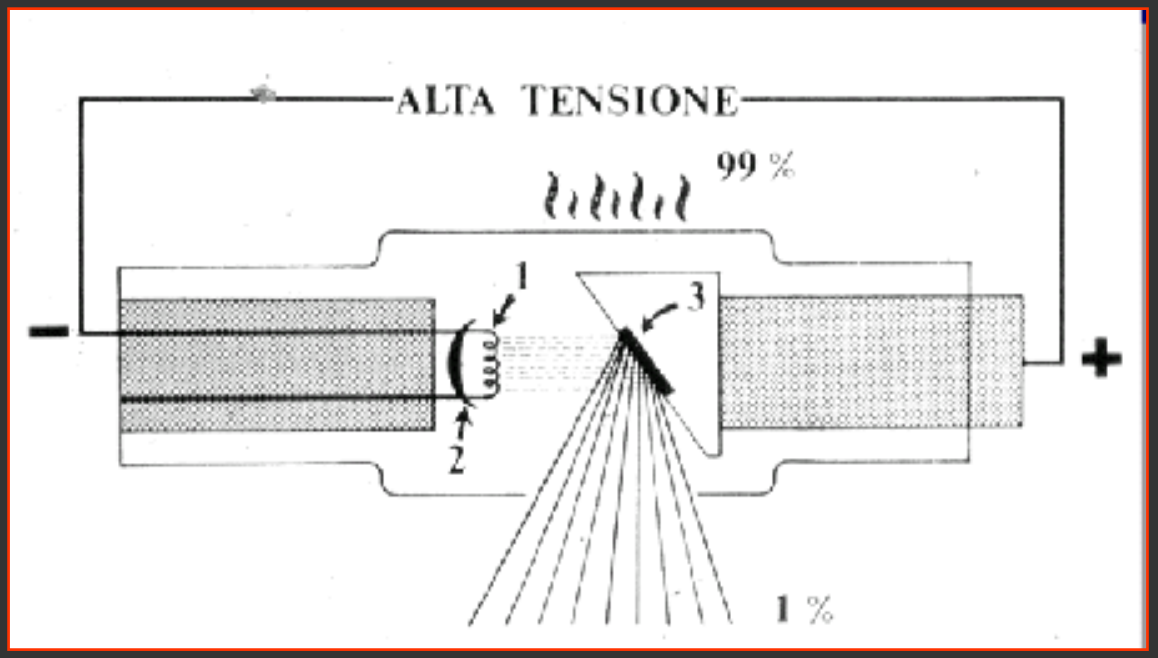
Fig. 1. — Lo schema illustra la produzione delle radiazioni di frenamento (*Bremsstrahlung*) o fotoni X. L'elettrone incidente E_0 subisce una decelerazione interagendo con il campo elettrico del nucleo atomico e viene deviato dalla sua traiettoria (E_1). L'energia cinetica perduta si trasforma in un fotone la cui energia equivale a E_0-E_1 (fotone X).

Opportuni limitatori di fascio (diaframmi) permettono di confinare Il fascio radiogeno alla zona da radiografare, riducendo inutili esposizioni al paziente



La maggiore parte dell'energia cinetica degli elettroni viene trasformata in calore, donde la necessità di adeguati sistemi di raffreddamento:

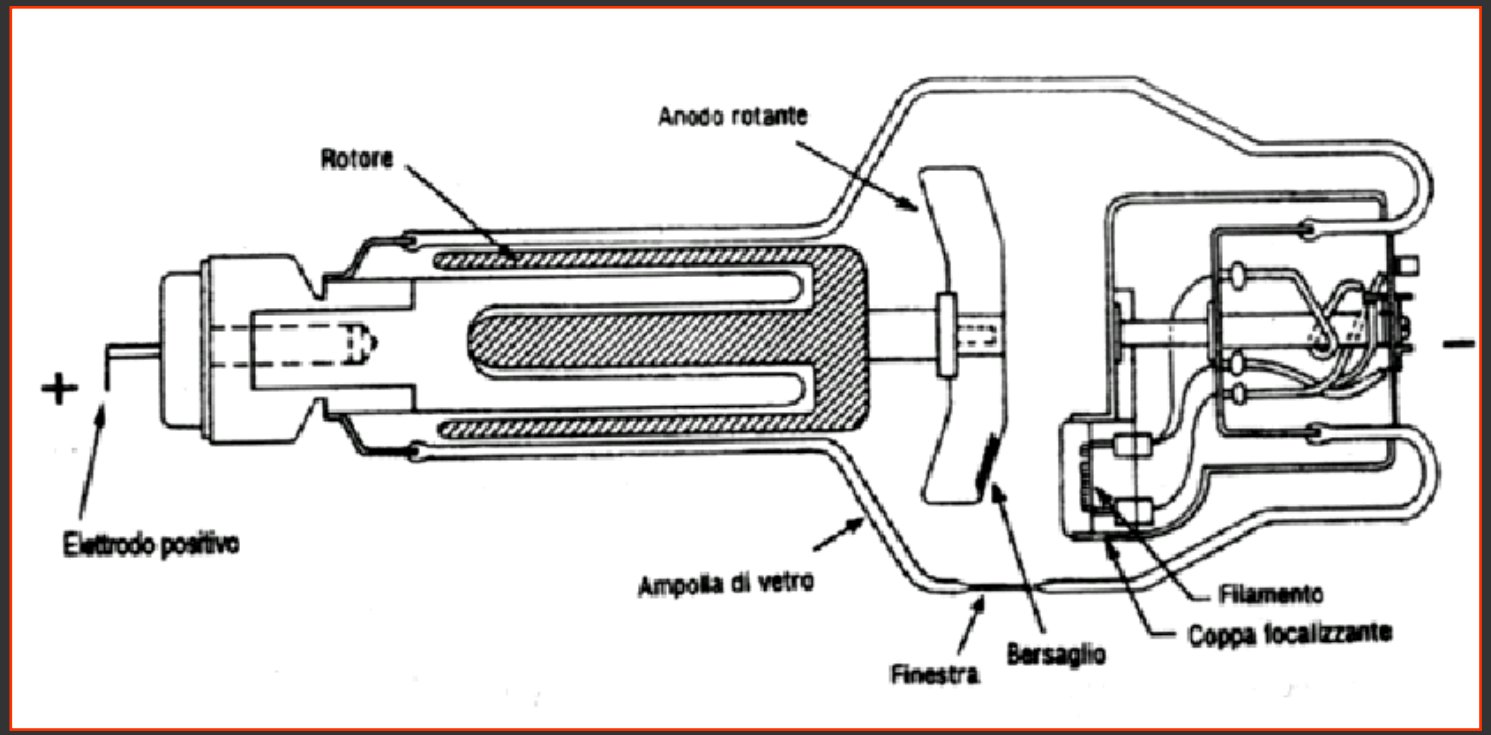
ALETTE DISSIPATRICI DI CALORE
IMMERSIONE IN BAGNO D' OLIO



TUNGSTENO (Z 74)

- **ELEVATA TEMPERATURA DI FUSIONE (3350 C)**
  resistenza alle alte temperature

- **BUONA CONDUCIBILITÀ TERMICA**
  disperdere il calore.



CARATTERISTICHE DEL FASCIO RADIOGENO

L'intensità di un fascio

è proporzionale al numero di elettroni liberati dal filamento catodico e quindi dipendente dalla corrente di accensione. Viene misurata in mA.

- Per variare la quantità dei fotoni X bisogna variare la corrente che alimenta la spiralina catodica;
- incrementando la T del filamento è possibile ottenere una maggiore quantità di raggi X.

CARATTERISTICHE DEL FASCIO RADIOGENO

Qualità di un fascio

dipende dall'energia degli elettroni prodotti dal filamento, che dipende dalla differenza di potenziale applicata agli elettrodi del tubo. Viene misurata in keV.

- Per variare la qualità dei fotoni X emessi dal tubo radiogeno basta agire sulla differenza di potenziale acceleratrice;

- a maggiore d.d.p. corrispondono raggi X più energetici, cioè più penetranti.

Raggi X

Proprietà dei raggi X:

- **Si propagano con decorso rettilineo alla velocità di 300.000 K/s;**
- **attraversano la materia in modo proporzionale alla loro energia;**
- **subiscono una attenuazione, nella materia, correlata allo spessore, alla densità ed al numero atomico;**
- **nel loro decorso producono ionizzazioni ed eccitazioni della materia;**
- **impressionano le emulsioni fotografiche, e determinano la fluorescenza di alcuni materiali;**

FORMAZIONE DELL'IMMAGINE RADIOGRAFICA

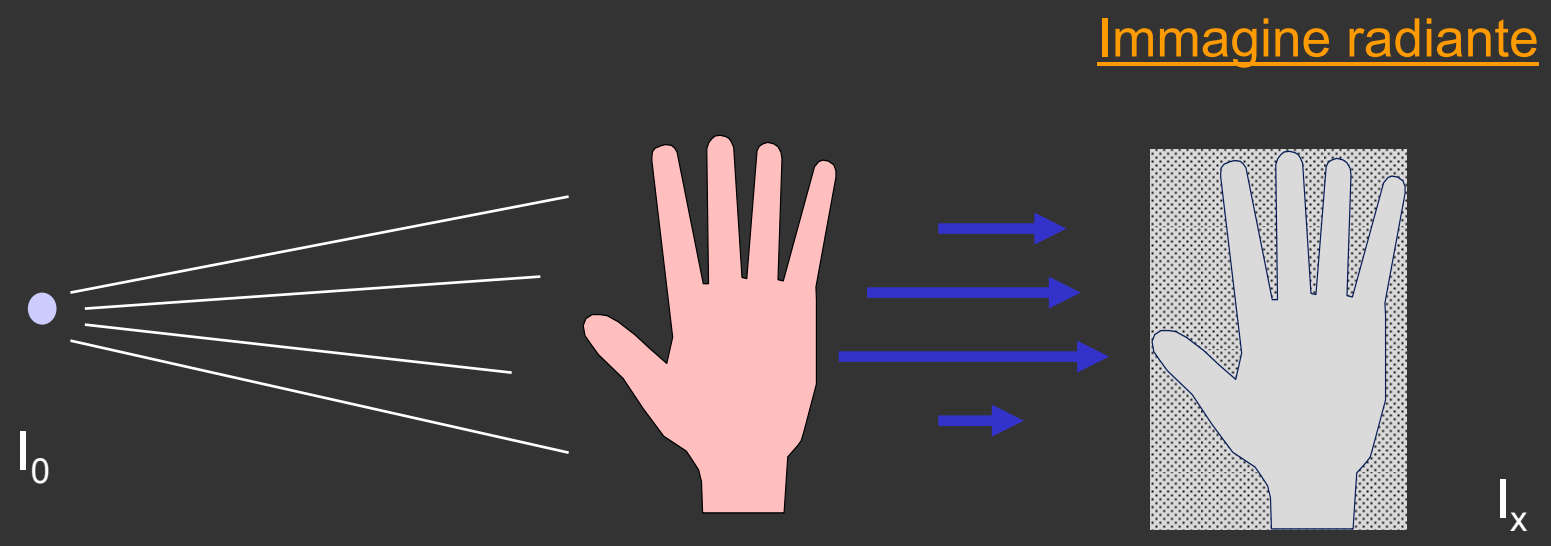
La radiografia è una tecnica che sfrutta contemporaneamente due delle proprietà fondamentali dei Raggi X:

- quella di attraversare la materia (biologica)

- quella di impressionare le pellicole radiografiche

I Raggi X sono in grado di attraversare i tessuti corporei subendo, punto a punto, un'attenuazione legata allo spessore, alla densità ed al numero atomico delle strutture incontrate.

Immagine radiante e immagine radiografica



- densità
- peso atomico

➔ **Immagine radiografica:** risultato dell'informazione contenuta nell'immagine radiante, evidenziata dai granuli di alogenuro di argento distribuiti sulla superficie della pellicola.

Immagine radiografica

Il fascio di fotoni "emergente" da una regione corporea esposta ai Raggi X possiede la proprietà di impressionare una pellicola fotografica, trasferendo su questa, punto a punto, il proprio contenuto di informazione (IMMAGINE LATENTE).

La pellicola radiografica è costituita da un supporto trasparente di acetato di cellulosa o poliestere, ricoperto su entrambe le facce da una emulsione sensibile (gelatina contenente cristalli di bromuro di Argento).

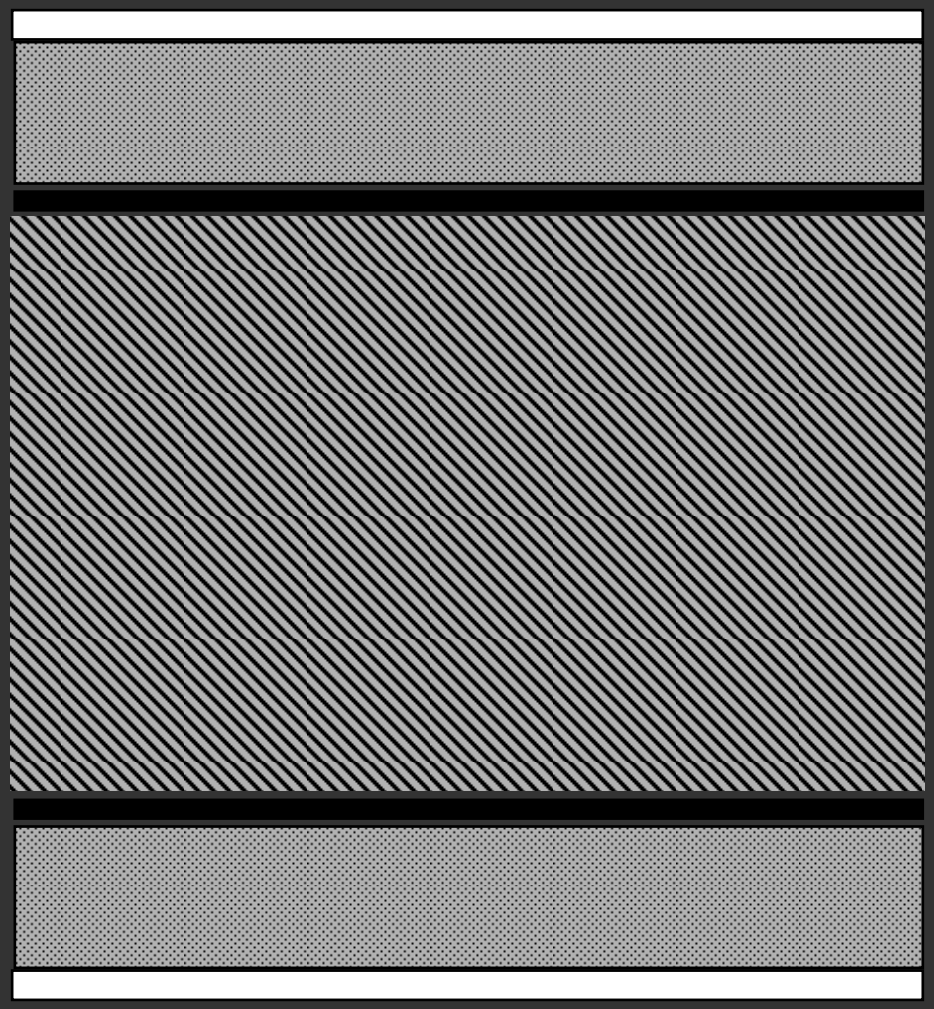
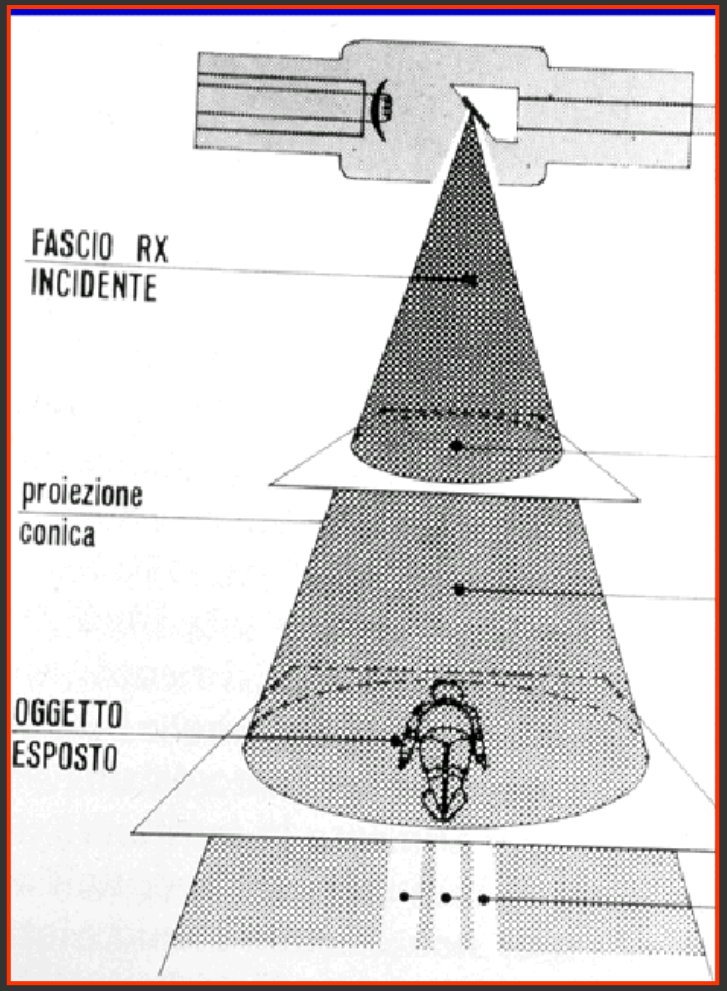


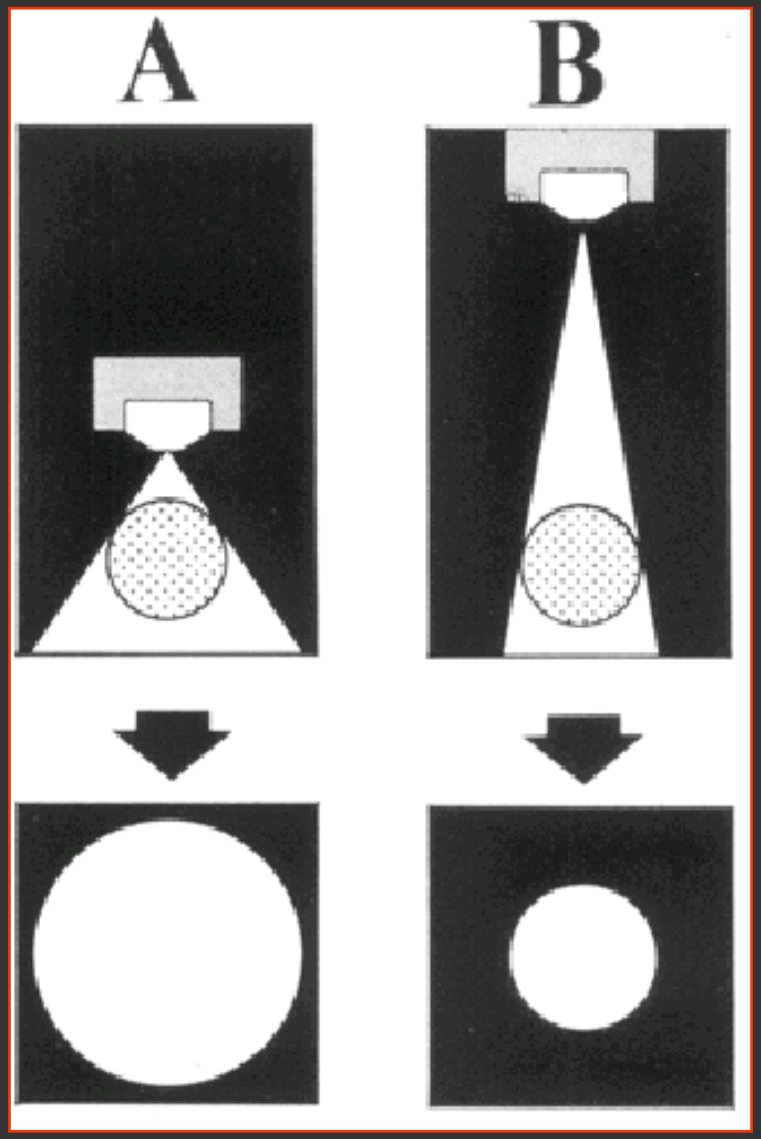
Immagine radiografica

Geometria del fascio



Il fascio di raggi X generato dal tubo radiogeno ed utilizzato ai fini diagnostici può essere schematicamente rappresentato come un cono con apice puntiforme (fuoco) in corrispondenza dell'anodo e con base in corrispondenza dell'oggetto in esame.

Immagine radiografica

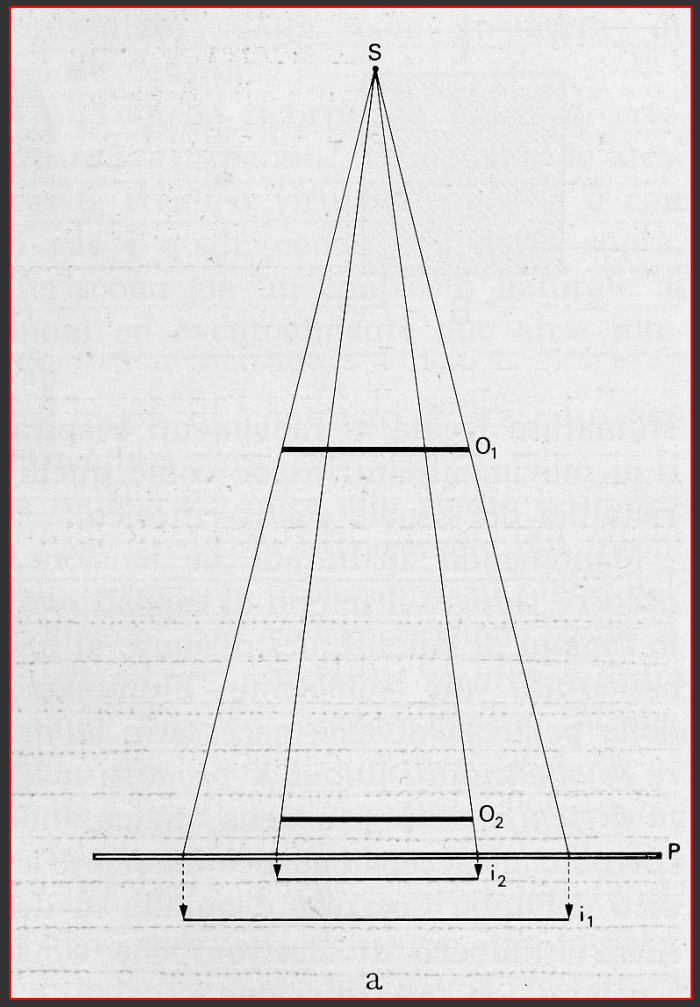


Ai fini della qualità dell'immagine radiografica sono di fondamentale importanza i rapporti di reciproca distanza fra i tre elementi del sistema e cioè tra la sorgente del fascio di Raggi X, l'oggetto da esaminare e la pellicola radiografica.

Radiografia

Geometria del fascio: **oggetto; fuoco; pellicola.**

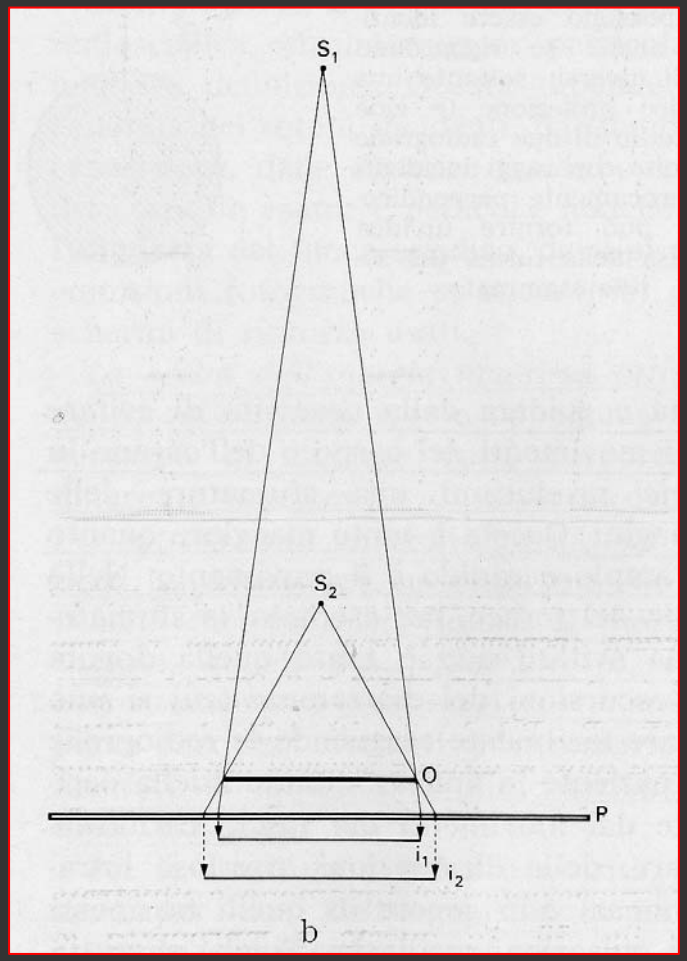
Posizione dell'oggetto



Radiografia

Geometria del fascio: oggetto; fuoco; pellicola.

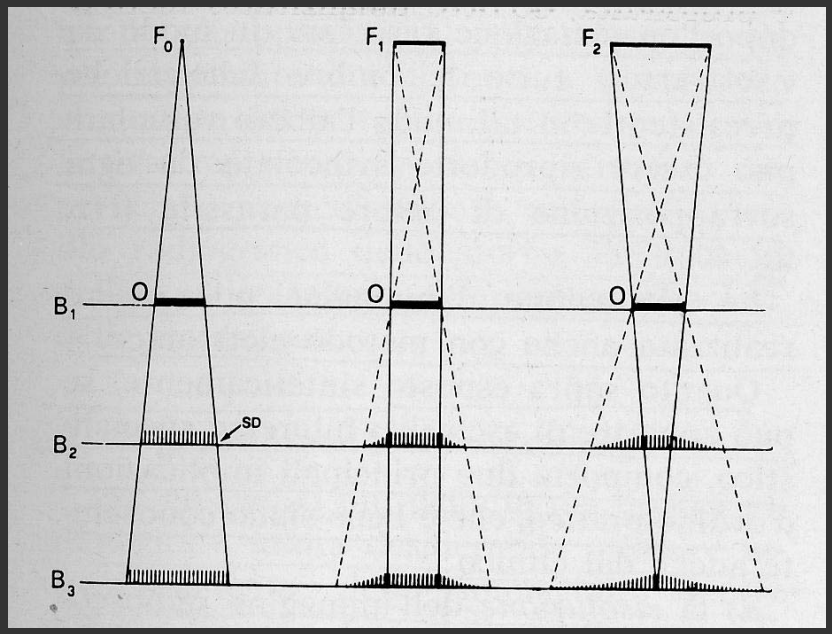
Posizione del fuoco



Radiografia

Geometria del fascio: oggetto; fuoco; pellicola.

Dimensione del fuoco

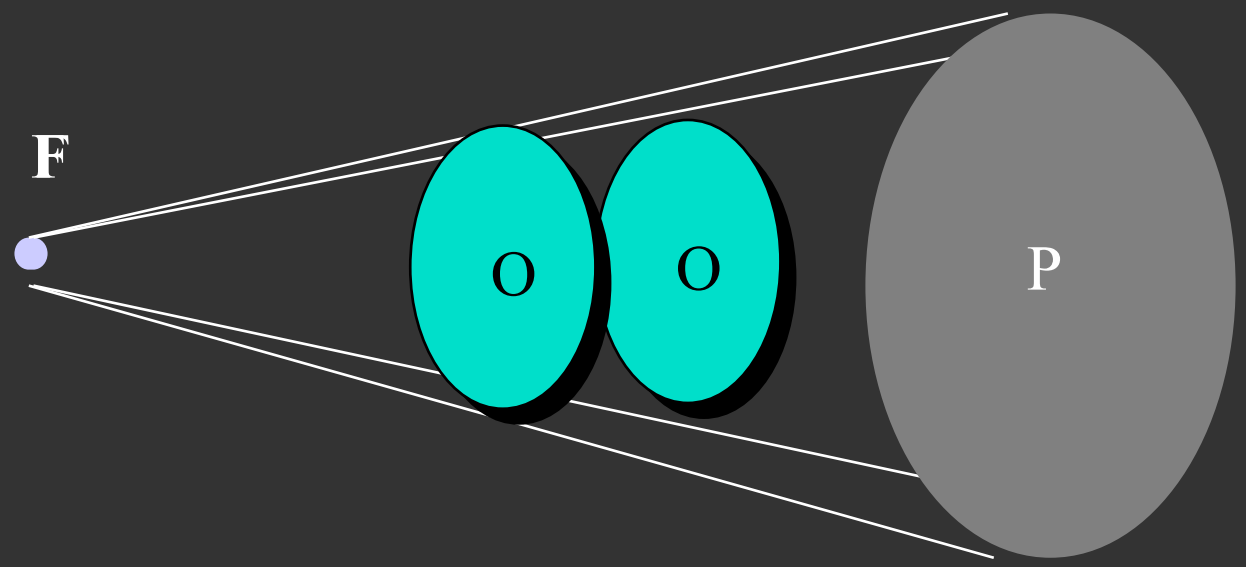


www.fisiokinesiterapia.biz

Fuoco o macchia focale

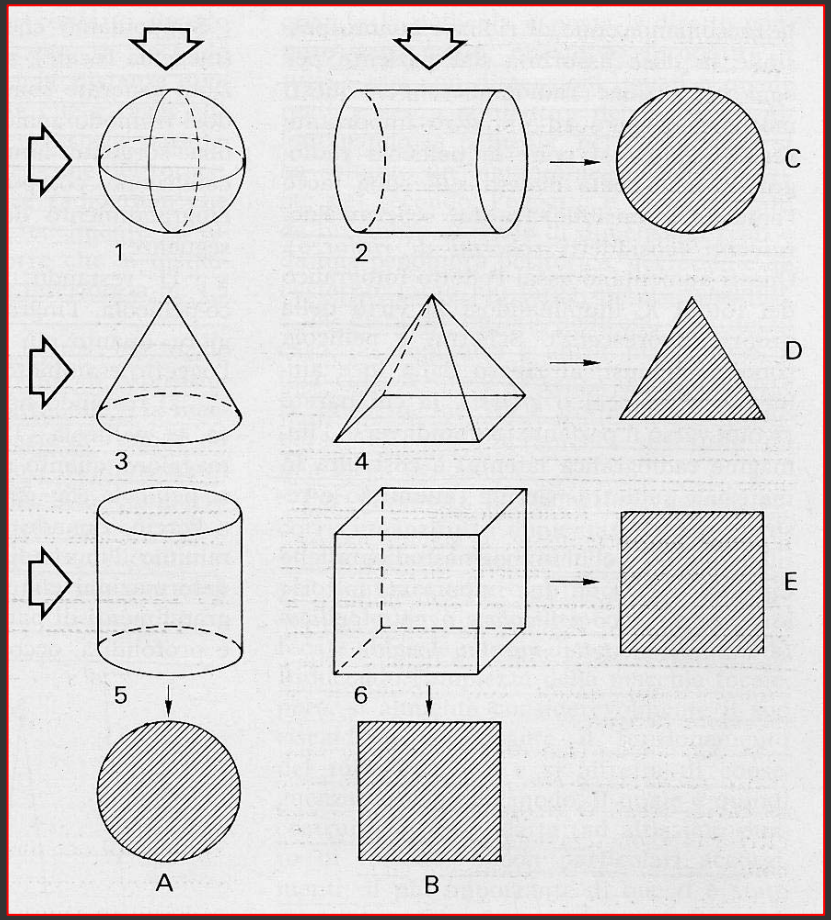
Parte dell'anodo che viene colpita dal fascio elettronico proveniente dal filamento del catodo e dalla quale prendono origine i raggi X. Idealmente il fuoco dovrebbe essere puntiforme per evitare le sfuocature geometriche. In generale le dimensioni del fuoco vanno da 0,3x0,3 mm a 2x2 mm. In mammografia è possibile che la macchia focale scenda sotto il limite dei 0,3 mm

Legge dell'ingrandimento



➔ **L'immagine proiettata sarà ingrandita quanto più si allontana la pellicola dal soggetto, o – a parità di distanza fuoco-pellicola- si riduce la distanza fuoco-oggetto**

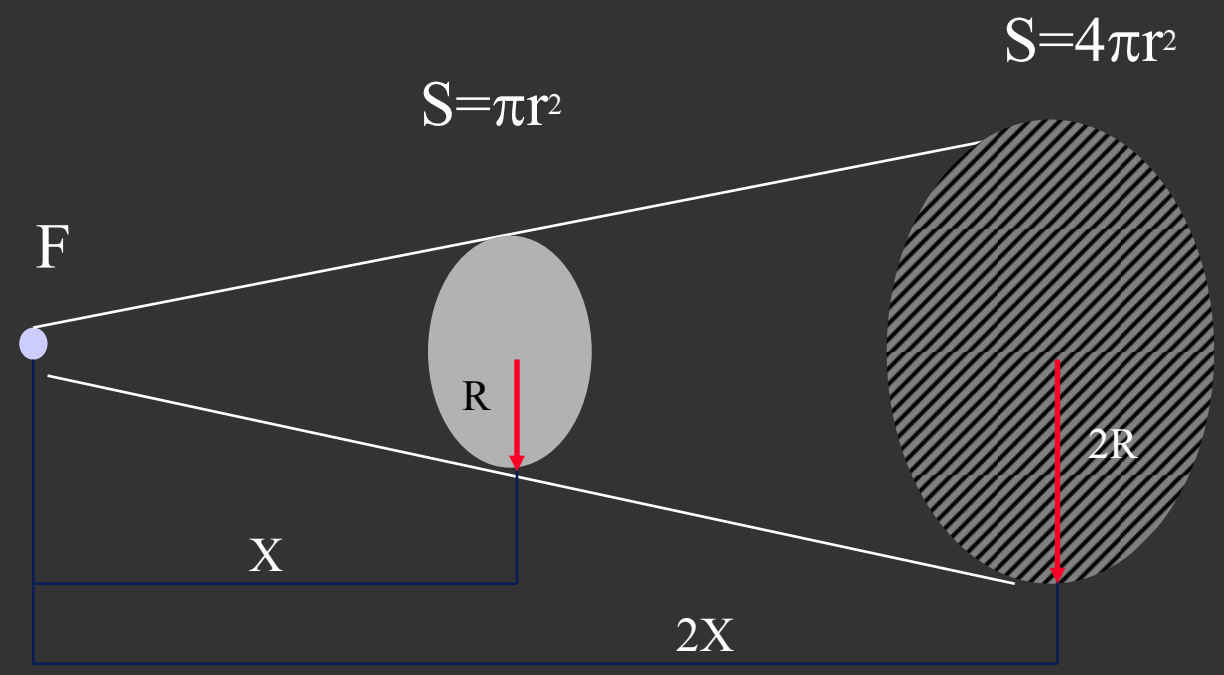
Per avere una idea reale sulle caratteristiche dell'oggetto in esame è necessario eseguire almeno due proiezioni ortogonali.



P LL

P AP

Legge del quadrato della distanza



➔ **A causa della geometria divergente del fascio, l'intensità della dose per unità di superficie, è inversamente proporzionale al quadrato della distanza esistente tra la sorgente e l'oggetto medesimo**

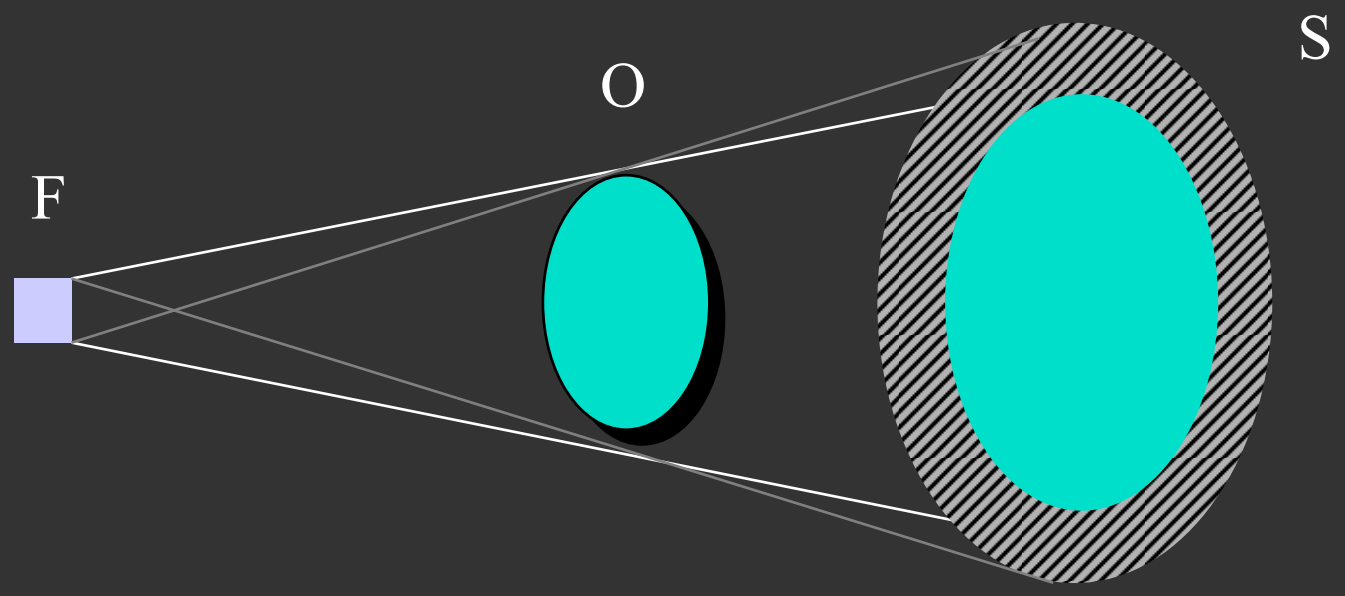
Sfuocature radiografiche

Legate alle radiazioni primarie

- Sfuocature cinematiche
- Sfuocature geometriche
- Sfuocature fotografiche

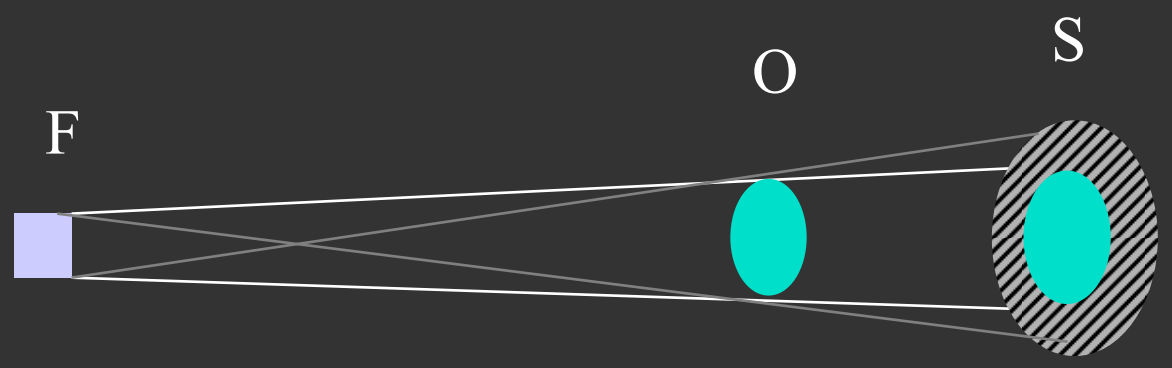
Legate alle radiazioni secondarie

Sfuocature geometriche



➔ **Se la sorgente radiante non è puntiforme, i contorni dell'ombra proiettata sono degradati da una zona di penombra più o meno estesa**

Sfuocature geometriche



➔ **Quando la dimensione dell'oggetto è uguale o più piccola della macchia focale, la zona di penombra tende ad aumentare rispetto alla zona d'ombra, man mano che l'oggetto si allontana dalla superficie dello schermo.**

Sfuocature geometriche

Possibilità di riduzione

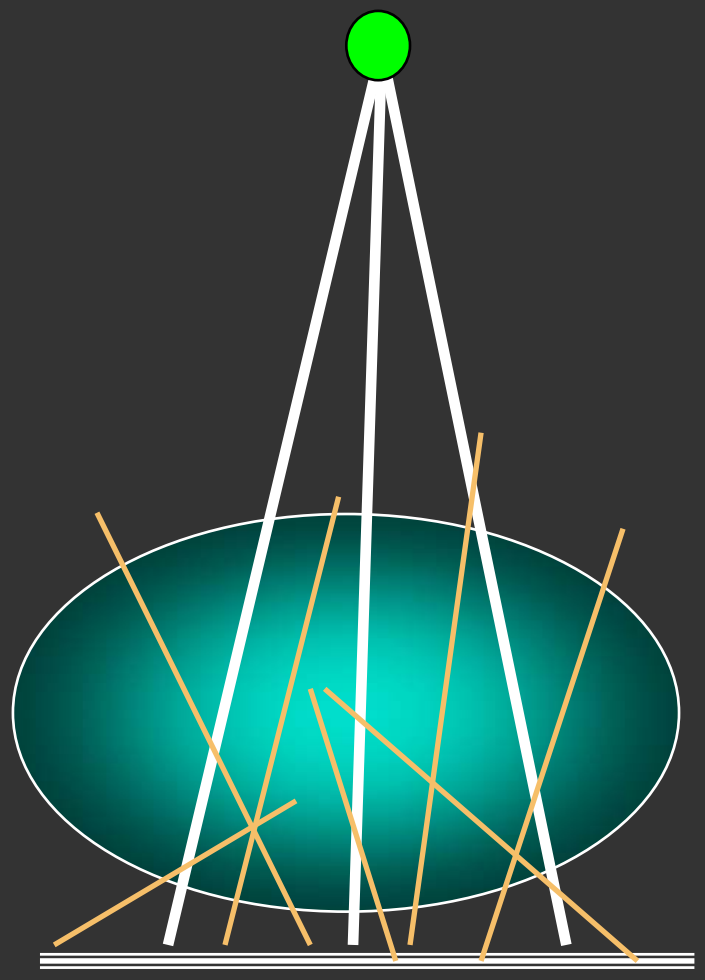
- **Aumentare la distanza tra fuoco ed oggetto**
- **Diminuire la distanza tra pellicola ed oggetto**
- **Impiegare tubi radiogeni con macchia focale piccola**

Carico del tubo *

* ***Un tubo radiogeno sopporta un carico tanto minore quanto più piccole sono le dimensioni del suo fuoco; infatti tanto più elevata è la potenza del tubo tanto più le dimensioni del fuoco devono essere grosse. Questo perchè più del 99% della potenza utilizzata si trasforma in calore ed il limite massimo ammissibile sulla superficie dell'anodo è di 250 W per mm²***

Sfuocature radiografiche

Legate alle radiazioni secondarie



Sfuocature radiografiche da radiazioni secondarie

LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE

➔ **Le radiazioni di elevata lunghezza d'onda (radiazioni "molli") sono più assorbite che diffuse, al contrario delle radiazioni di corta lunghezza d'onda (radiazioni "dure"). Ne consegue che l'impiego dei raggi molli determina una riduzione delle radiazioni diffuse dal soggetto.**

Sfuocature radiografiche da radiazioni secondarie

DENSITÀ E VOLUME DELLA MASSA IRRADIATA

➔ **Con l'aumento del volume della massa irradiata aumenta la quantità di radiazioni diffuse e pertanto è necessario limitare il campo:**

- coni limitatori
- diaframmi
- compressori

Sfuocature radiografiche da radiazioni secondarie

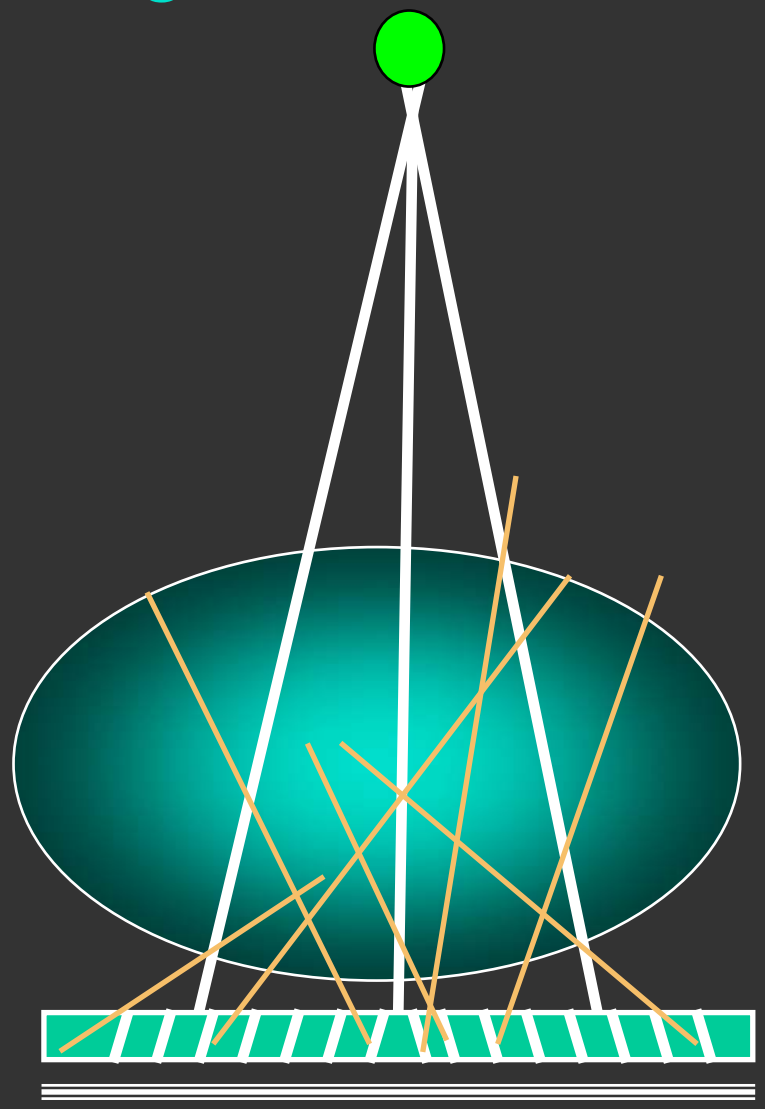
RIDUZIONE DELLA RADIAZIONE DIFFUSA

↓

Griglie antidiffusione

Sfuocature radiografiche

Griglia antidiffusione



Griglia focalizzata

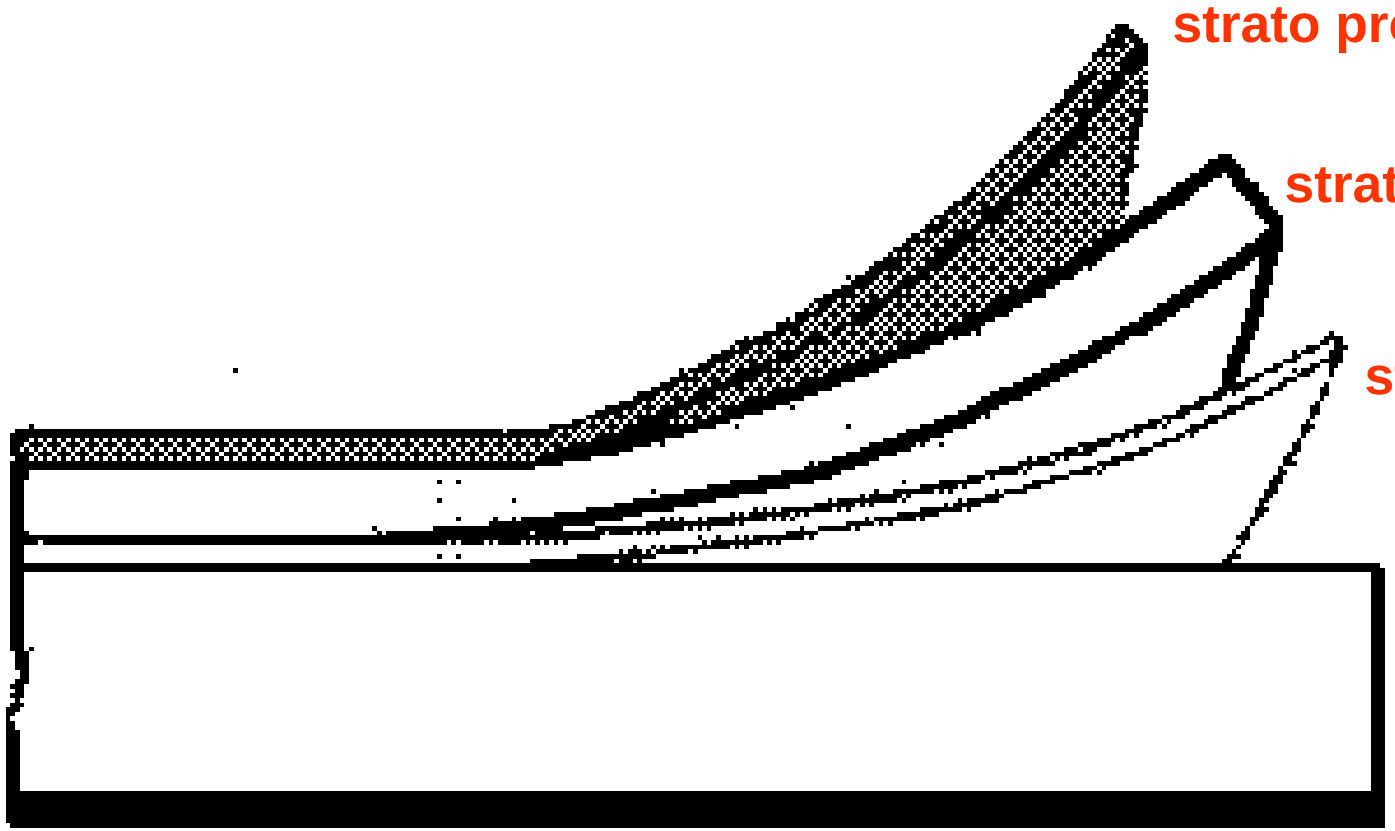
Altri fattori da cui dipende l'immagine radiografica

- **Esposizione** (mAs + eventuale radiazione luminosa emessa da schermi di rinforzo).
- **Annerimento o densità**
- **Sensibilità**
- **Potere di risoluzione** (strettamente dipendente dalle dimensioni dei cristalli dell'emulsione oltre che da quantità e qualità della radiazione ed anche dal tipo di sviluppo)
- **Contrasto:** kV (qualità della radiazione); contrasto del soggetto; contrasto della pellicola; contrasto esame.

La qualità delle immagini radiografiche si può migliorare con l'impiego degli schermi di rinforzo.

Gli schermi di rinforzo, formati da un supporto trasparente ricoperto da materiale fluorescente, hanno la funzione di emettere luminescenza al passaggio dei fotoni X, rinforzando l'effetto fotografico sull'emulsione sensibile delle pellicole fotografiche con cui sono a contatto.

I moderni schermi di rinforzo, detti alle terre rare perché utilizzano sostanze quali il gadolinio, permettono di ridurre notevolmente le dosi di radiazioni, con evidente risparmio in termini di esposizione professionale, ambientale e di popolazione.



Elementi che costituiscono uno “schemo di rinforzo”

LINGUAGGIO RADIOLOGICO

Nero = radiotrasparente

Bianco = radiopaco

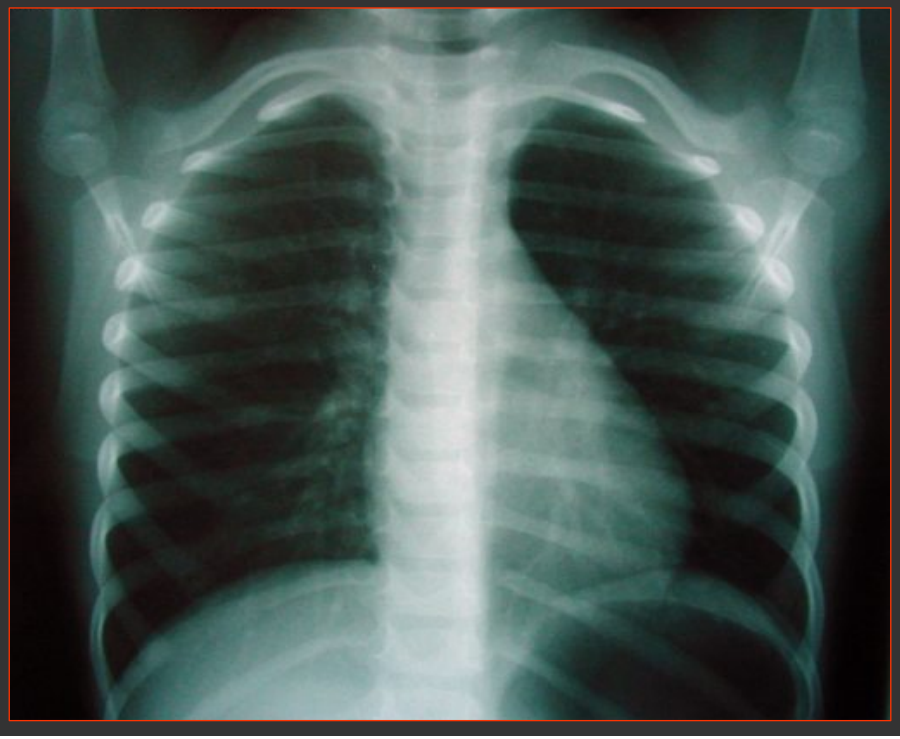
LINGUAGGIO RADIOLOGICO

Nelle zone in cui al fascio si è interposta una struttura ad elevato numero atomico (calcio) si avrà una minore esposizione della emulsione fotografica che dopo lo sviluppo appariranno bianche.
Al contrario, le zone in cui i fotoni hanno subito minore attenuazione (tessuti molli, aria), appariranno scure.

www.fisiokinesiterapia.biz

- La scarsa attenuazione del fascio di Raggi X (per attraversamento ad esempio dei tessuti polmonari) si traduce in un forte annerimento del radiogramma.

- Viceversa la marcata attenuazione del fascio radiogeno (dovuta ad esempio all'attraversamento di strutture scheletriche) determina un ridotto (o assente) annerimento del radiogramma.



La radiografia è una tecnica ad alta risoluzione spaziale (numero di linee riconoscibili per millimetro) per ciò che riguarda strutture ad elevato contrasto naturale, come il tessuto polmonare o quello osseo.

Il limite maggiore della radiografia rimane la scarsa risoluzione di contrasto, ovvero la incapacità di discriminare strutture contigue con modeste differenze di densità, come i tessuti parenchimali o i tessuti molli in genere, per cui si parla di "barriera del grigio".

La stratigrafia (o tomografia) è una tecnica radiografica di secondo livello la cui esecuzione è mirata su una particolare area di interesse diagnostico.

Scopo della stratigrafia è uno studio analitico delle strutture corporee che vengono sezionate in "strati" più o meno sottili (da cui il termine di *tomografia* dal greco "*tomos*", strato).

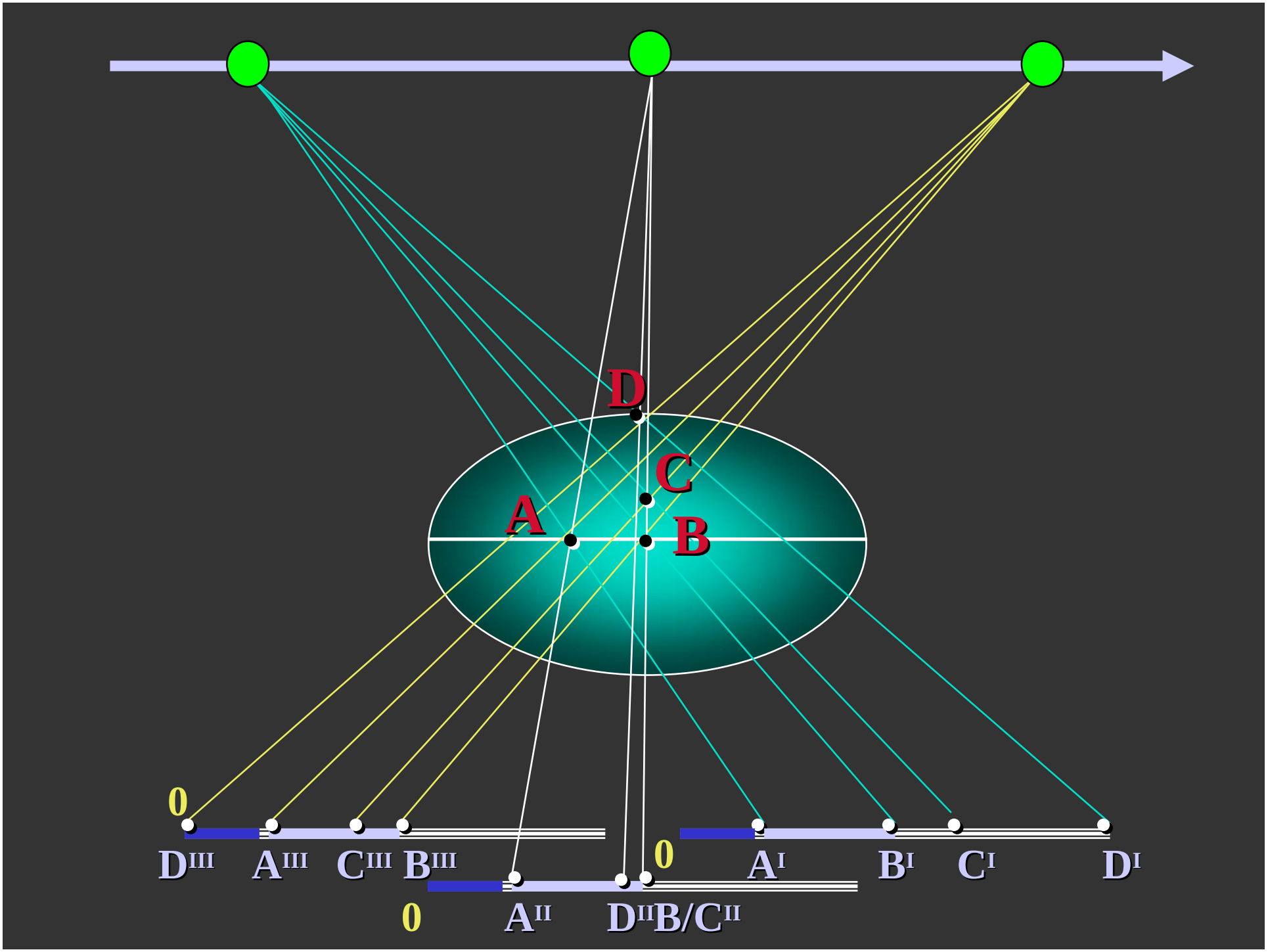
Stratigrafia

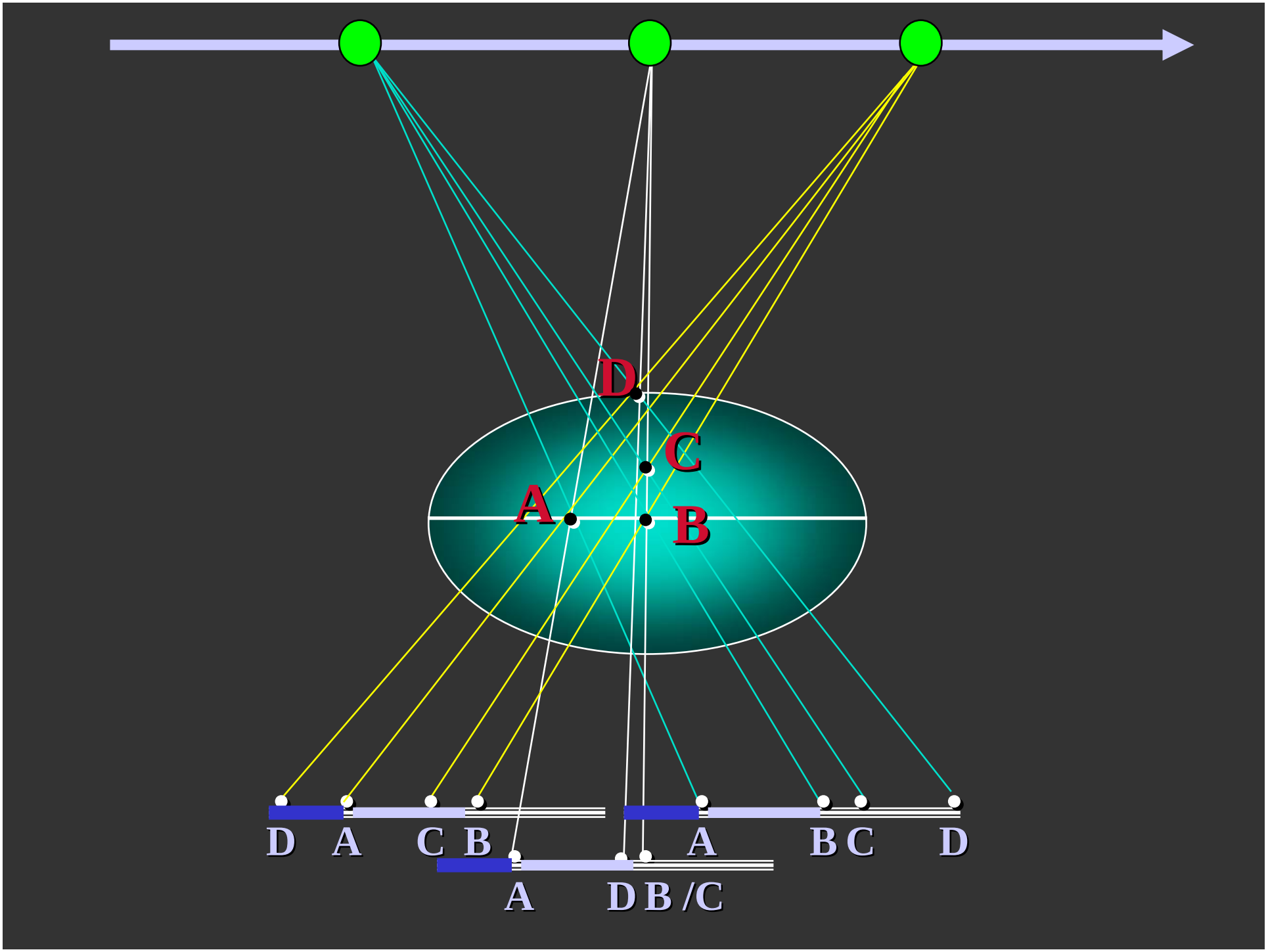
- Il principio fondamentale è quello di mantenere alcune parti dell'immagine fisse sulla pellicola; le altre - poste nei piani sovra o sottostanti - vengono proiettate, durante la posa, in punti diversi della pellicola venendo così cancellate per effetto della sfuocatura cinematica.

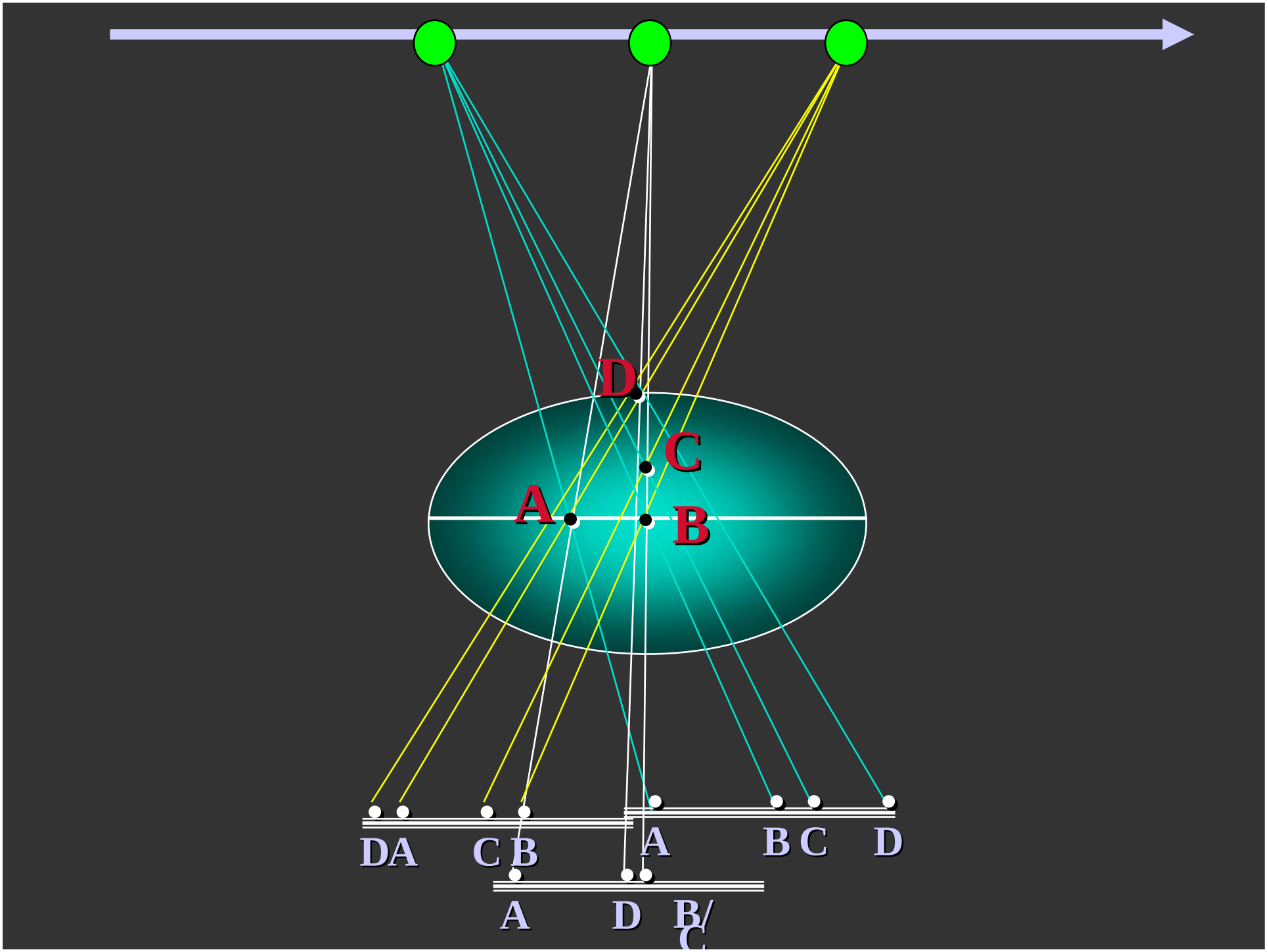
Stratigrafia

Qualità dell'immagine

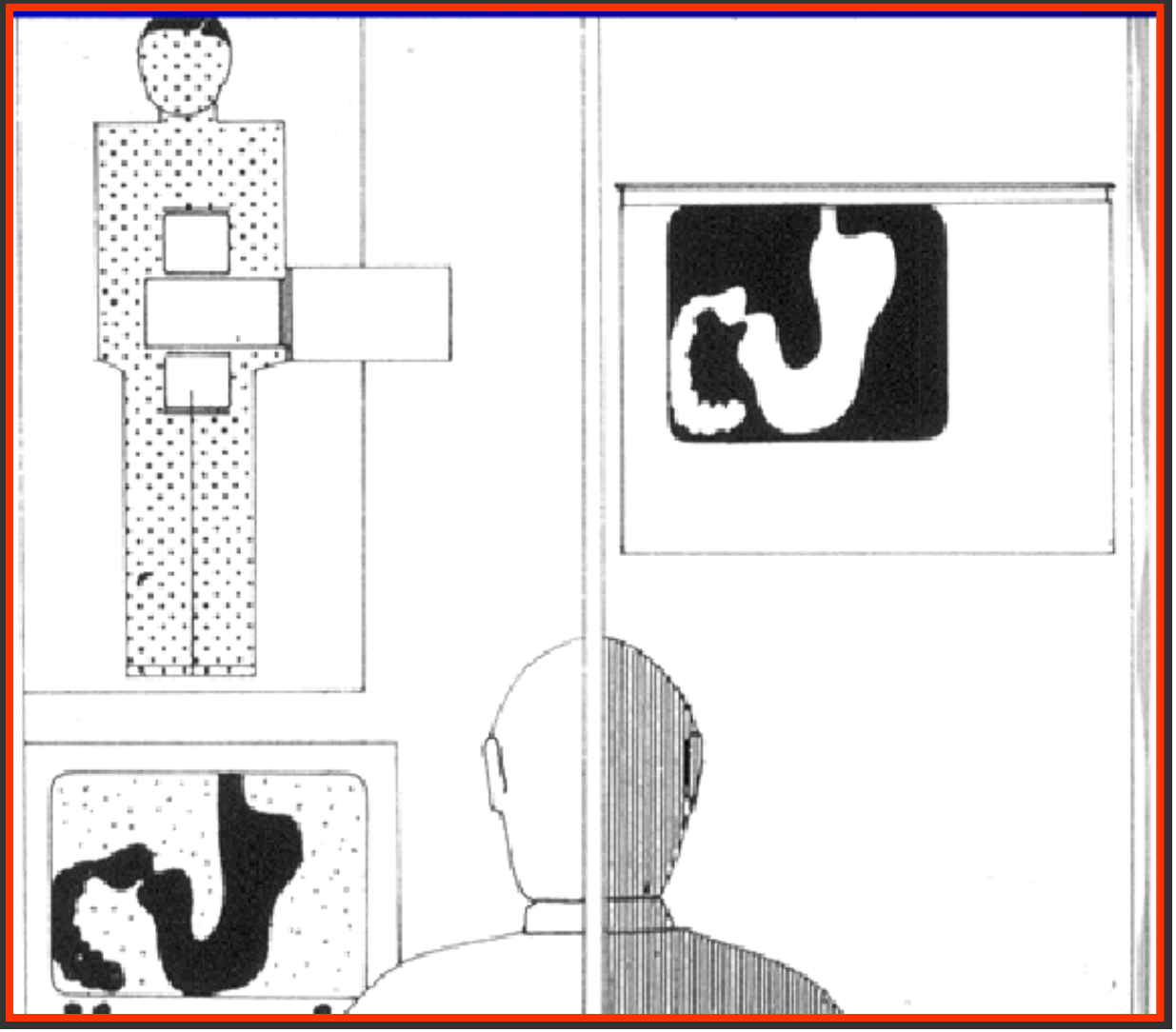
- Angolo di pendolazione
- Velocità di escursione del sistema tubo-casetta
- Tempo di esposizione (sempre piuttosto lungo circa 1")


D
C
A
B
0
D^III
A^III
C^III
B^III
0
A^I
B^I
C^I
D^I
0
A^II
D^II
B/C^II


D
C
A
B
D A C B
A
B C D
A
D B /C


D
C
A
B
DA
C B
A
B C
D
A
D
B/
C

La radioscopia è una tecnica che consente di osservare direttamente su uno schermo immagini di strutture corporee.

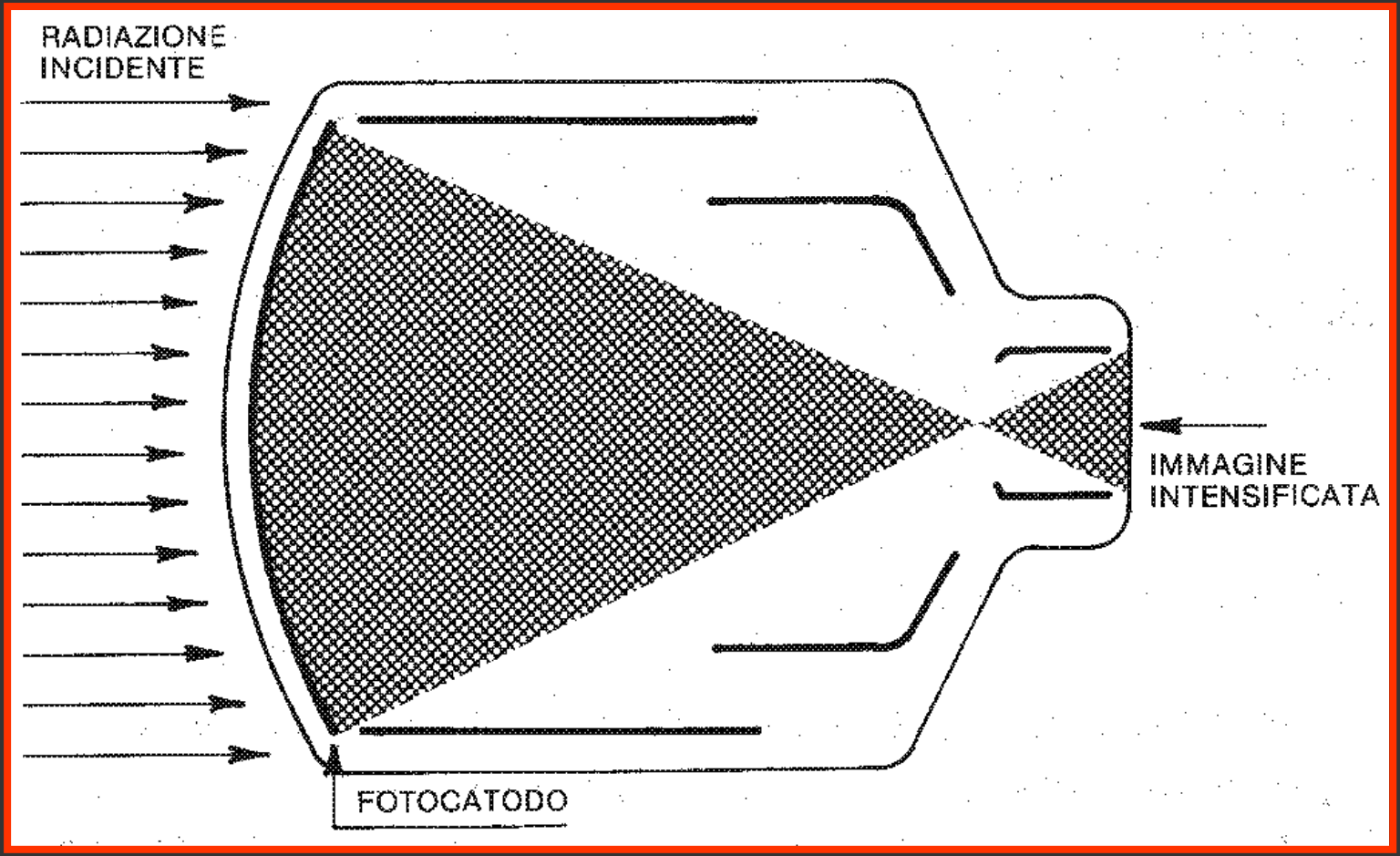


L’immagine radioscopica è completamente invertita rispetto all’immagine radiografica

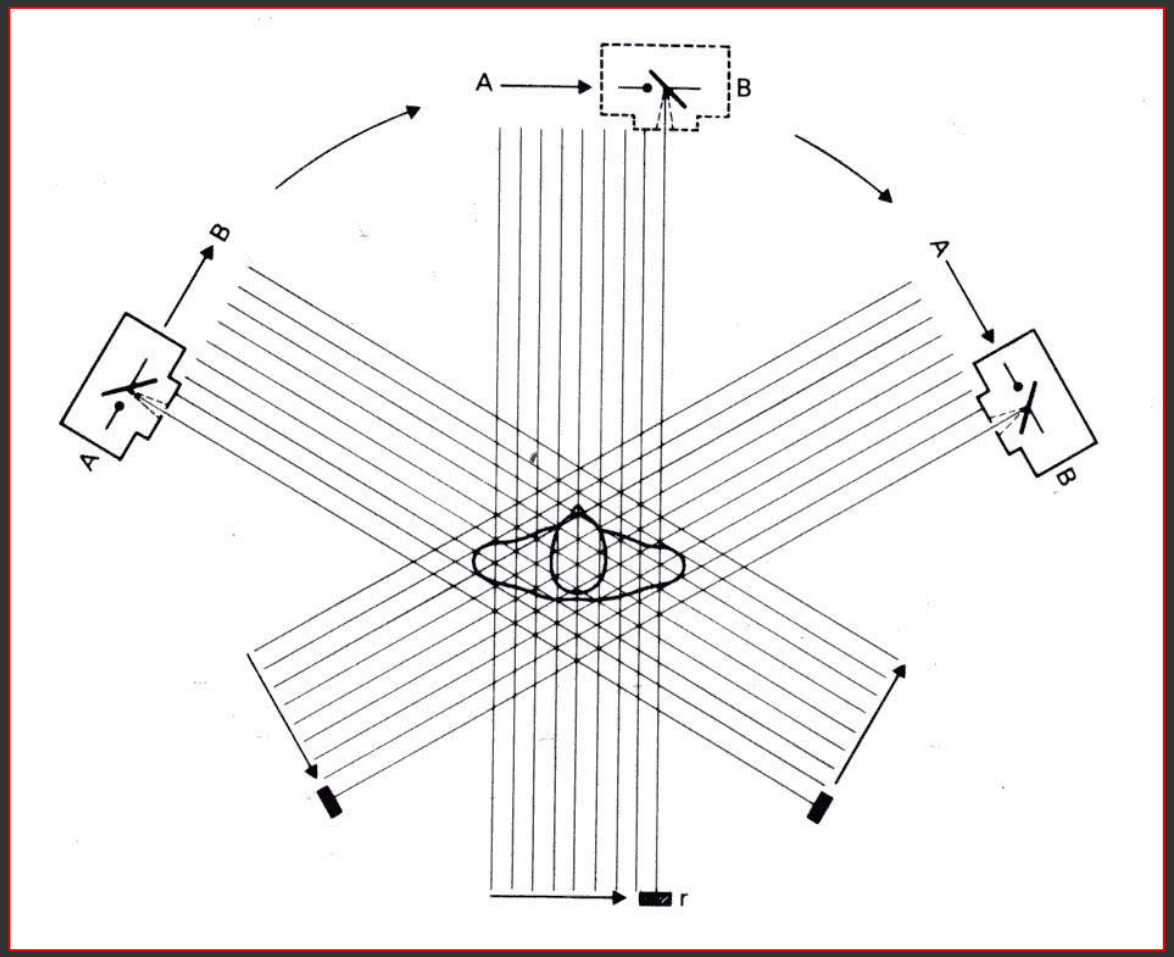
LIMITI DELL'IMMAGINE RADIOSCOPICA

- Immagine assai tenue che induce a una visione crepuscolare, con necessità di preadattamento dell'occhio al buio
- Risoluzione bassa
- Dose di radiazione elevata sia per il paziente che per il radiologo

INTENSIFICATORE DI BRILLANZA



Tomografia Assiale Computerizzata



Tomografia Assiale Computerizzata

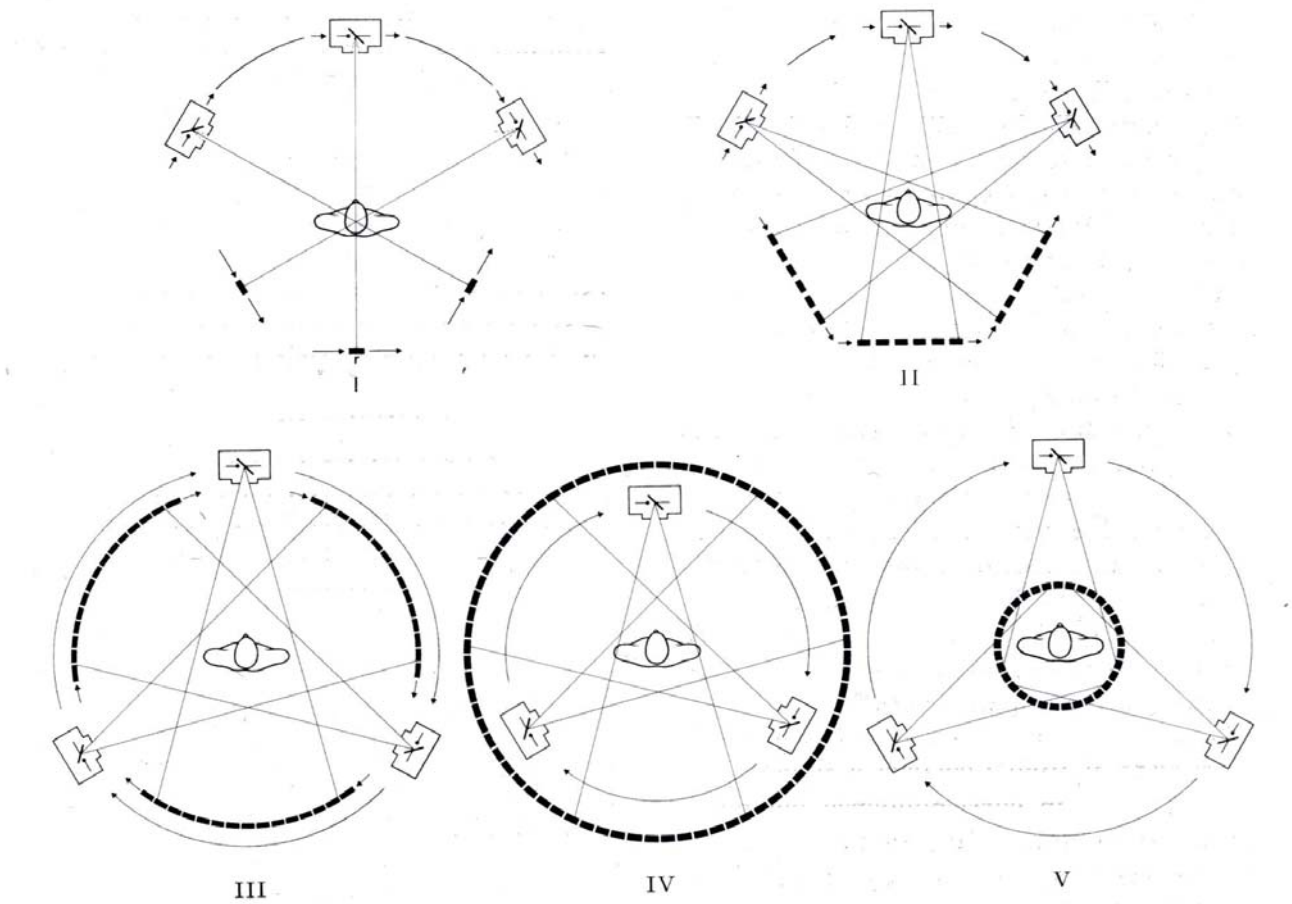
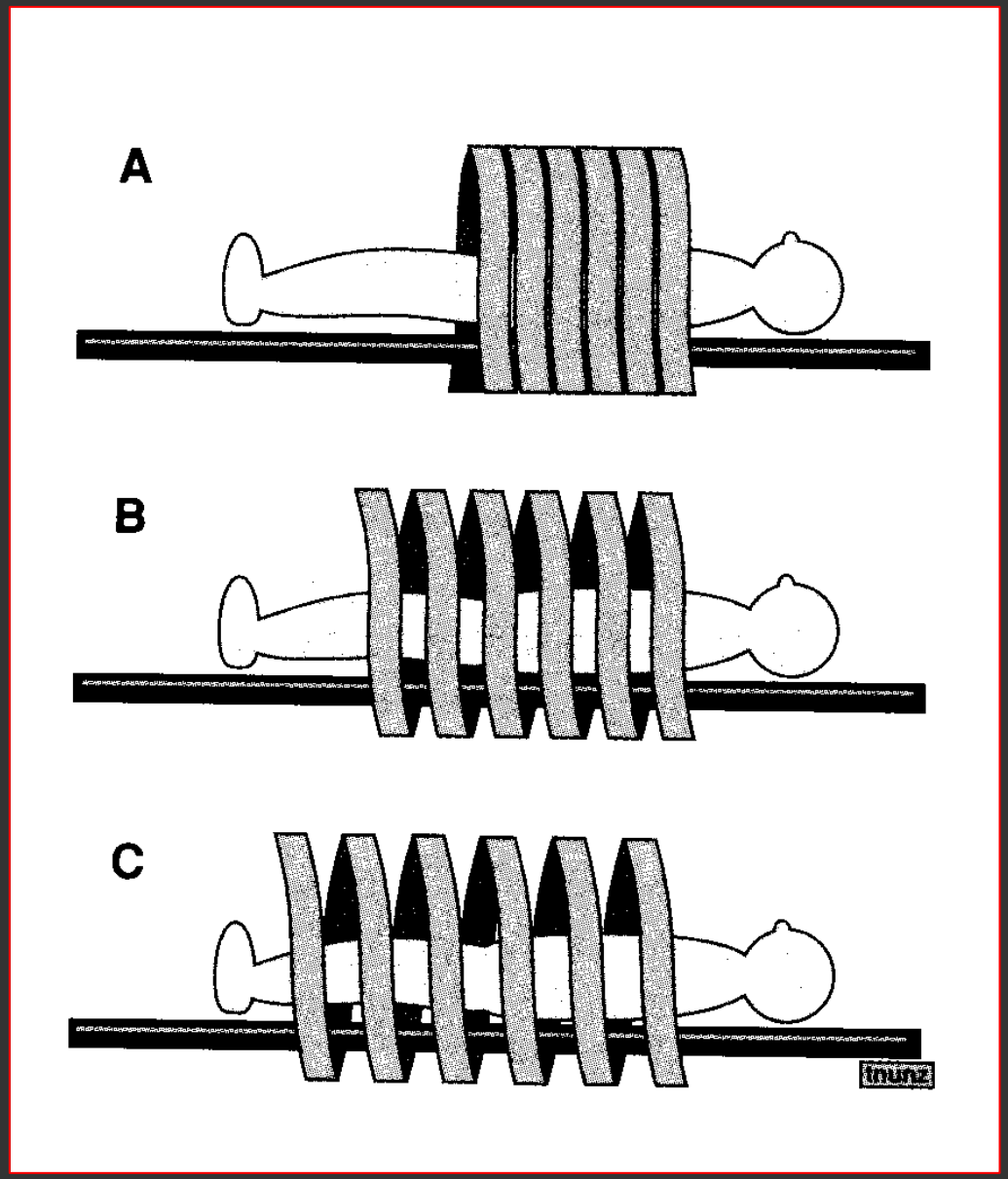


Fig. 37. — Schemi di *diversi tipi di apparecchi per Tomografia Assiale Computerizzata*. I: Apparecchio con movimento di traslazione e rotazione a rivelatore unico. II: Apparecchio con movimento di traslazione e rotazione a rivelatori multipli. III: Apparecchio con movimento di sola rotazione del tubo e dei rivelatori multipli contrapposti. IV: Apparecchio con movimento di sola rotazione del tubo e corona di rivelatori fissi esterna alla sorgente. V: Apparecchio con movimento di sola rotazione del tubo e corona di rivelatori fissi interna alla sorgente.

TC spirale



GRANDEZZA ANALOGICA

grandezza che può assumere un qualunque valore in un intervallo di valori infinitamente vicini

Annerimento di una pellicola

Gradazione continua tra BIANCO e NERO (dipendente dalla ionizzazione del Br- Ag) la cui variazione è analoga alla grandezza da rappresentare (attenuazione X)

GRANDEZZA DIGITALE

La grandezza che può variare secondo valori che differiscono fra loro di una

quantità finita, è una

GRANDEZZA DISCRETA.

Le informazioni rappresentate in forma numerica " digitali " variano in maniera

<u>discreta</u>

RADIOLOGIA DIGITALE

Informazione espressa in forma numerica