

Aparato de rayos x

Generación de rayos x

Dr. Alejandro R. Padilla

Profesor en la cátedra de Radiología Oral y Maxilo-Facial
Facultad de Odontología
Universidad de Los Andes
Mérida-Venezuela

Dr. Jaynes, Robert Merle

Profesor Asistente
Director de Radiología Oral
Universidad de Ohio
Estado de Ohio. USA

Dr. Axel Ruprecht

Profesor y Jefe Radiología Oral y Maxilofacial
Profesor de Anatomía y Biología Celular
Universidad de Iowa
USA





Historia de los rayos x

Los rayos x fueron descubiertos el 8 de noviembre, 1895, por Wilhelm Conrad Roentgen

Dr. Otto Walkhoff tomó la primera radiografía intraoral; 25-minutos de exposición

Dr. C. Edmund Kells tomó la primera radiografía intraoral a principios de 1896 en USA



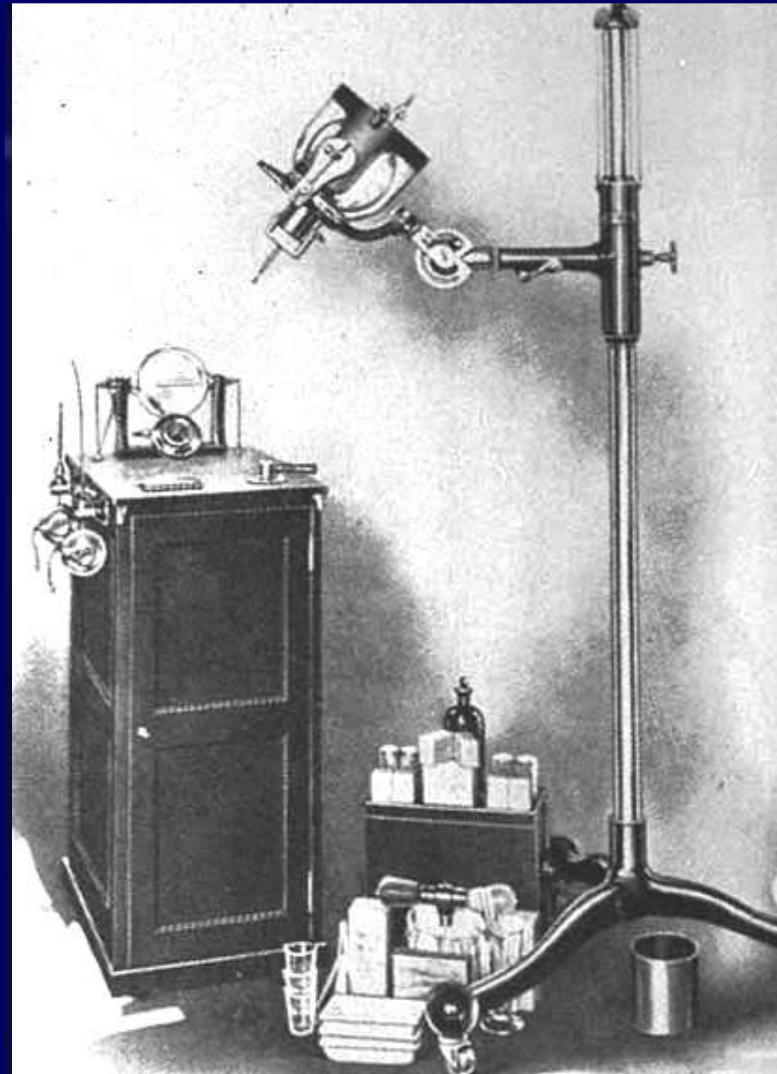
Primera unidad de rayos x comercial, 1905



Reiniger-Gebbert and Schall Co., Germany



Primera unidad de rayos x comercial en USA, 1913



American X-Ray Equipment Co. of Cleveland



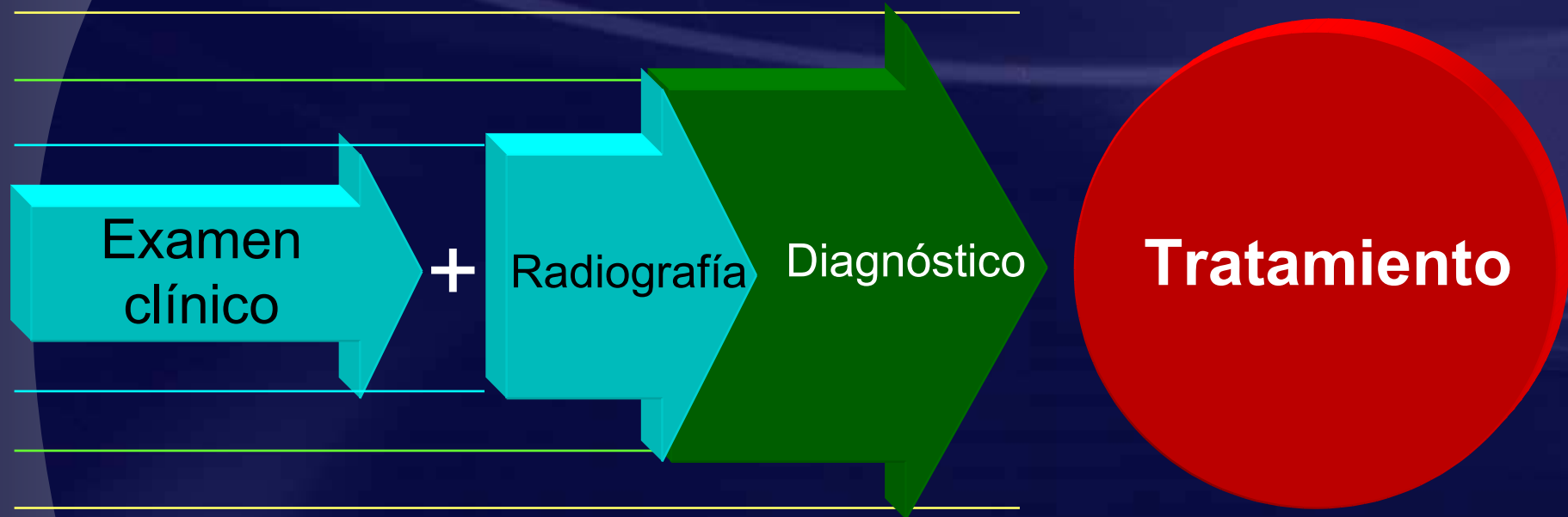
Oficina del Dr. Blum, 1913, New York City





Aparato de rayos x Ritter; modelo de 1925







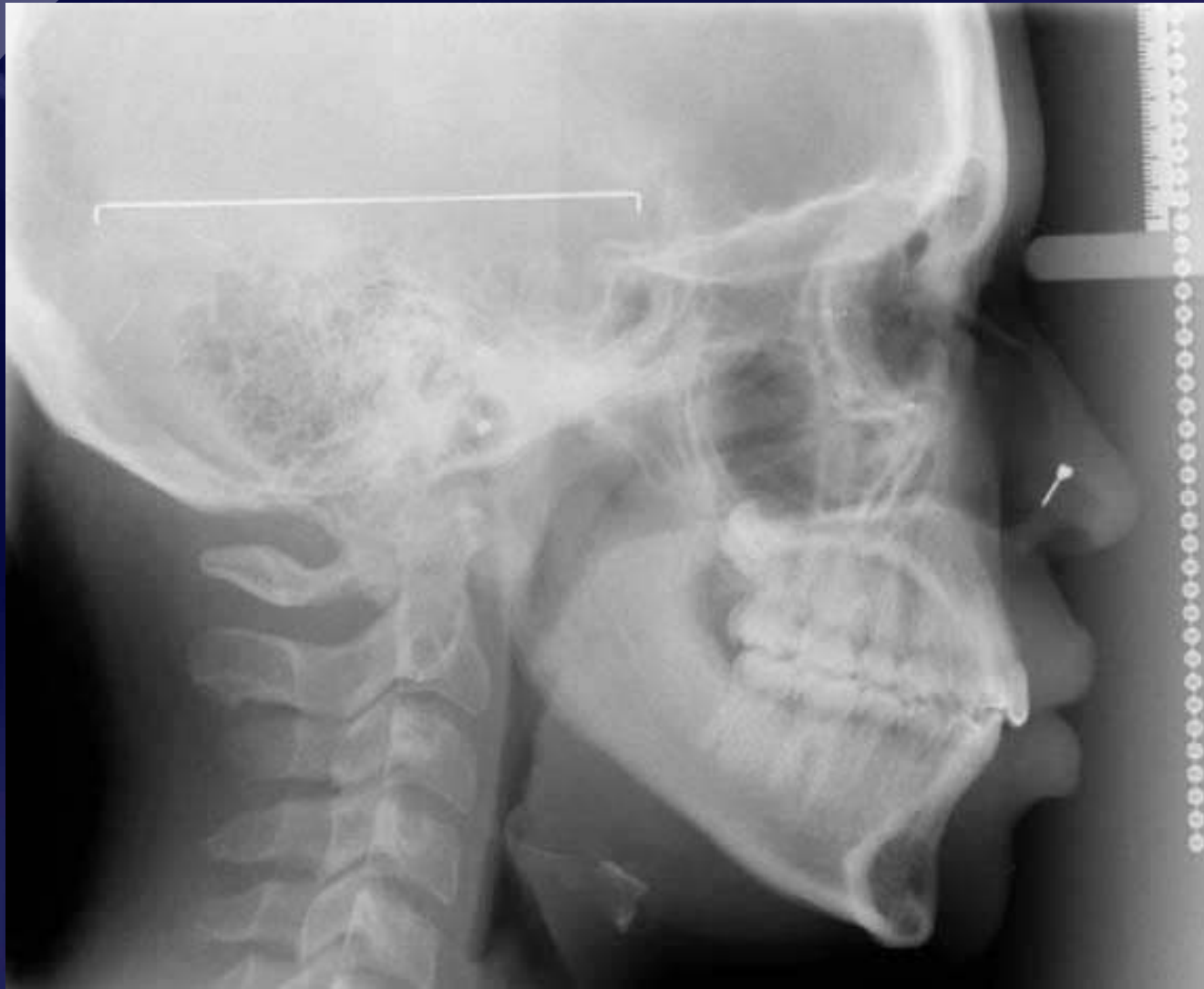
Radiografía interproximal



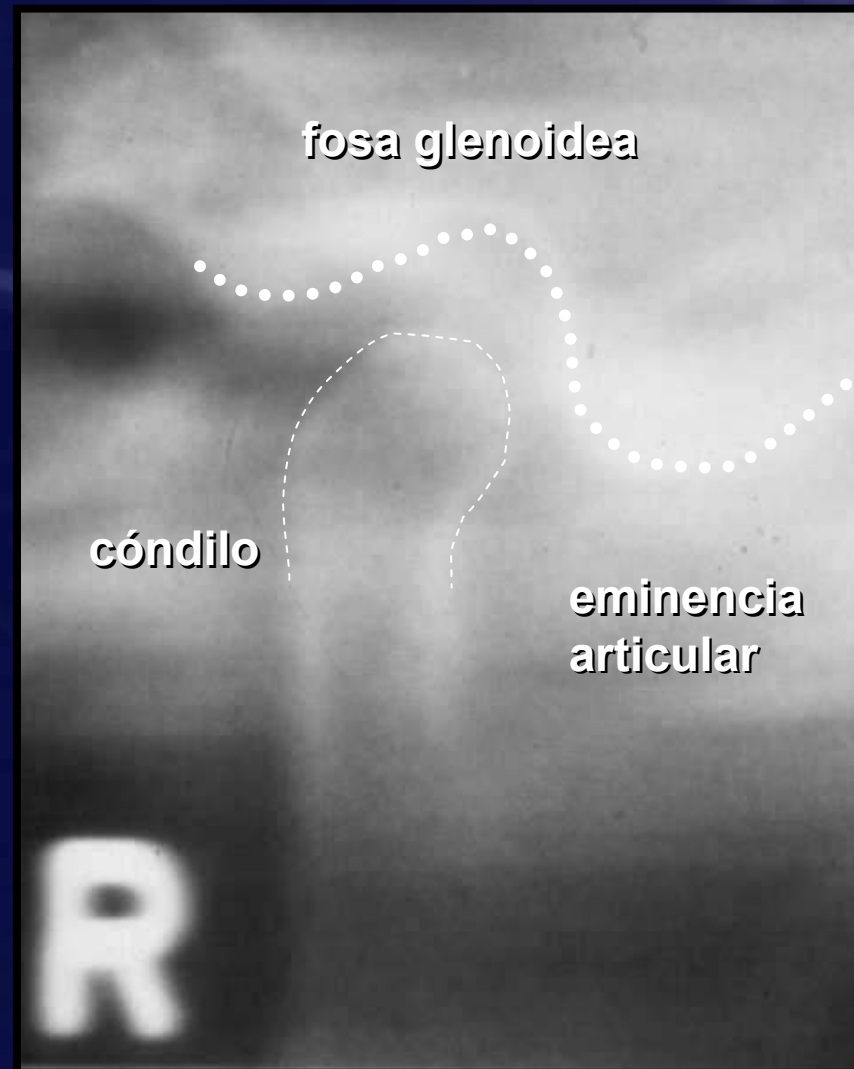
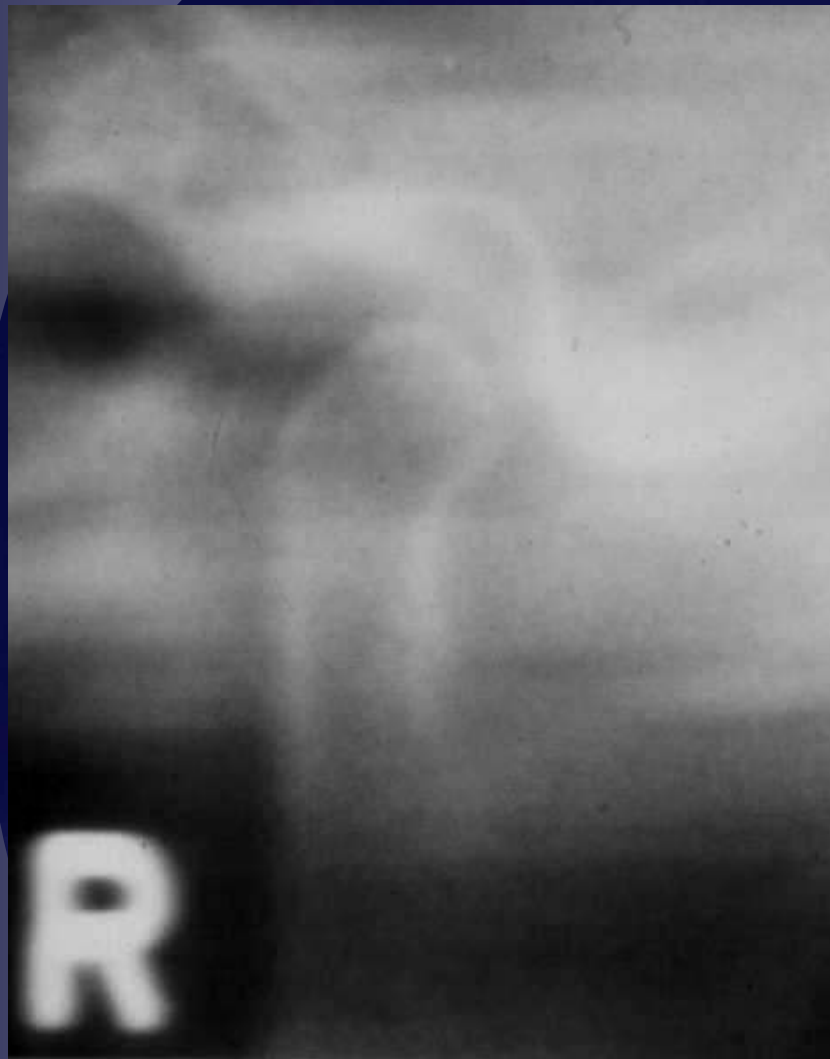
Radiografía periapical



Radiografía panorámica



Radiografía cefalométrica



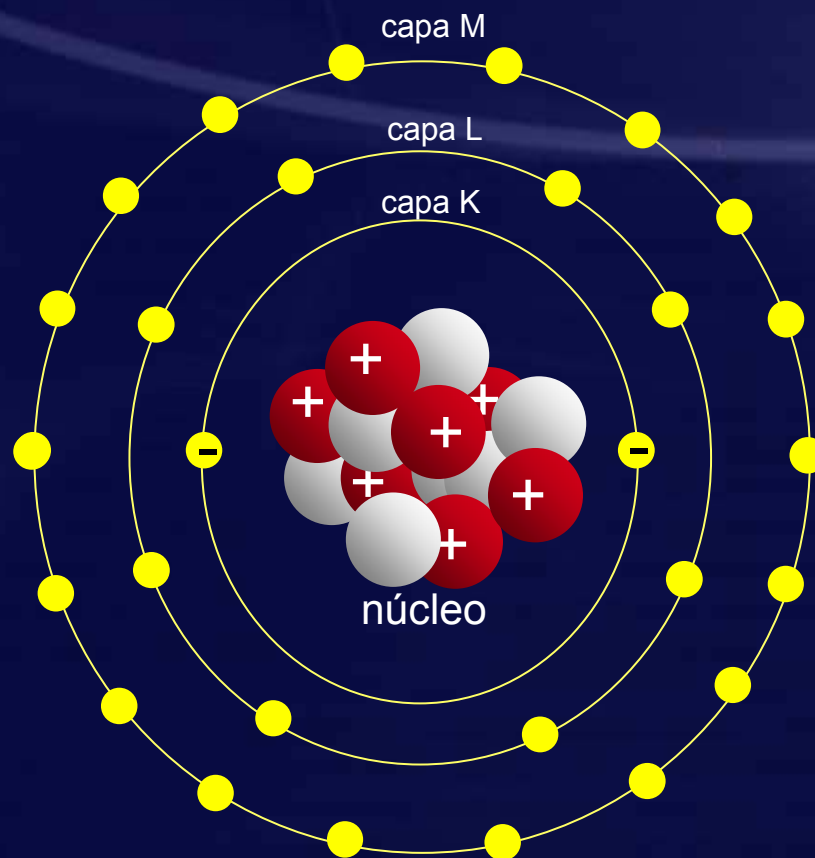
Radiografía de la ATM






Generación de rayos x



Átomo electricamente neutro



- neutrones 
- protones 
- electrones 

número atómico (Z) = # de protones



Fuerza electrostática

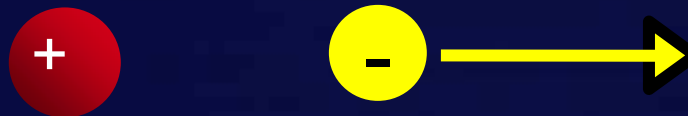
Atracción entre los protones y electrones





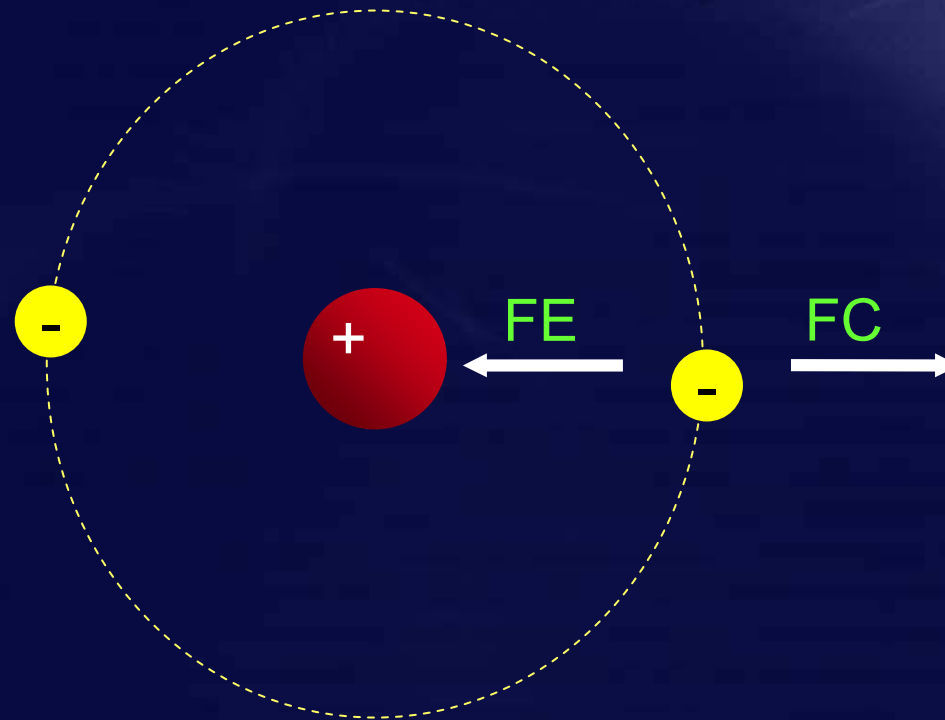
Fuerza centrífuga

Fuerza que empuja los electrones lejos del núcleo





Existe un balance entre la fuerza electrostática y la fuerza centrífuga que mantiene a los electrones en órbita alrededor del núcleo.





Energía de enlace

Es la cantidad de energía requerida para remover un electrón de su órbita. Esta energía depende del número atómico (Z) (# de protones).



Radiación electromagnética

Es movimiento de la energía a través del espacio en una combinación de electricidad y campo magnético.

Viajan a la velocidad de la luz

(3×10^8 metros/segundos)

(186,000 millas/segundos)



Espectro electromagnético



radio



tv



luz
visible



rayos
x



rayos
gamma



rayos
cósmicos

Aparato y producción de rayos x



Rayos X
y Rayos Gamma

Rayos Ultravioleta

Luz Visible
Rayos Infrarrojos

Medidas en nanómetros

Medidas en metros

Ondas de radio



100.000
10.000
1.000
100
10
1
10
100
1.000
10.000
100.000
1.000
10.000
100.000
1.000
10.000
100.000

Radioterapia



Radiografía dental



Sol



Fotografía



Microondas



Radar



Televisión

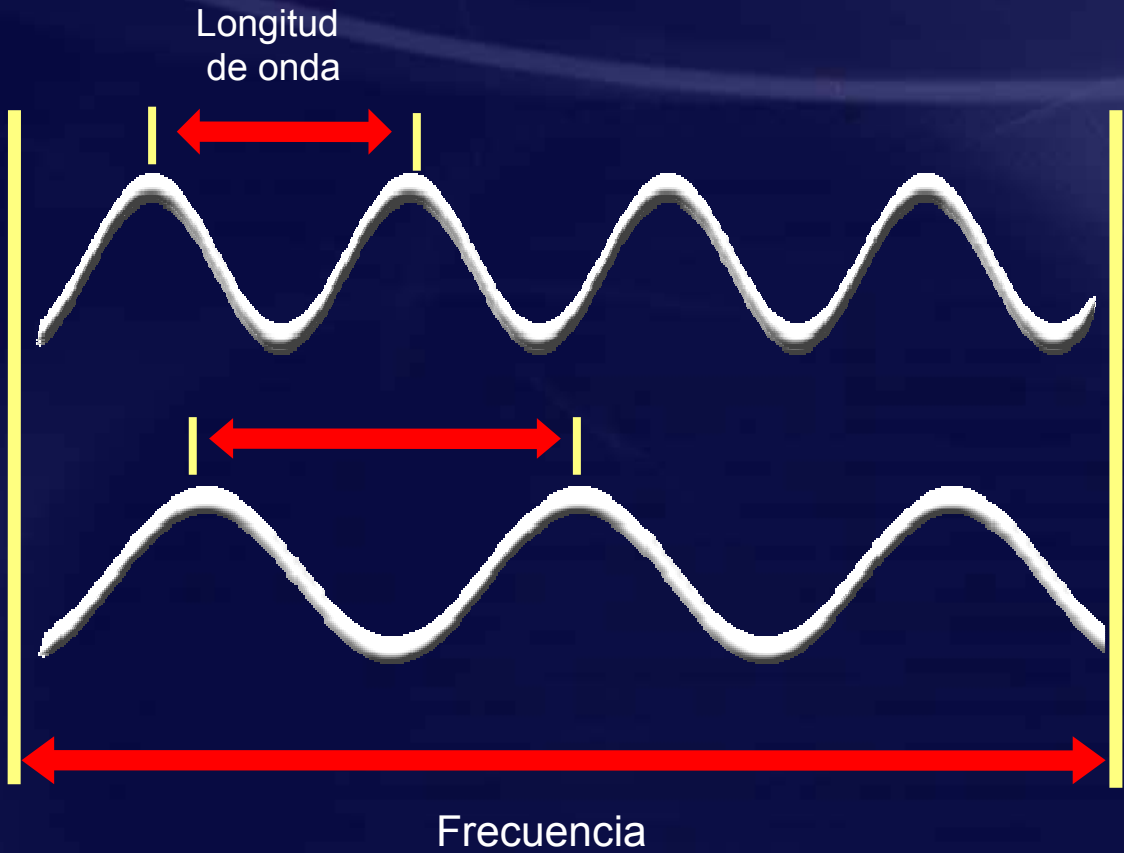


Radio





Longitud de onda - frecuencia





Energía de penetración

Es el poder de penetración de una onda electromagnética

Menor longitud de onda, mayor energía

Mayor frecuencia, mayor energía

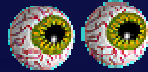



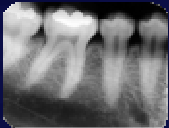
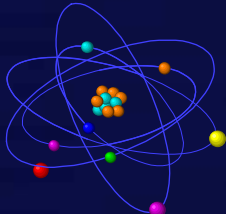


Rayos x

Es una forma de radiación del alta energía (ionizante) que se propaga en el espacio en forma de ondas o partículas.



Características de los rayos x

- Son invisibles 
- Viajan a la velocidad de la luz y en línea recta 
- No se pueden enfocar, son divergentes 
- Poder de penetración-alta energía 
- Capacidad de generar una imagen en una película fotográfica 
- Capacidad de ionizar y dañar tejidos vivos 
- No tienen masa
- No presentan carga (neutro)
- Producen fluorescencia



Aparato de rayos x

**Partes de
un aparato
de rayos x**

Cabezal

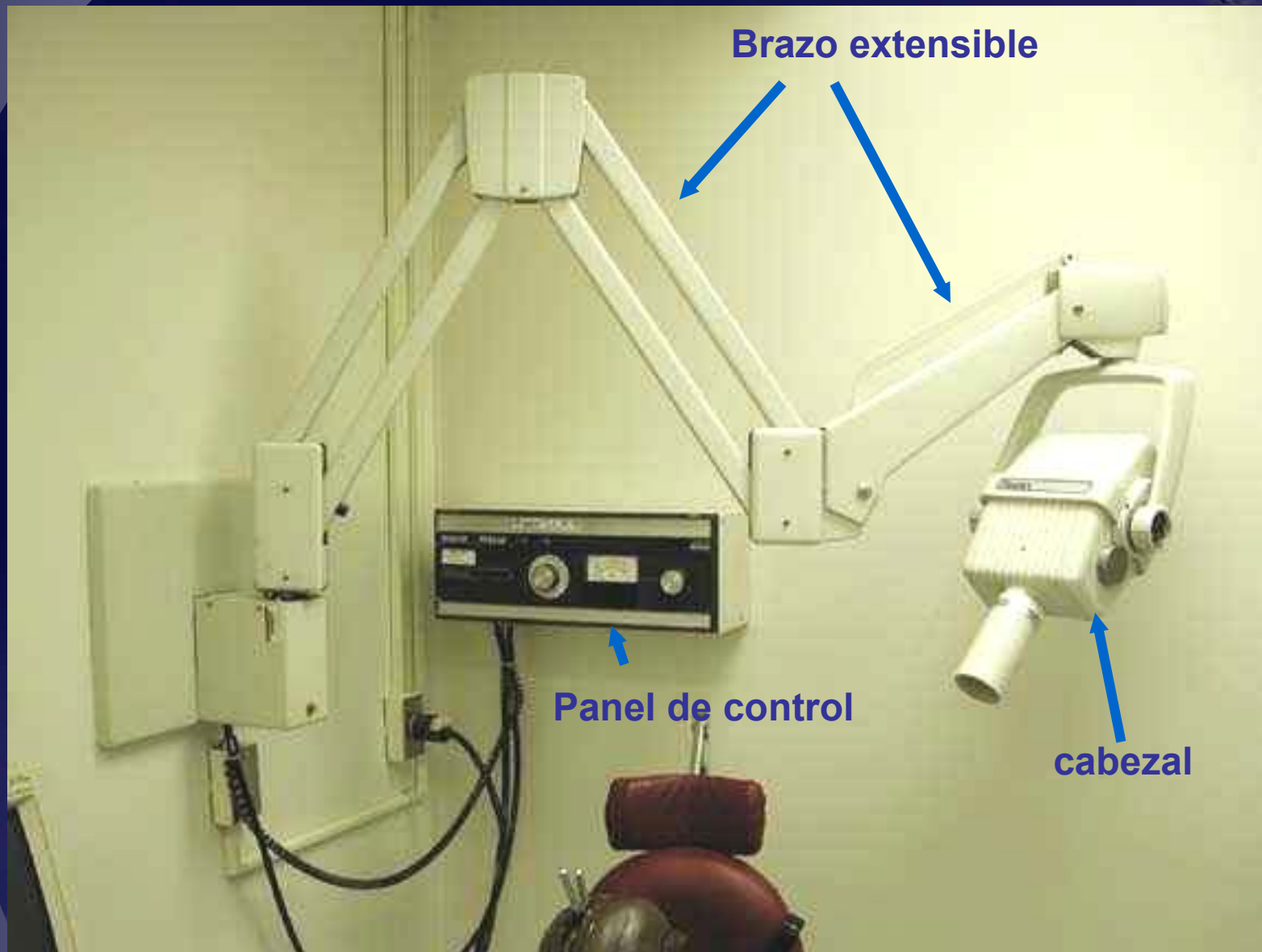
Brazo extensible

Tablero de control



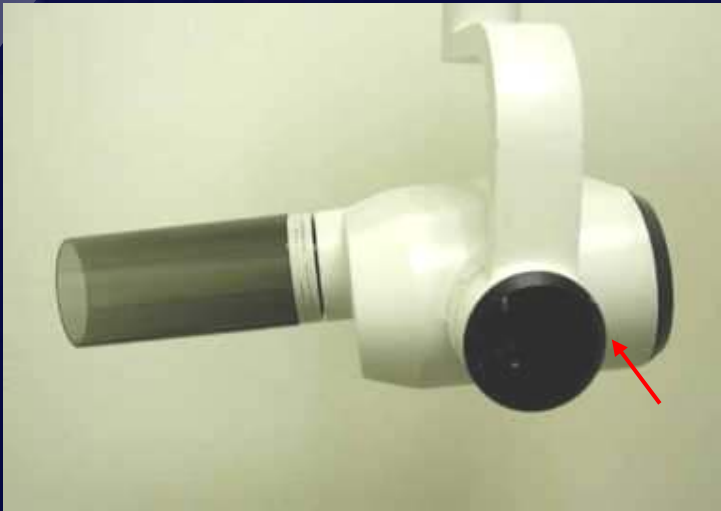
Aparato de rayos x







Cabezal



Angulaciones (goniómetro)





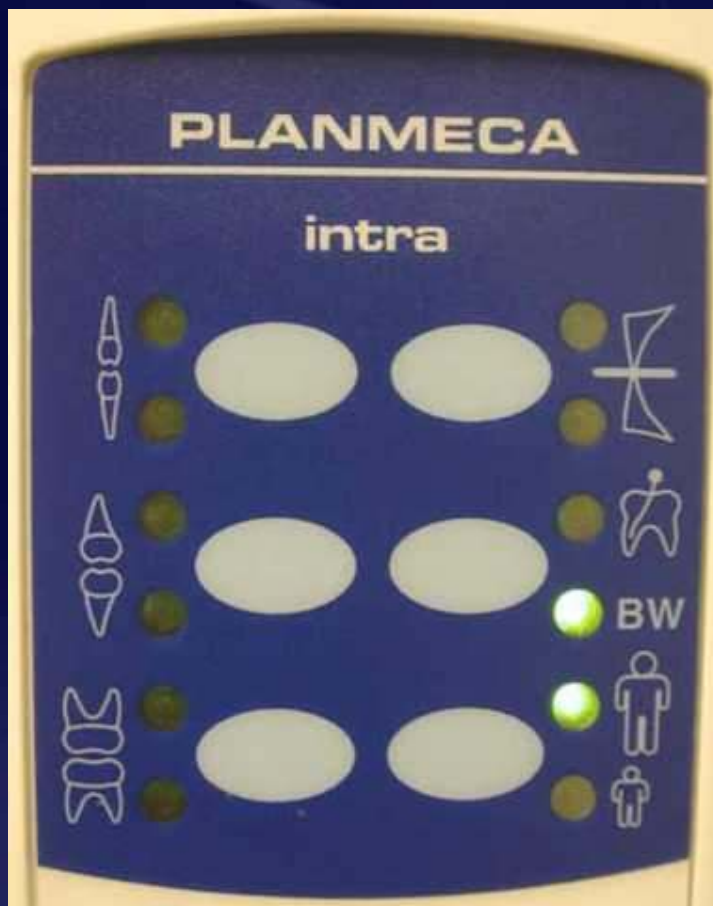
Panel de control



Tiempo de exposición ajustable



Panel de control





Panel de control

control mA
(10-15)

lector kVp
(50-100)

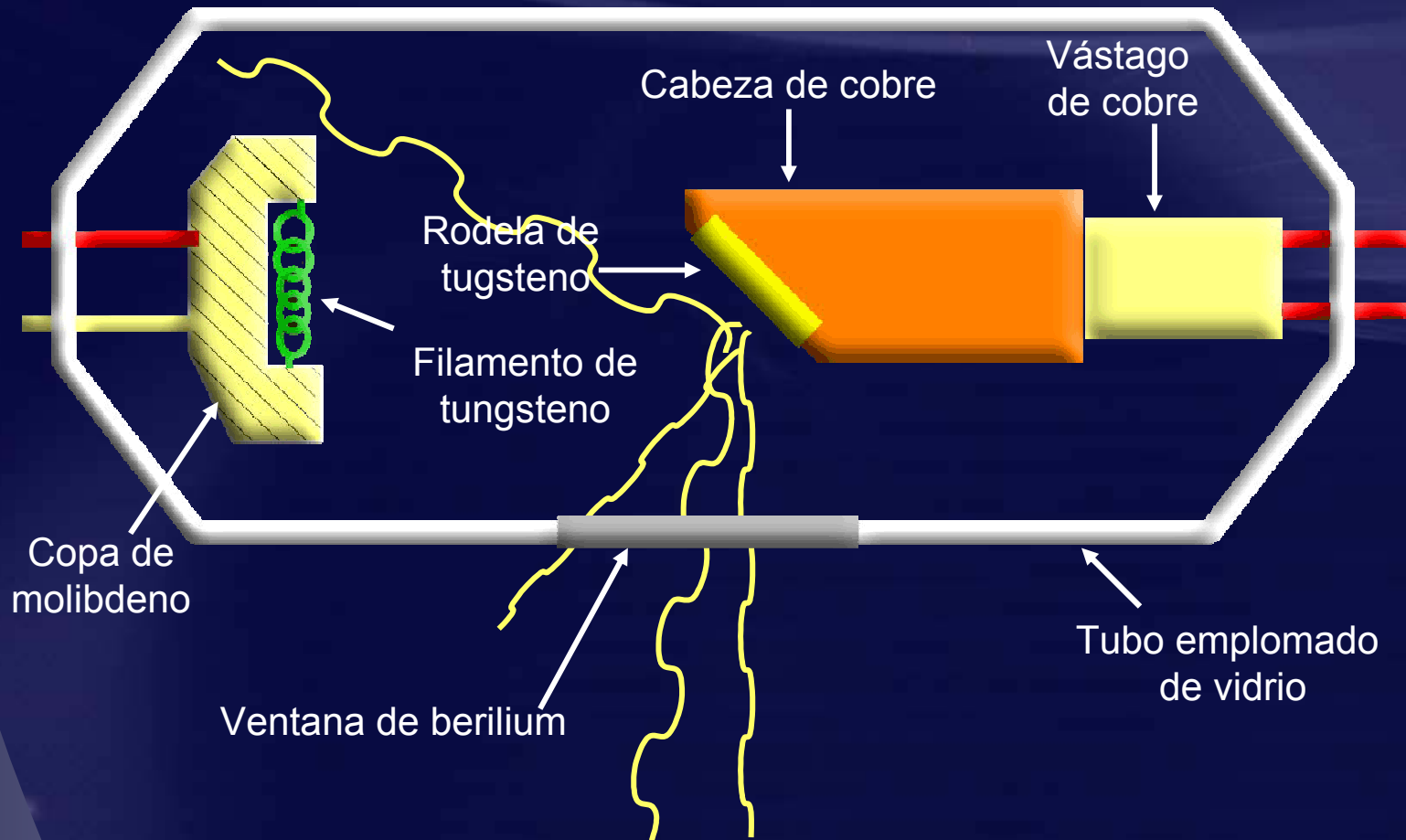
control kVp



Tiempo exposición (3 impulsos-5 minutes)

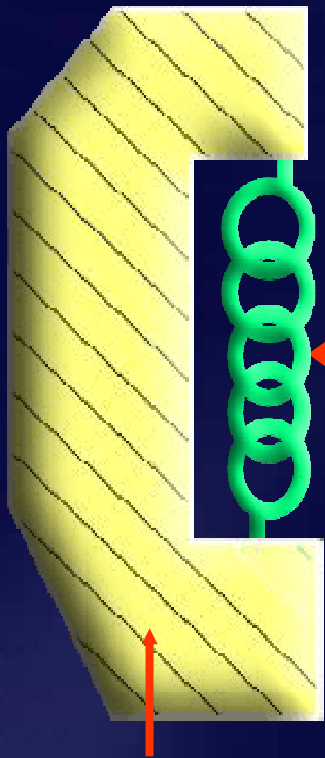
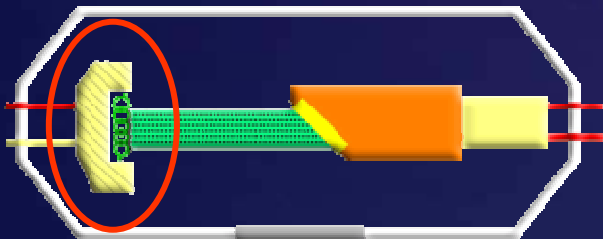


Tubo radiógeno - componentes

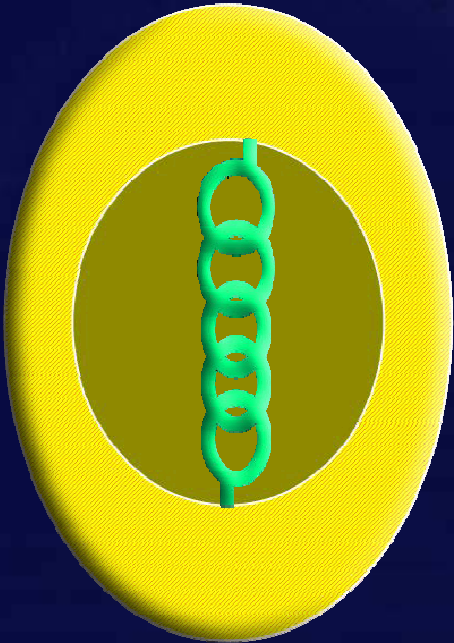




Cátodo (-)



Filamento de tungsteno

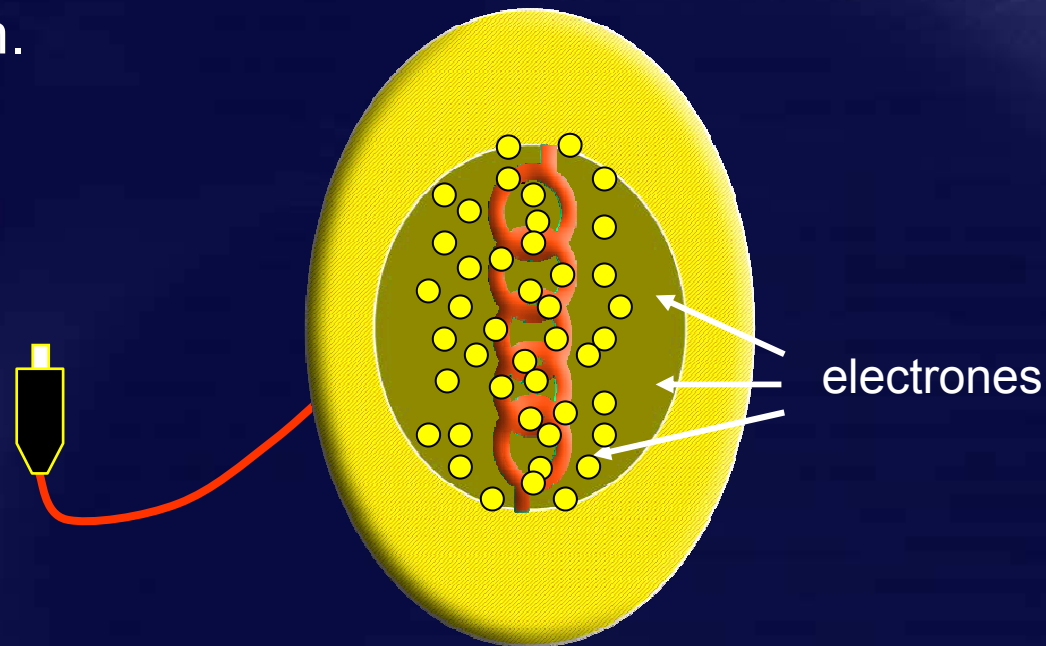


Copa de molibdeno



Emisión termo-iónica

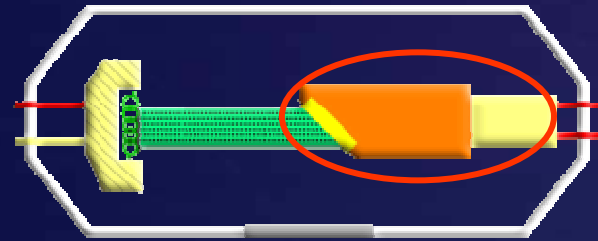
Es la liberación de electrones del filamento caliente cuando la corriente fluye, después que se ha presionado el botón de exposición.



Cuanto mayor es el calentamiento del filamento, mayor será el número de electrones que se liberan.



Ánodo (+)

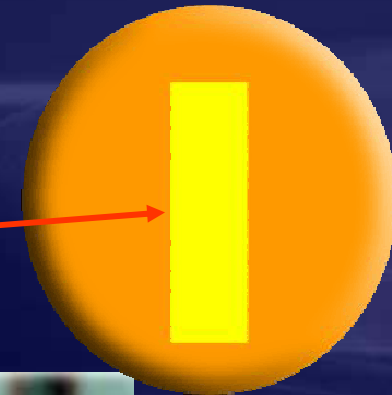


rodela de tungsteno

Cabeza de cobre

vastago de cobre

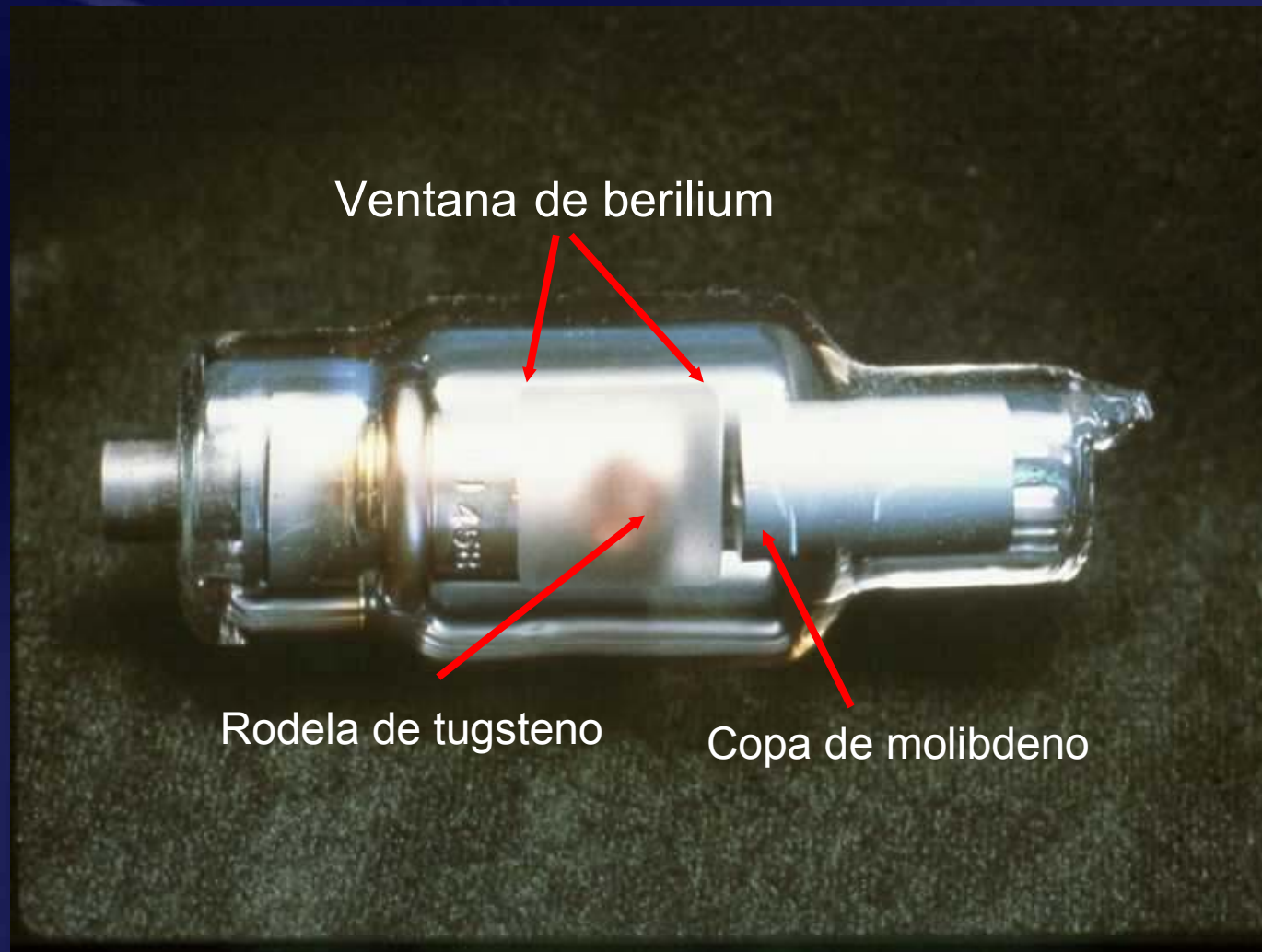
rodela de tungsteno



Los ánodos de los aparatos de rayos x dental son estacionarios

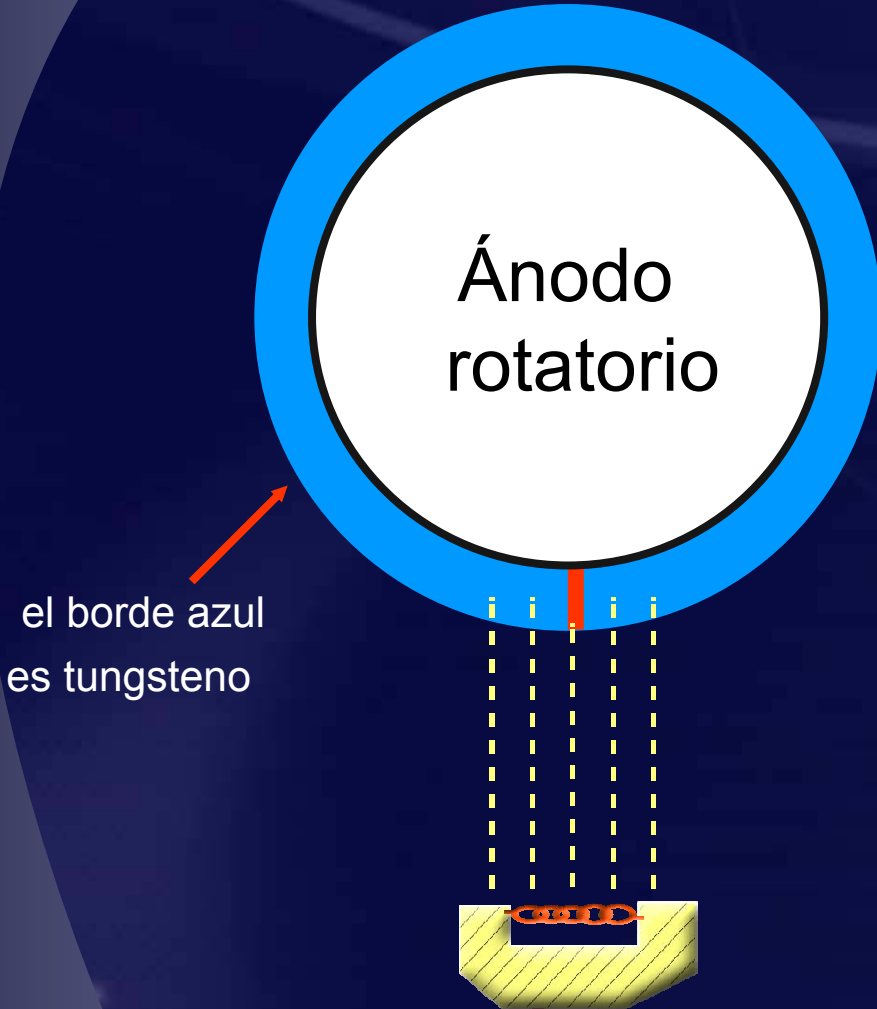


tubo radiógeno

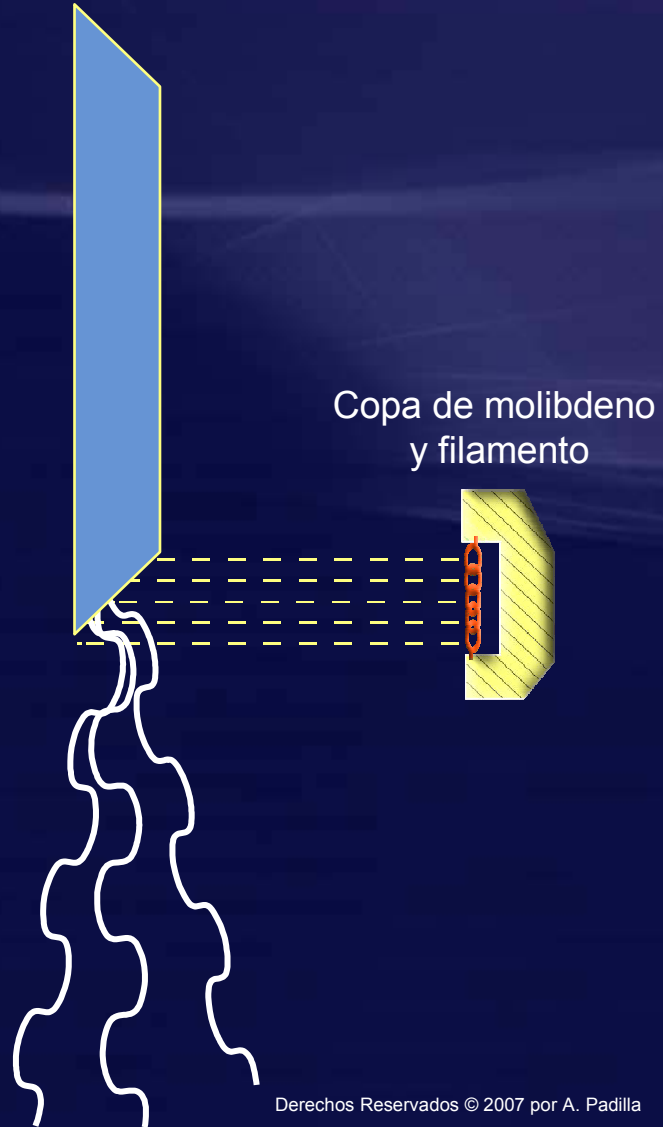




Ánodo en aparatos médicos



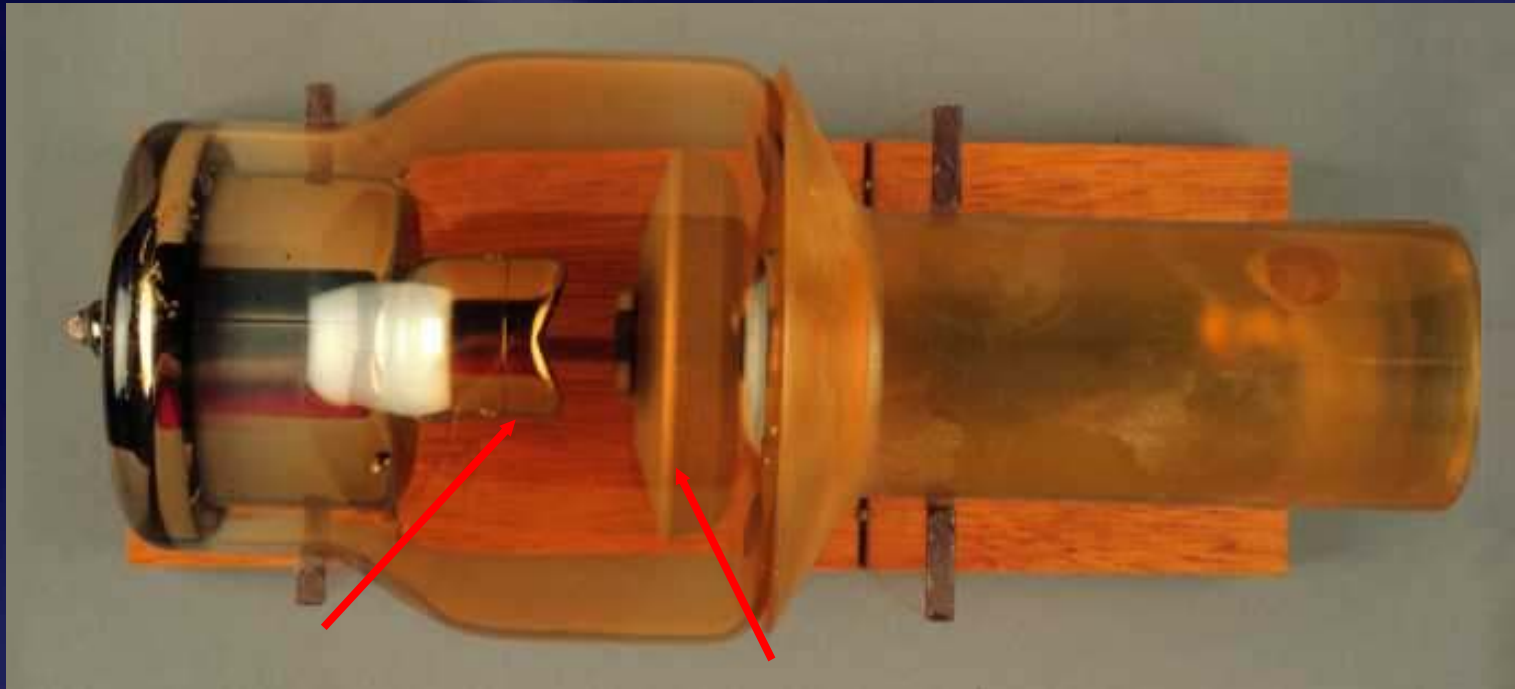
el borde azul es tungsteno



Copa de molibdeno y filamento



Ánodo en aparatos médicos



Copa de molibdeno

Rodela de tungsteno



Tungsteno (filamento y objetivo)

- Alto número atómico ($Z=74$)
- Alta conductibilidad térmica.
- Alto punto de fusión (3422°C)
- Puede ser moldeado en fino alambre
- Altas temperaturas - baja presión de vapor

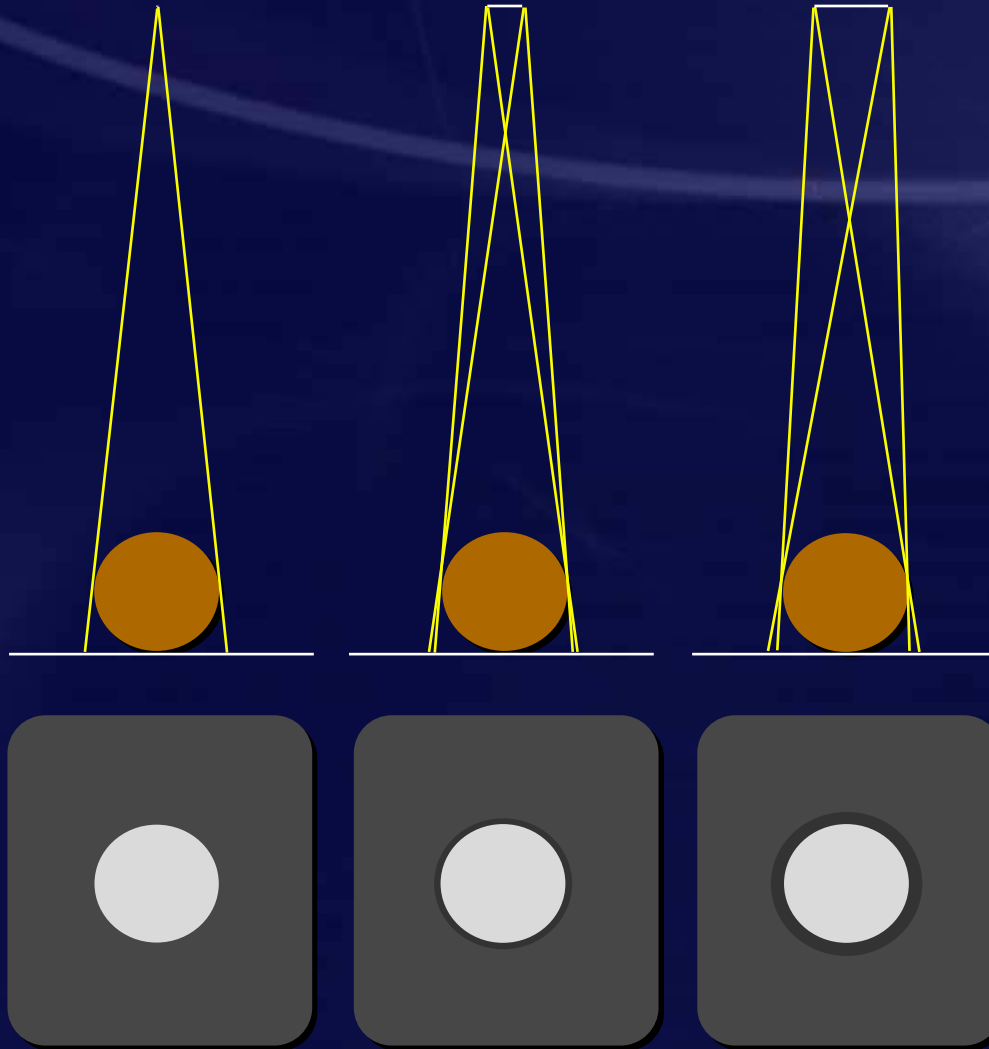


Punto focal o de origen

Mientras mas pequeño sea el punto focal, la nitidez de la imagen será mejor.

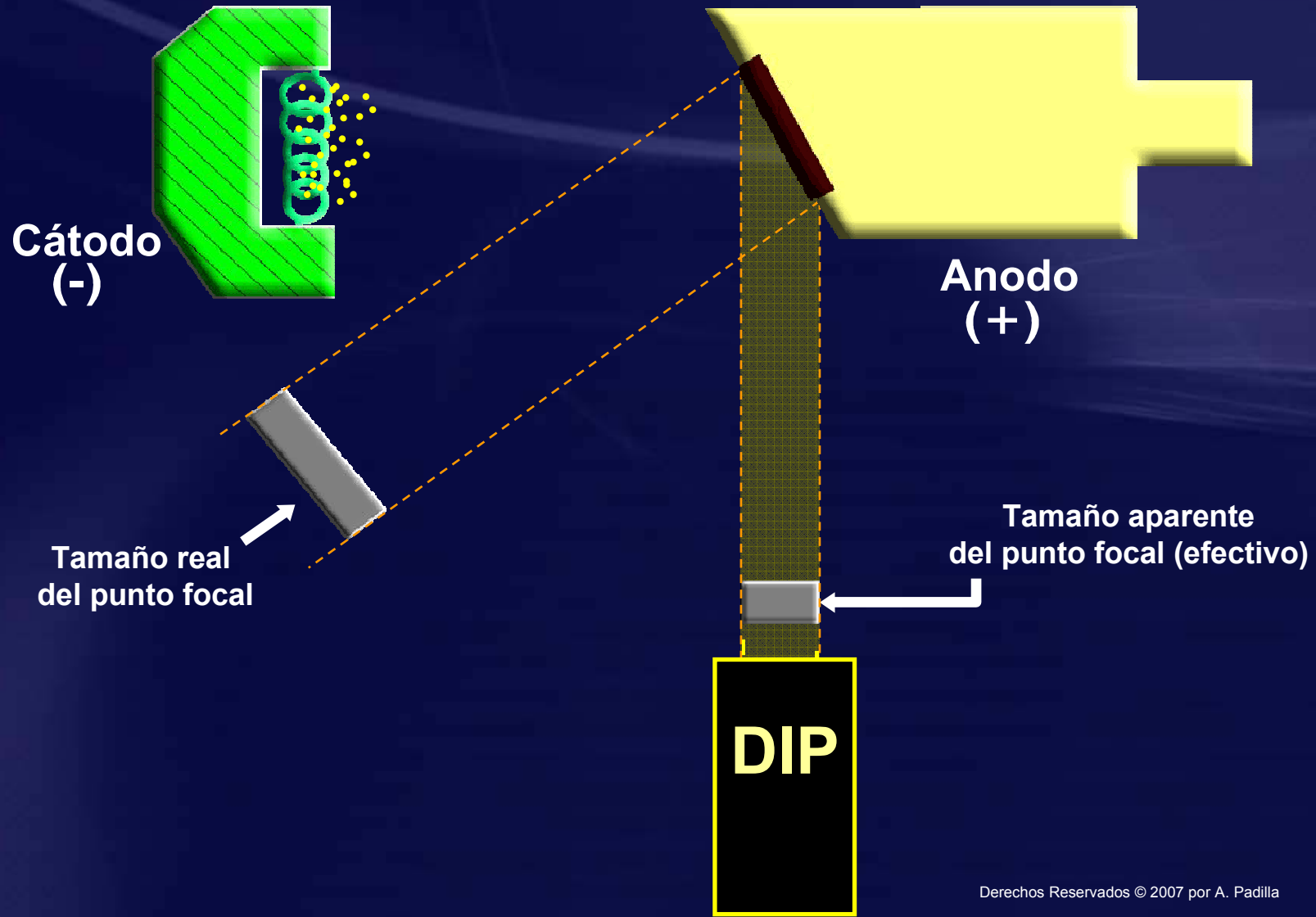
Durante la producción de rayos x, se genera mucho calor (99%). Si la rodela es muy pequeña, se recalentará y quemará.

Punto de origen pequeño





Punto de origen pequeño

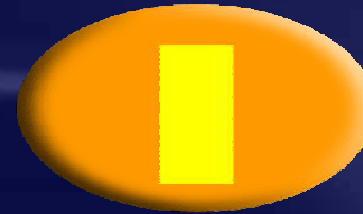




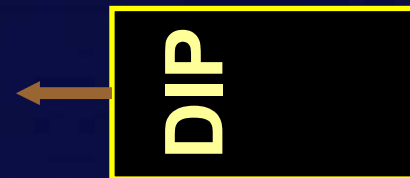
Punto de origen pequeño



Tamaño real del punto focal
(perpendicular a la superficie a
radiografiar a través del DIP)



Tamaño aparente (efectivo) del
punto focal.





Componentes del aparato de rayos x



linea 110,220

Panel de control

Switch de exposición
selector mA
selector kVp
Selector de tiempo
Autotransformador

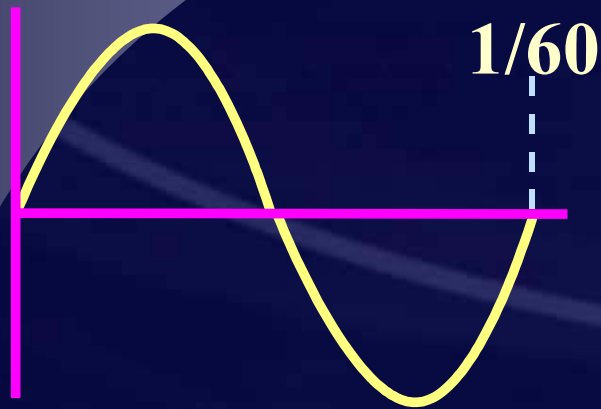
cabezal de rayos x

Transformador de alto voltaje
Transformador de bajo voltaje
Tubo radiógeno
aceite
cables



Selector de tiempo de exposición





$$\frac{\text{Número de impulsos}}{60} = \text{Segundos}$$

$$60 \text{ impulsos} / 60 = 1.0 \text{ segundos}$$

$$30 \text{ impulsos} / 60 = 0.5 \text{ segundos}$$

$$15 \text{ impulsos} / 60 = 0.25 \text{ segundos}$$



Switch de Exposición



Permite que la corriente fluya a los circuitos completos de la alta y baja tensión.

¡ Deje de presionar el switch en el momento que se deje de emitir la señal luminosa o la sonora !



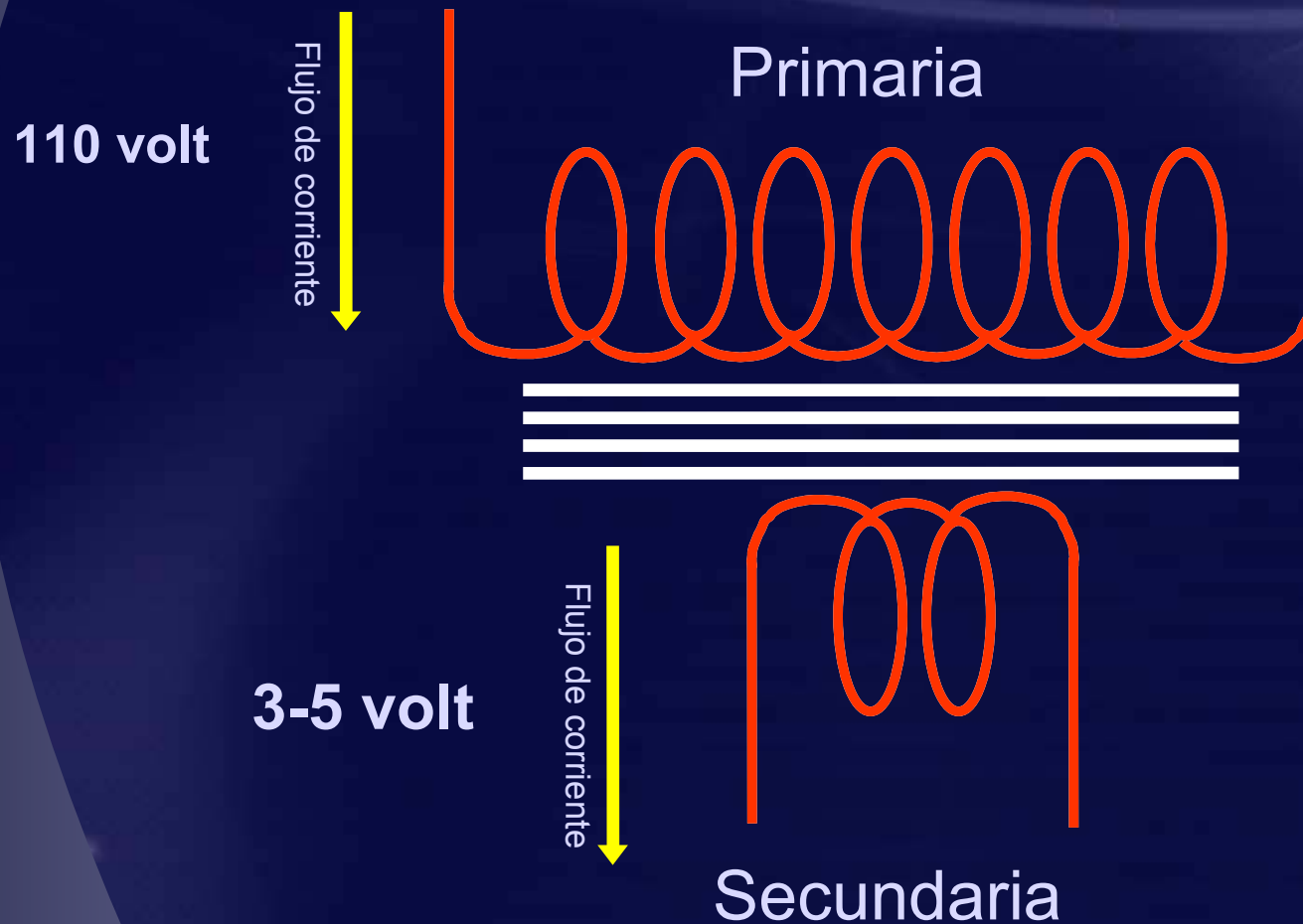
Selector de miliamperaje (mA)





Transformador de bajo voltaje

110 volt → 3 – 5 volts Circuito del filamento





Selector de Kilovoltaje kVp



lector kVp

control kVp



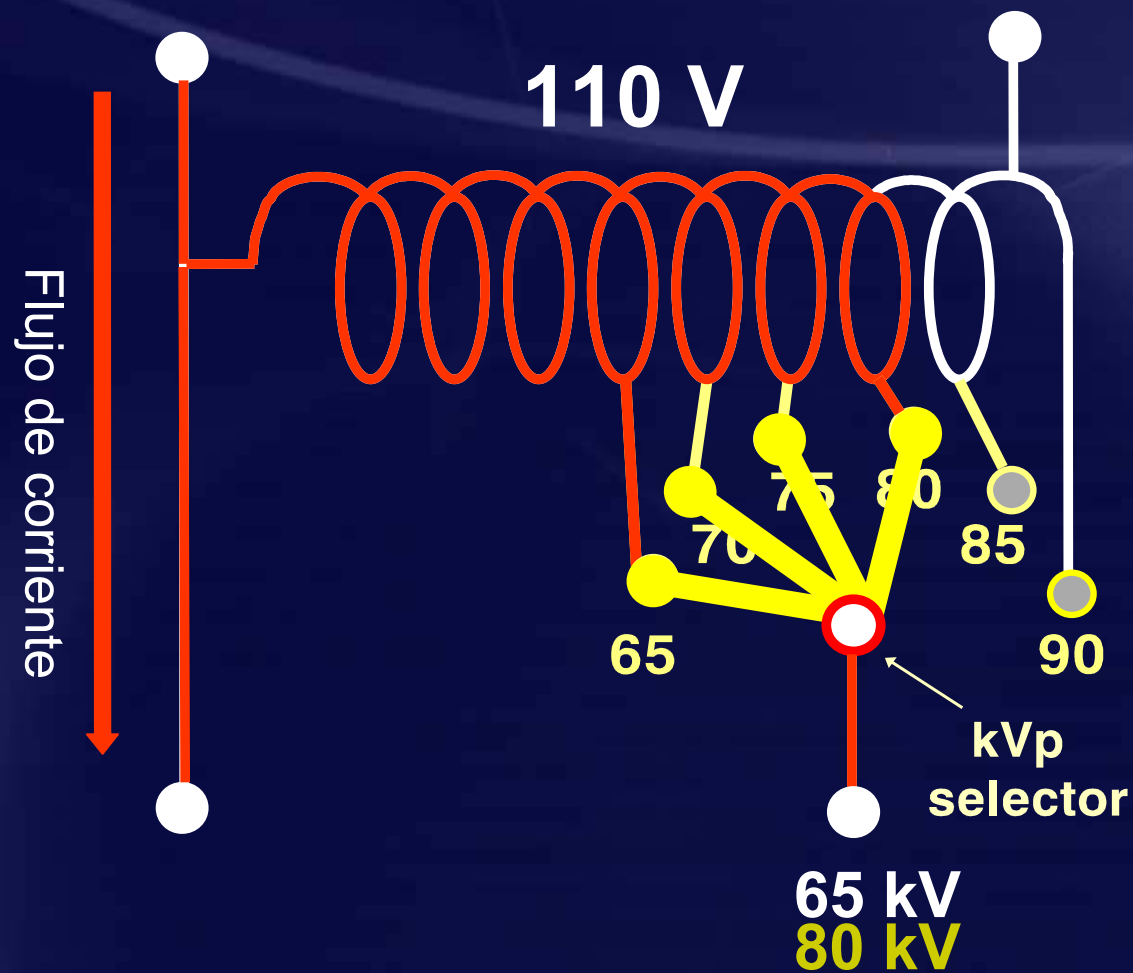
Autotransformador

Controla el voltaje entre el ánodo y el cátodo

Esta regulado por el selector kVp
(similar a un reostato)



Autotransformador





Transformador de alto voltaje

65 - 90 V → 65,000 - 90,000 V (65 kVp - 90 kVp)

110 volts

Flujo de corriente ↓

Primaria



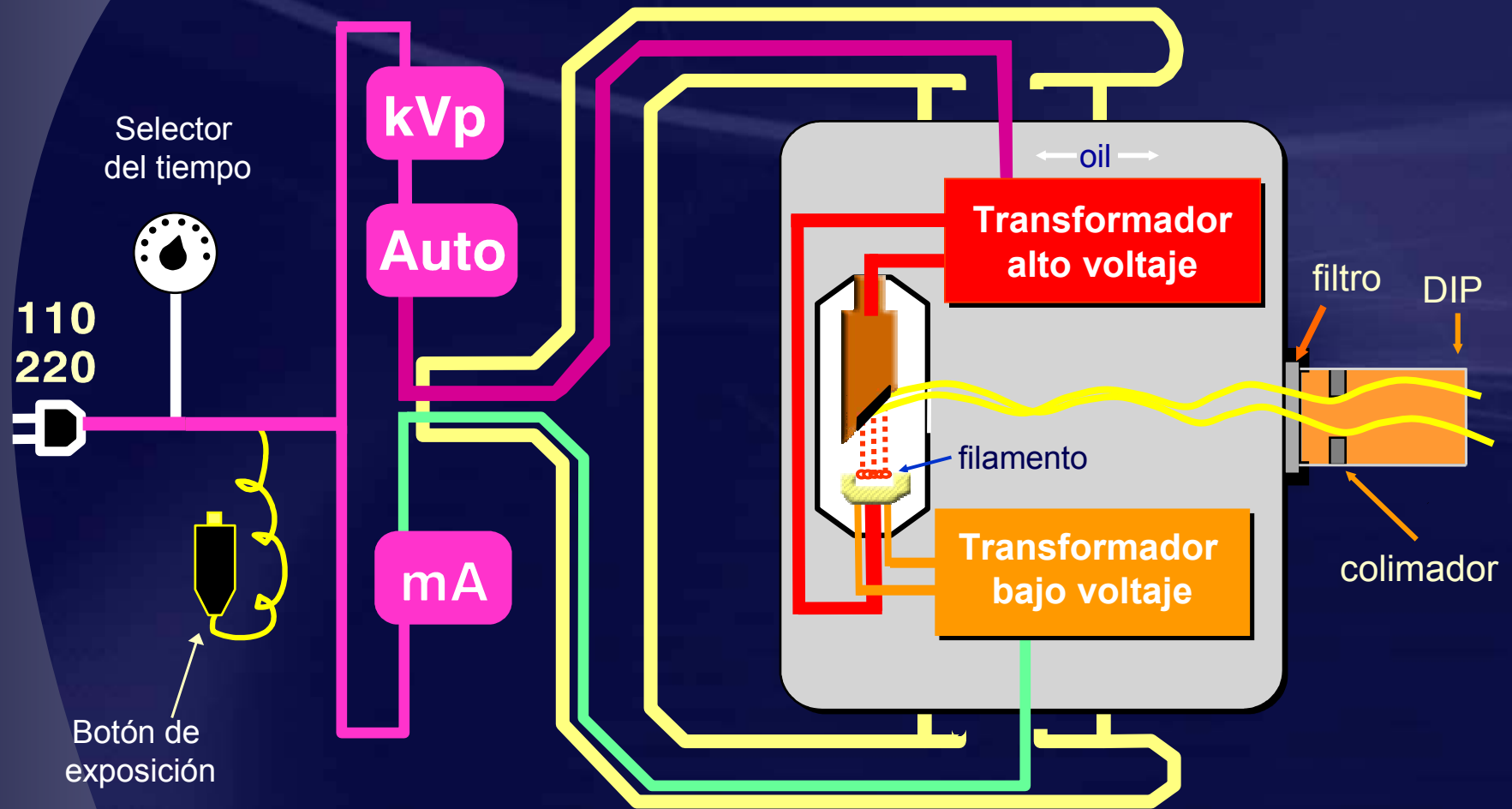
Secundaria

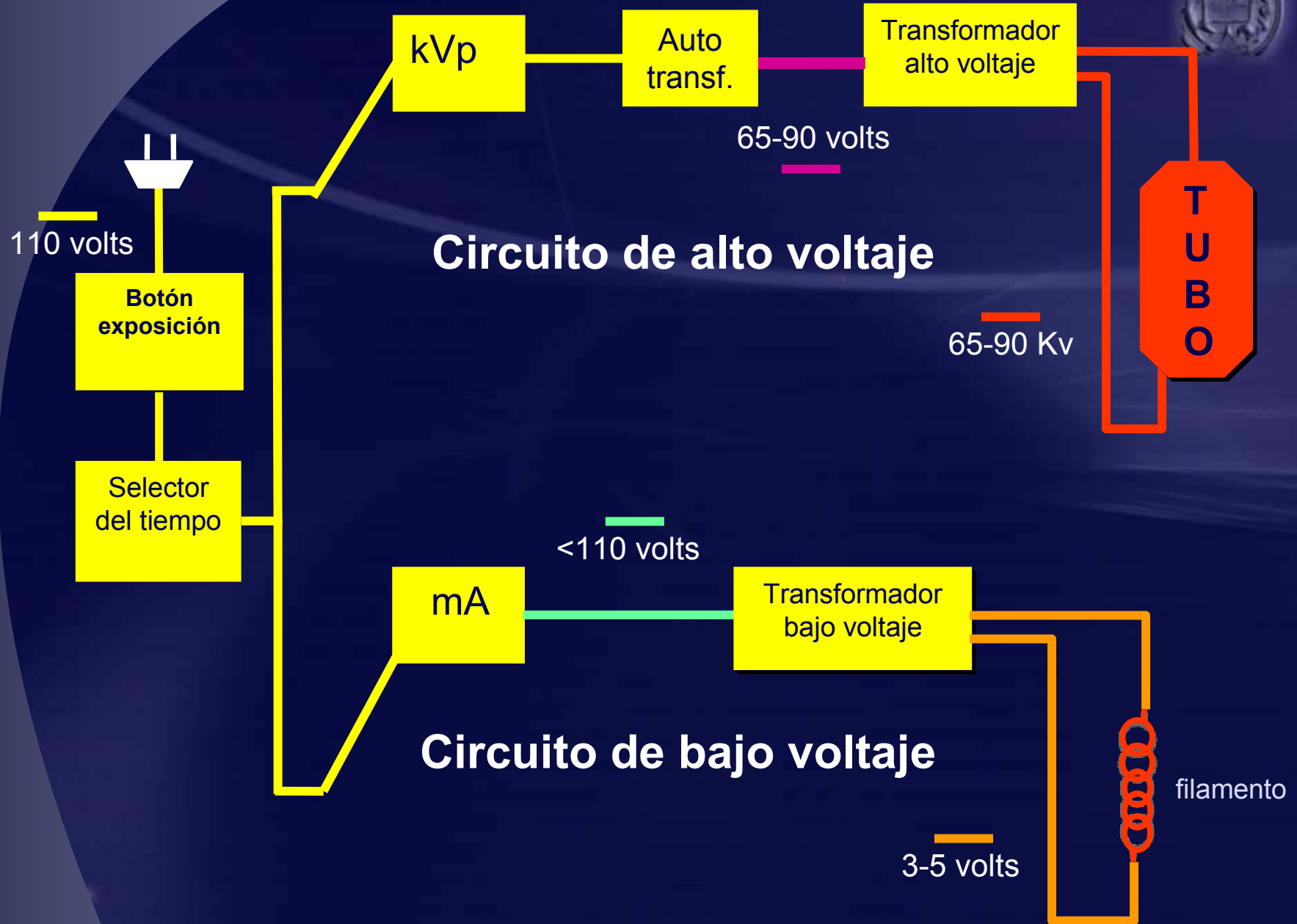
Flujo de corriente ↓

65.000 a
90.000 volts



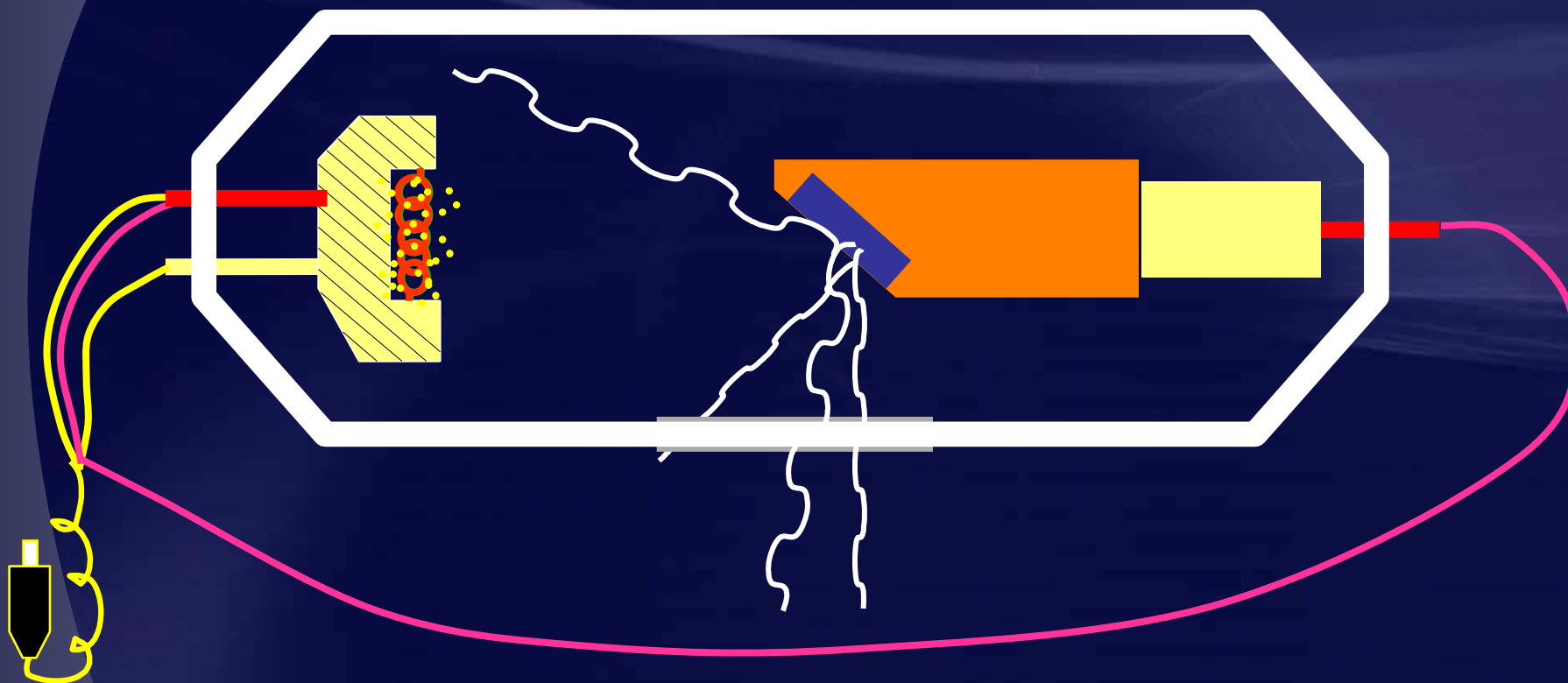
Generación de los rayos x







Generación de los rayos x





Generación de los rayos x

- Radiación por frenado
(Bremmstrahlung)
- Radiación Característica



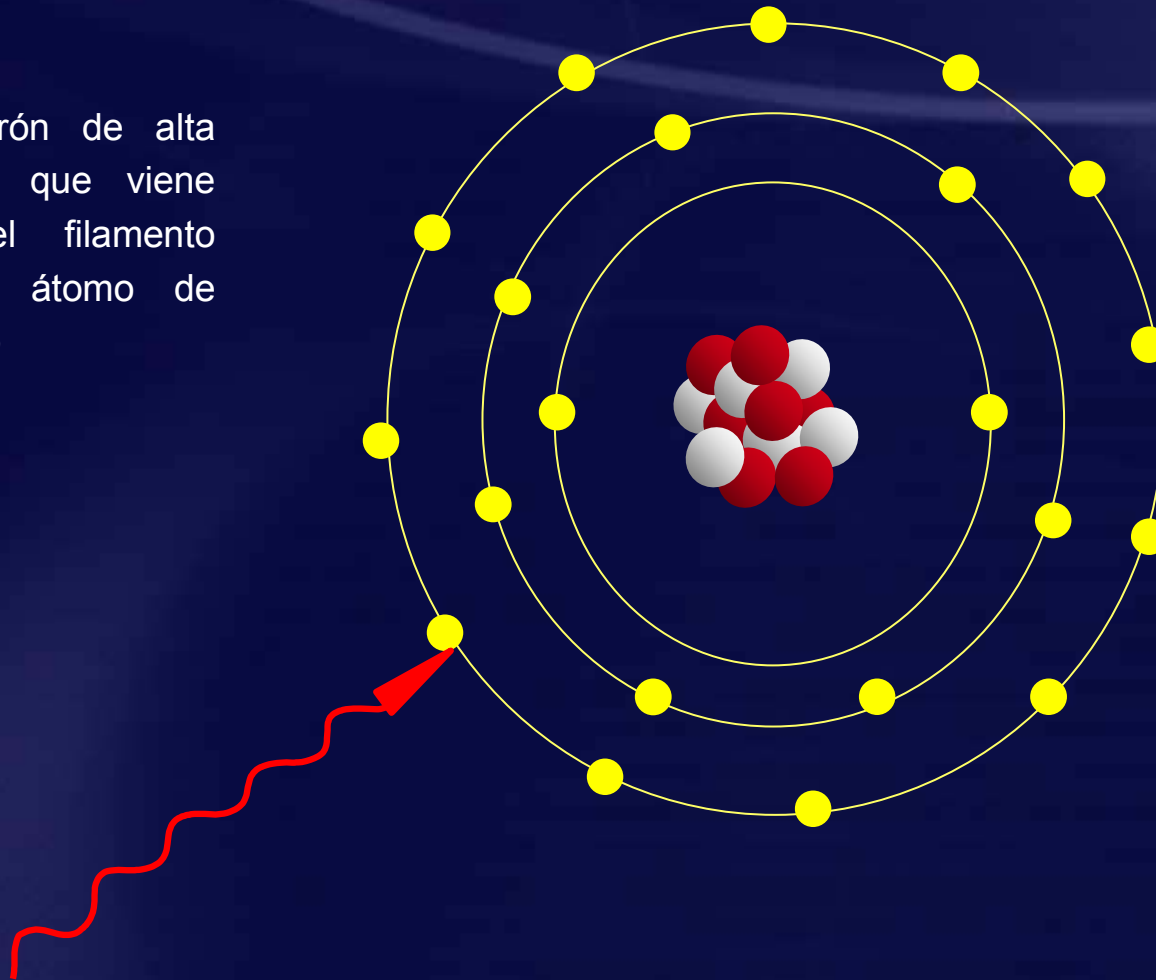
Radiación por frenado

Son los rayos x producidos cuando los electrones que vienen a alta velocidad desde el filamento, son frenados cuando pasan cerca del núcleo, o chocan con el núcleo de los átomos del blanco (rodela de tungsteno)



Radiación por frenado

Un electrón de alta velocidad que viene desde el filamento entra al átomo de tungsteno

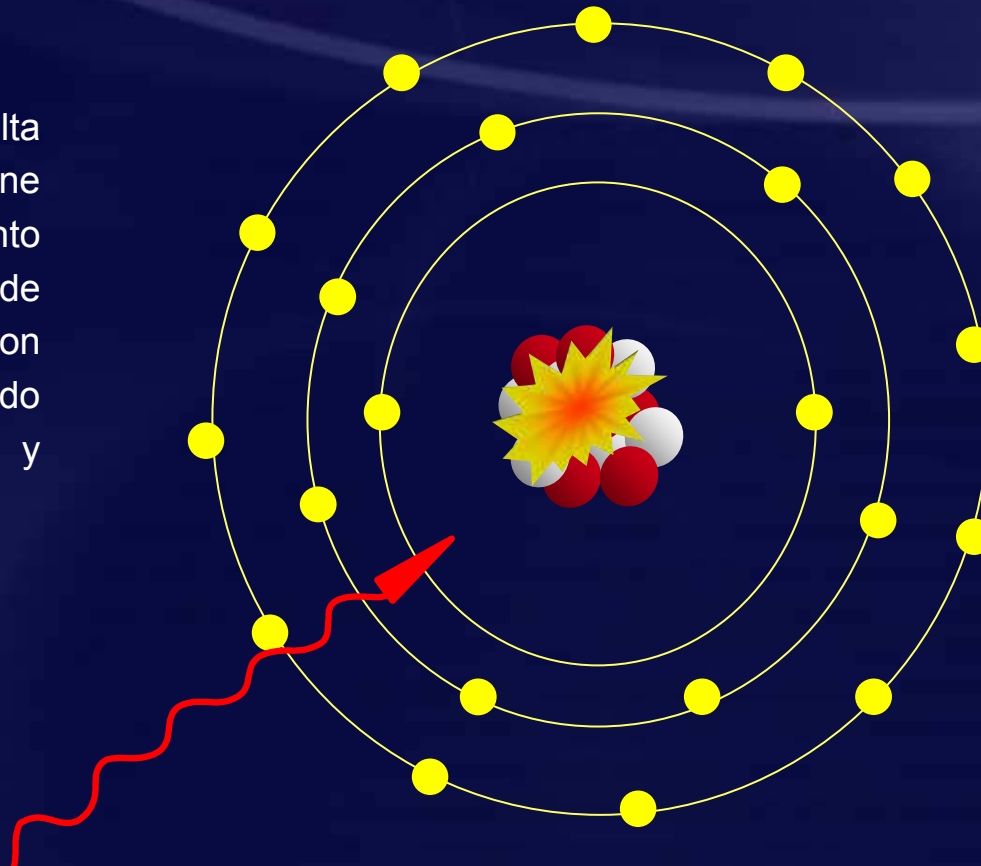


El electrón es frenado por la carga positiva del núcleo y libera energía en forma de rayos x. El electrón continúa hacia otro átomo hasta perder toda su energía



Radiación por frenado

Un electrón de alta velocidad que viene desde el filamento entra al átomo de tungsteno, choca con el núcleo perdiendo toda su energía y desapareciendo.



El fotón de rayos x producido tiene la misma energía del electrón de alta velocidad; esta es la máxima energía posible.



Radiación característica

Los rayos x tendrán una energía característica del material del blanco (energía = diferencia entre las energías de enlace de los electrones del blanco implicados, K ,L, M etc.)

La energía del electrón de alta velocidad del filamento debe ser mayor que la energía de enlace del electrón de la rodela con el cual obra recíprocamente para expulsarlo.



Tungsteno

número atómico = 74

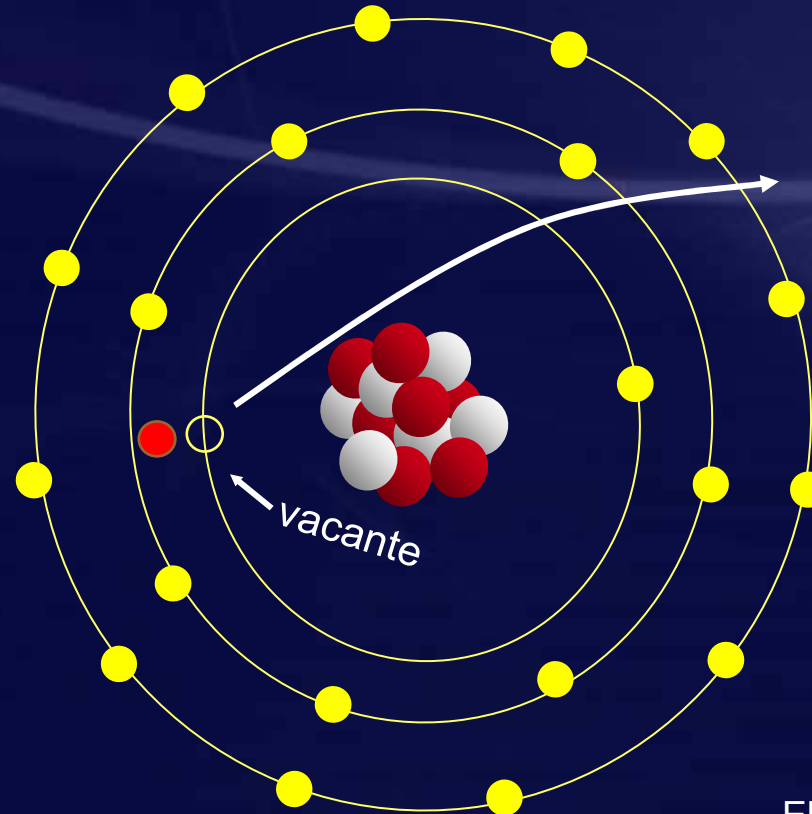
Energía de enlace de la capa K = 70 keV

Energía de enlace de la capa L = 11 keV

Energía de enlace de la capa M = 3 keV



Radiación característica



El electrón expulsado sale del átomo

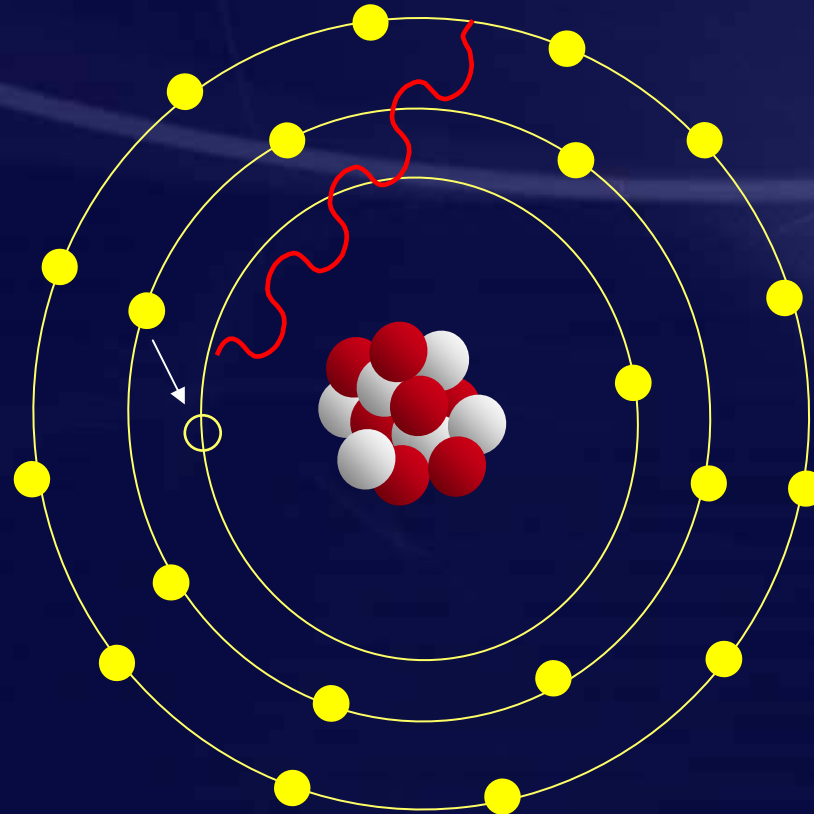
Un electrón de alta velocidad con por lo menos 70 keV de energía (deben ser más que la energía de enlace del átomo del tungsteno de la capa K) choca con el electrón en la capa K)

El electrón del retroceso (con energía muy pequeña) sale del átomo

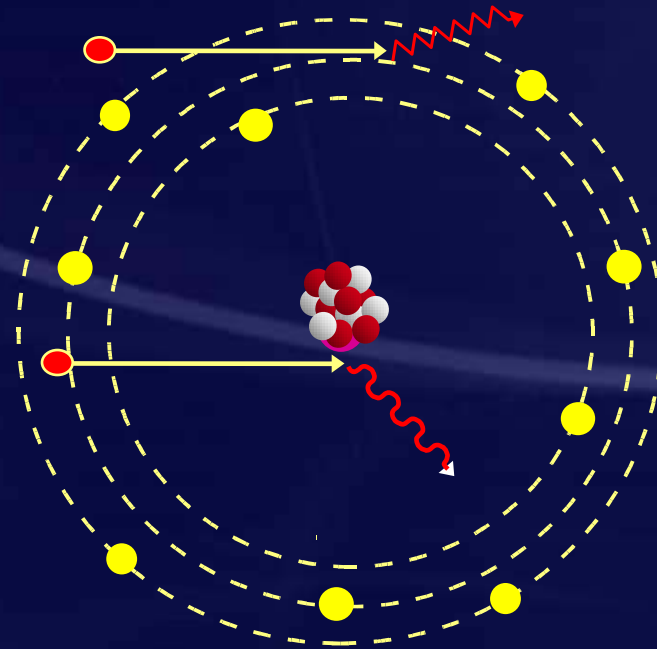


Radiación característica

El electrón de la capa superior va al punto vacante



Un fotón de rayos x con 59 keV de energía. 70 (energía de enlace del electrón de la capa K) menos 11 (energía de enlace del electrón de la capa L) = 59 .



Interacción del electrón
con el átomo

1 % produce rayos x
99 % produce calor

El exceso de calor es controlado por el alto punto de fusión del tungsteno, la característica conductoras de la cabeza y vástago de cobre, y por el aceite circundante.



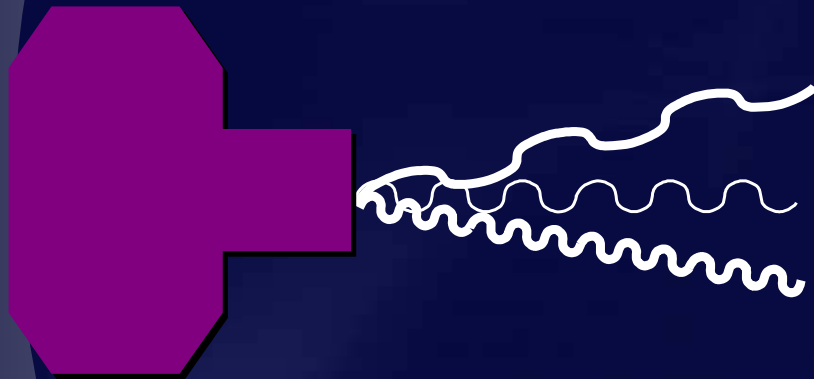
Modificadores del haz de rayos x

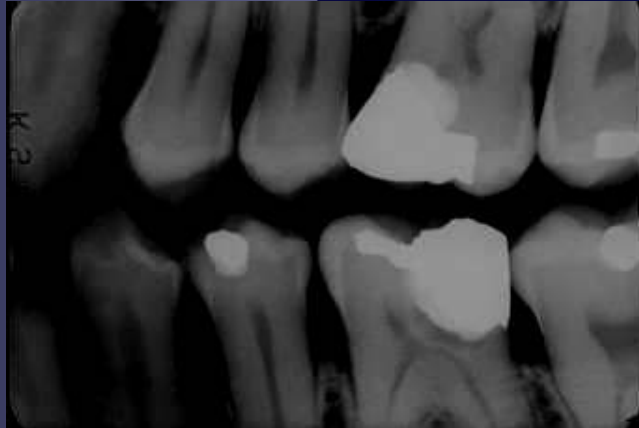
Factores de exposición

- kVp
- mA
- Tiempo de exposición
- Distancia focal

Filtración

Colimación





muchos rayos x, demasiada energía



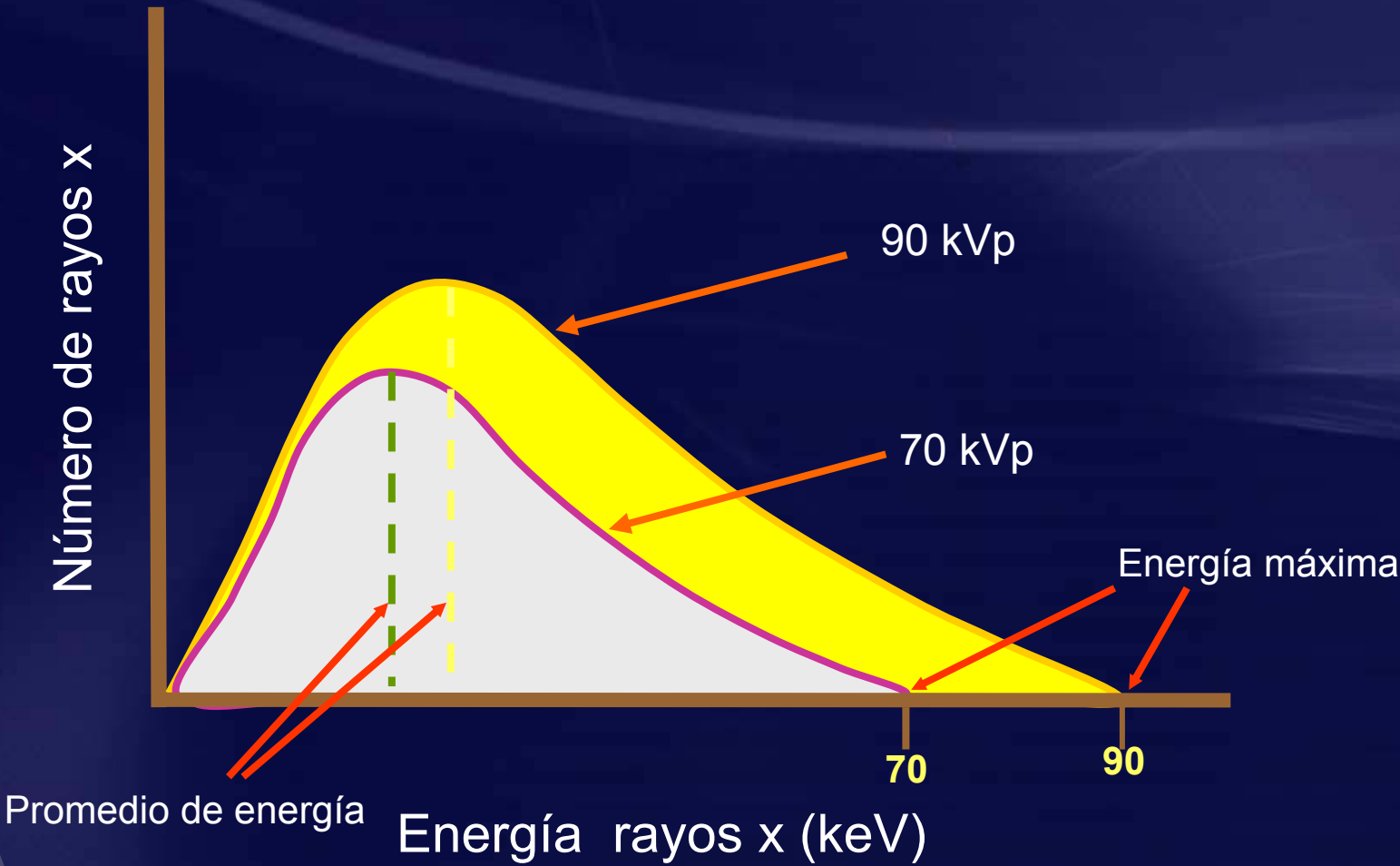
Correcto factores de exposición



insuficientes rayos x, poca energía

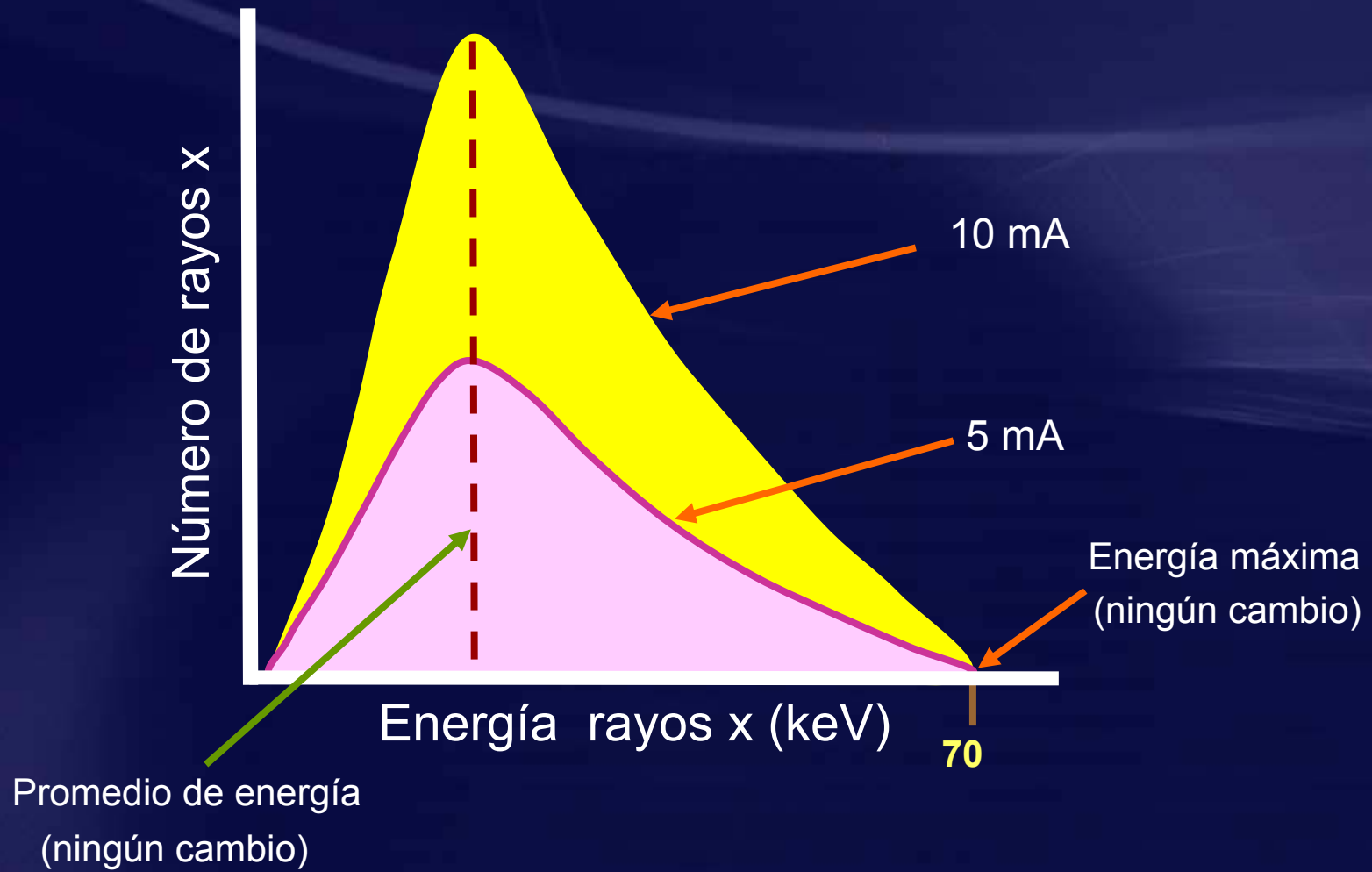


kVp



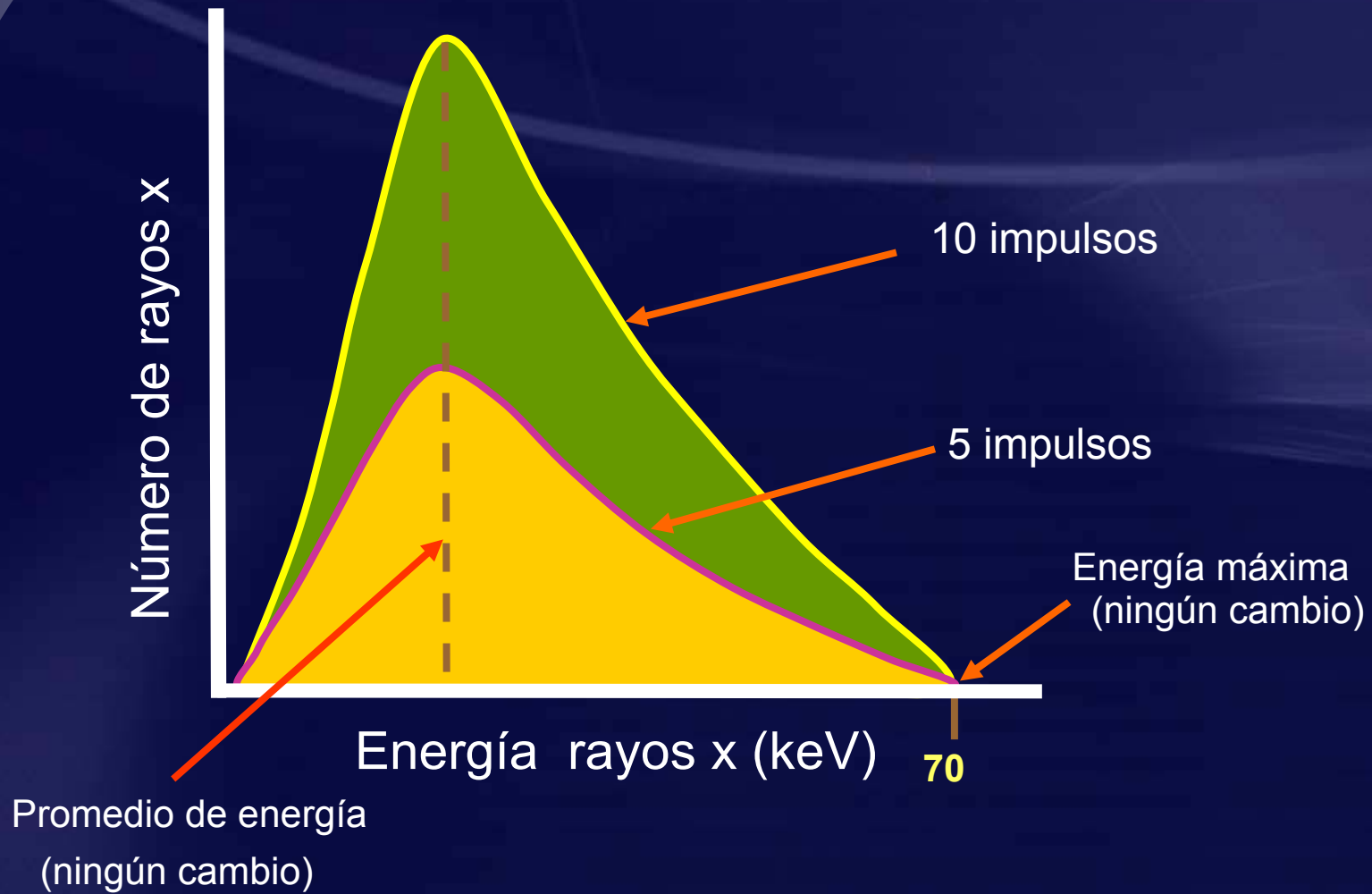


mA (miliamperaje)





Tiempo de exposición



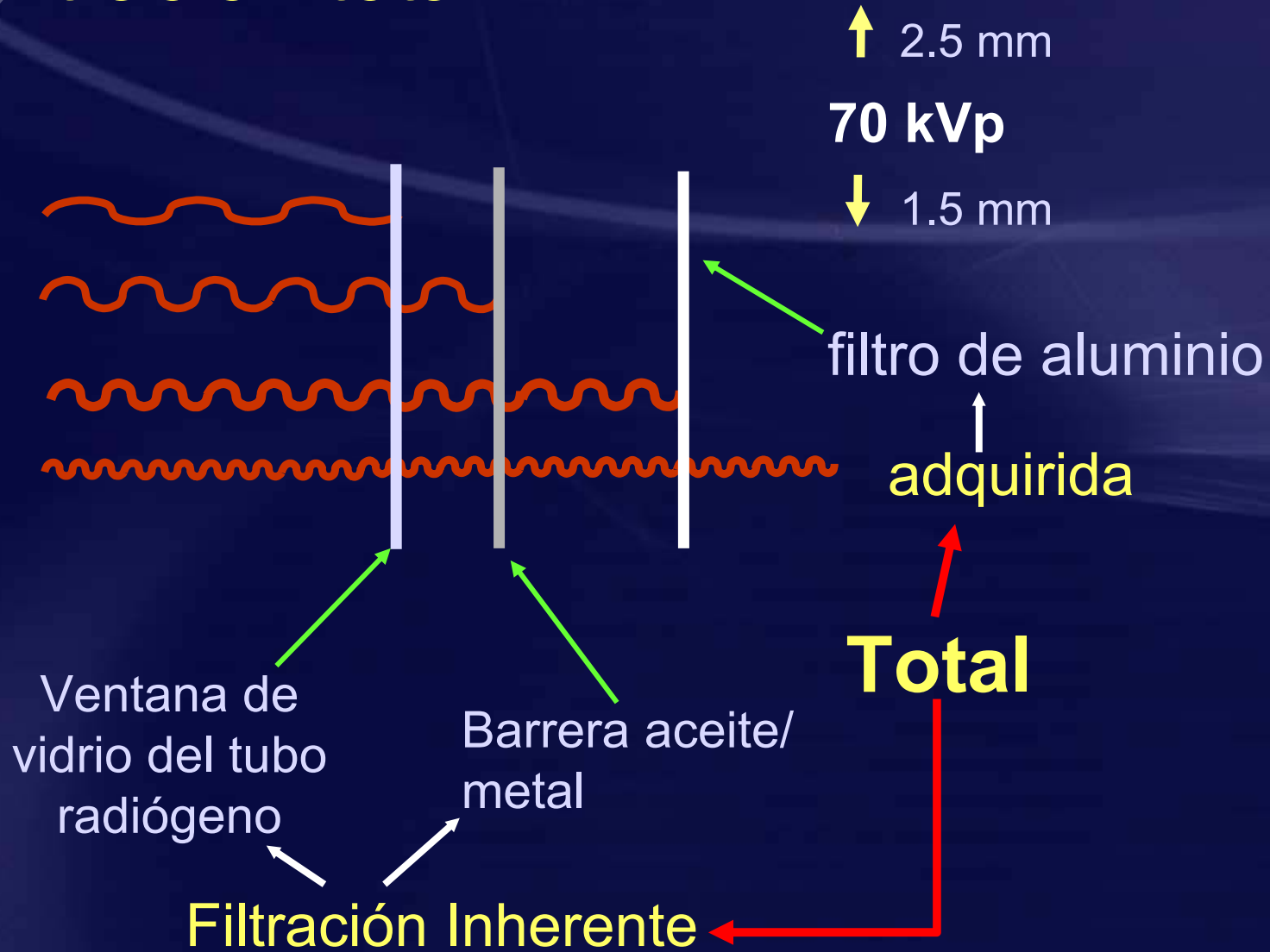


Filtración

Proceso a través del cual se elimina los fotones de rayos x de baja intensidad o energía



Filtración total





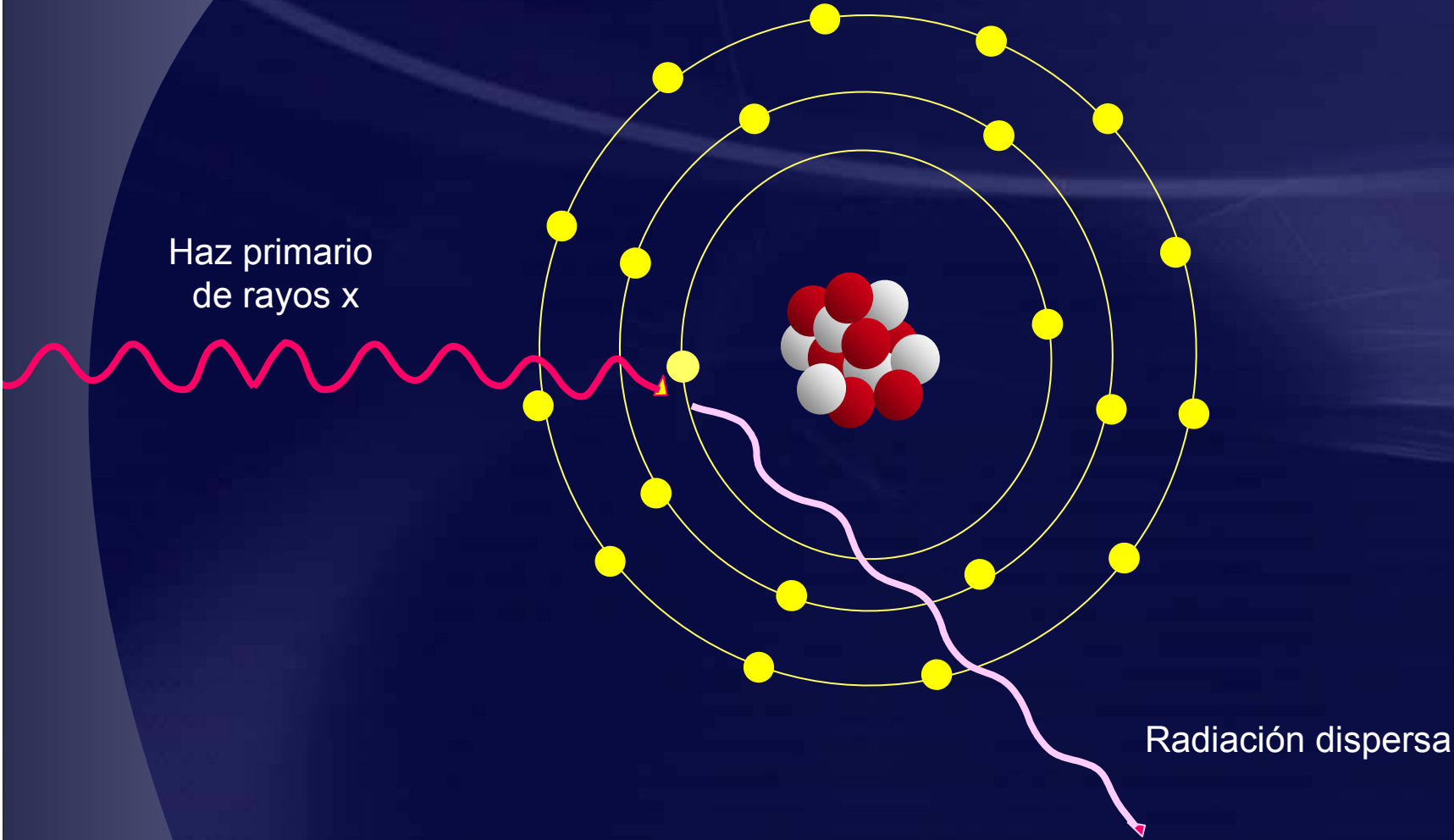
El filtro esta localizado al final del DIP donde se une al cabezal





Colimación

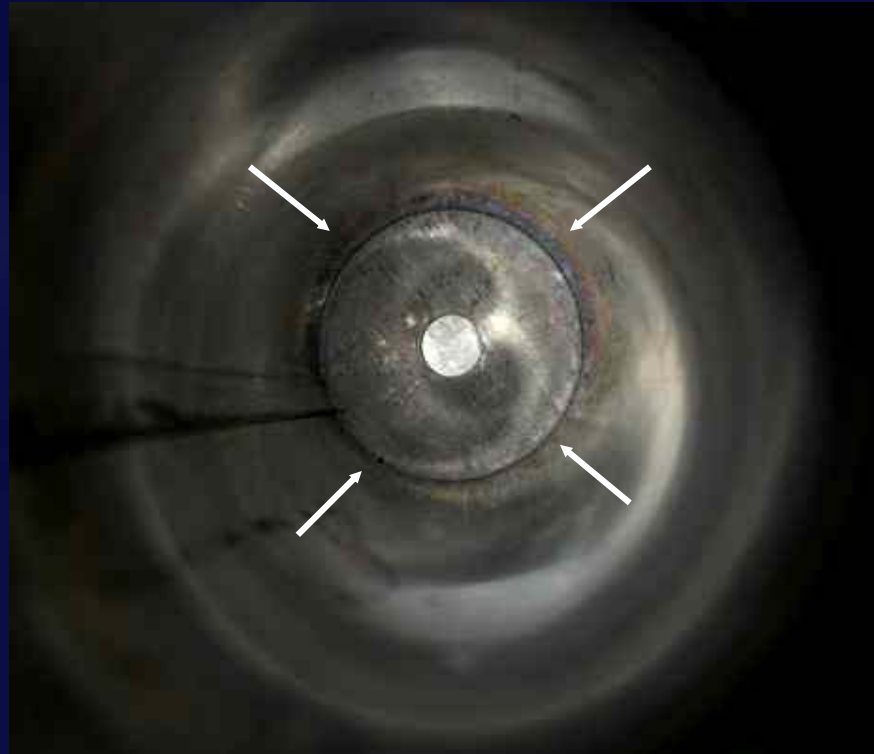
Regula el tamaño o la forma de haz de rayos x, eliminando la radiación periférica y secundaria con lo cual se cubre menos área en la piel del paciente y por consiguiente menos exposición.



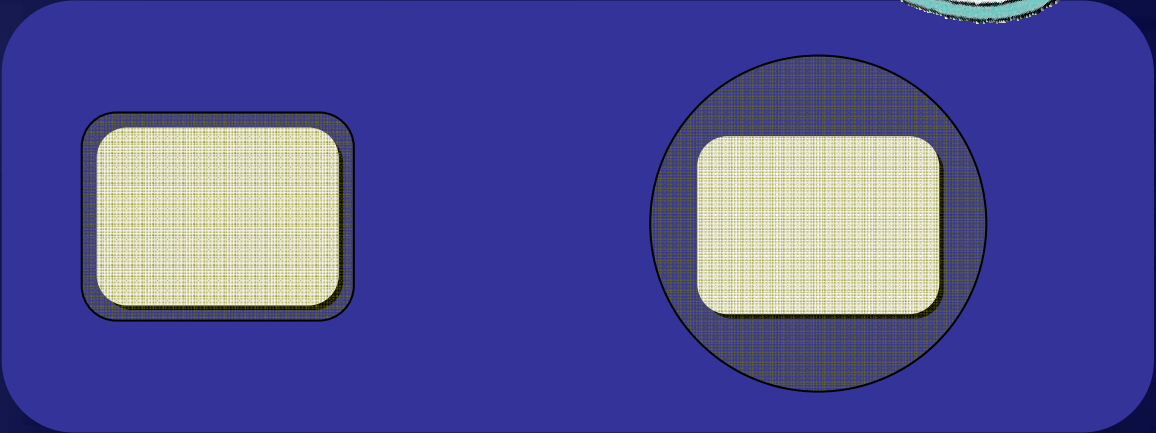
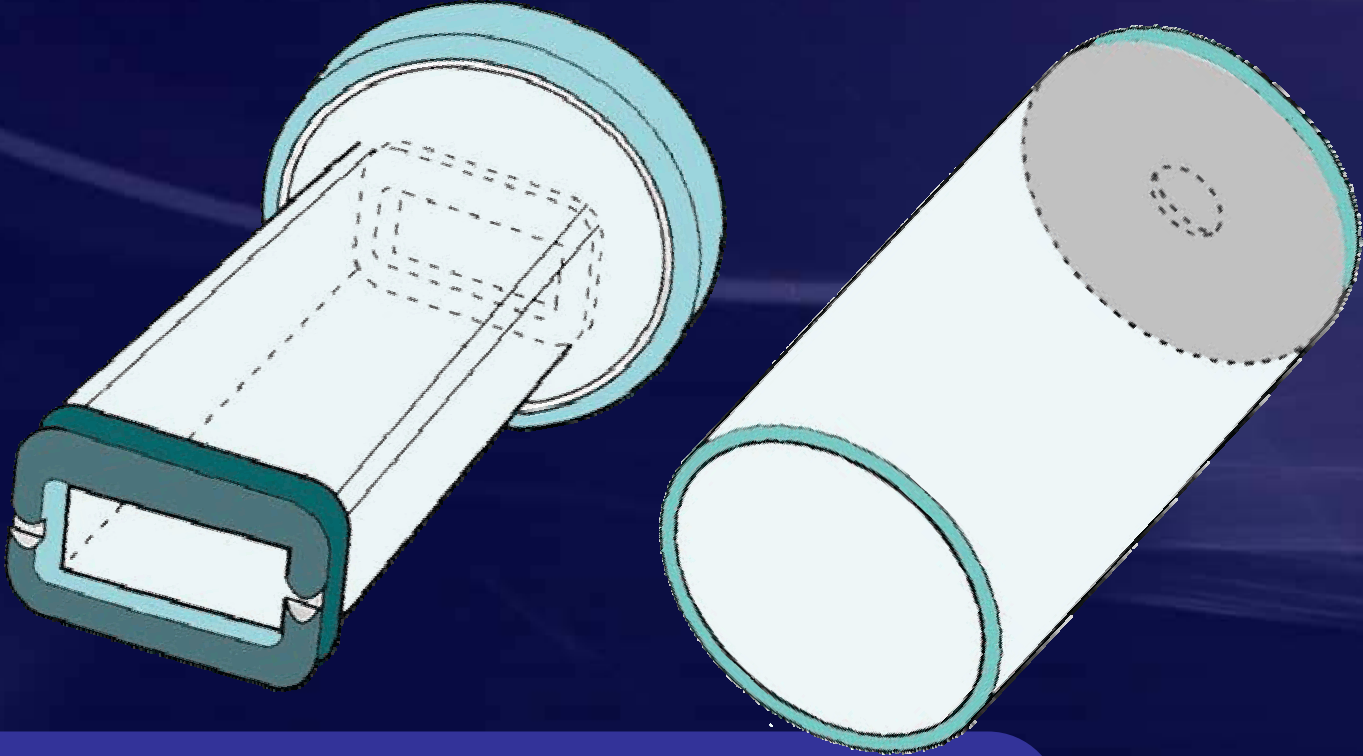


Colimación

Vista a través del DIP donde se observa el colimador, que es un aro de plomo con un recorte circular en el centro. Esto producirá un haz de rayos x redondo. El área gris ligera en el centro es el filtro de aluminio, que se coloca del lado de la unión tubo-cabezal del DIP.



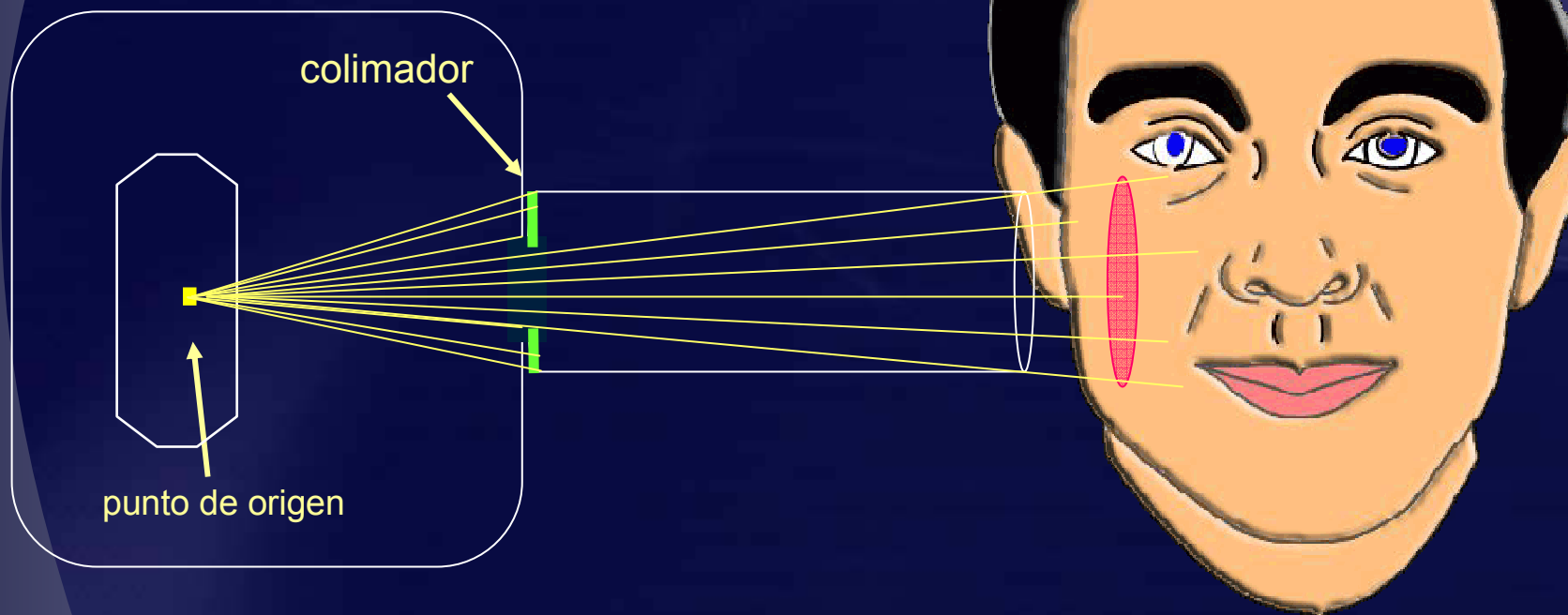
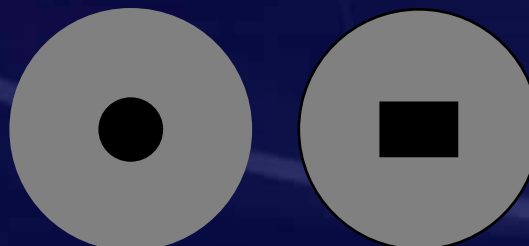
Aparato y producción de rayos x



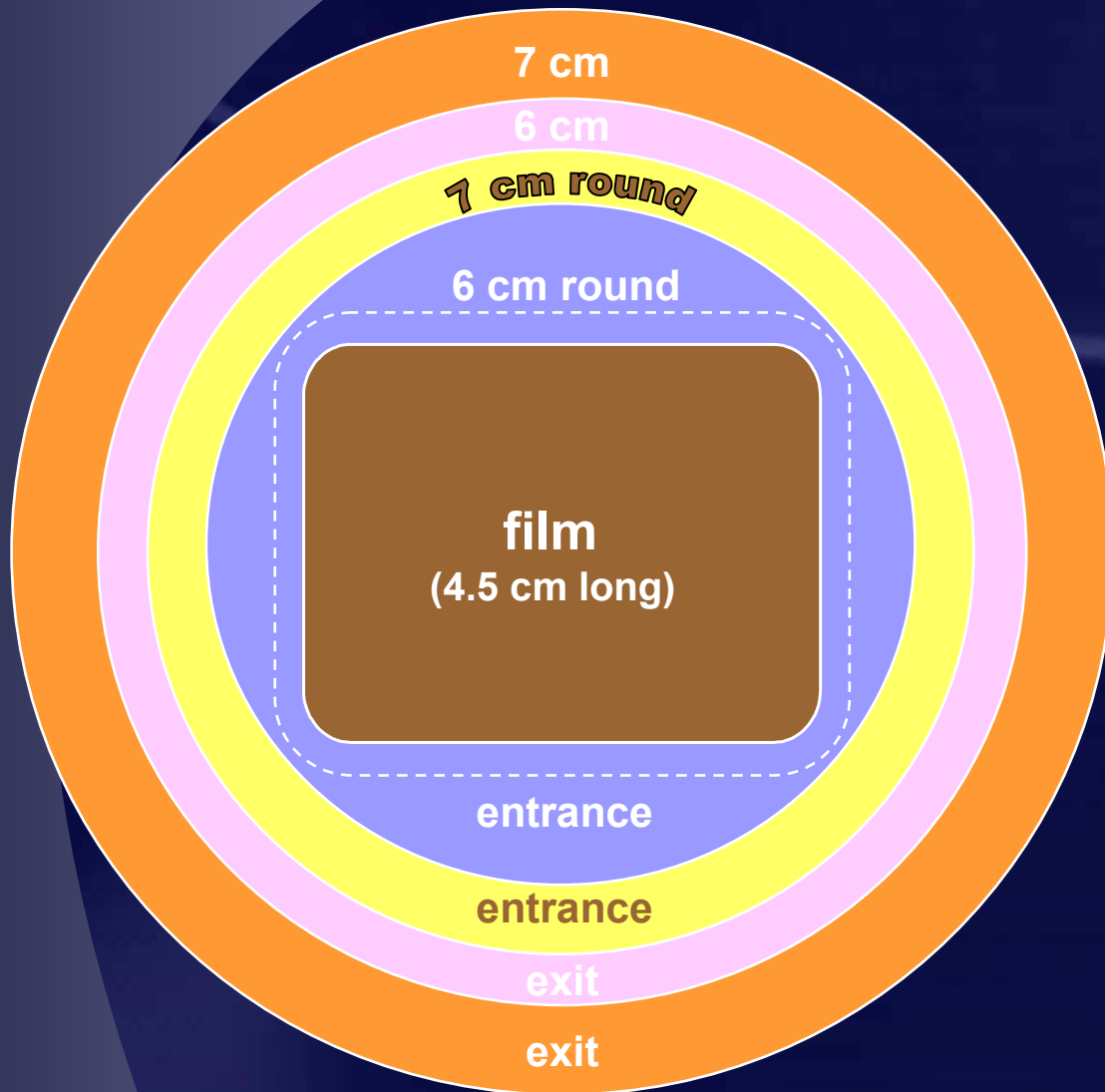


Colimación

Vista de frente



2.75 pulgadas (7 cm) = diámetro circular o rectangular máximo del haz de rayos x al final del DIP.



Si se cambia de los 7 centímetros redondo a los 6 centímetros redondo, el paciente recibe el 25% menos radiación.

La colimación rectangular resulta en un 55 % menos radiación cuando se compara con los 7 cm del DIP redondo.



Calidad de rayos x

Promedio de energía

Cantidad de rayos x

Número de rayos x



Calidad vs. Cantidad

kVp ↑ (1°)

mA No cambio ↑

Tiempo No cambio ↑

Filtración ↑ ↓



Capa de valor medio

Indica la calidad (energía) del haz de rayos x

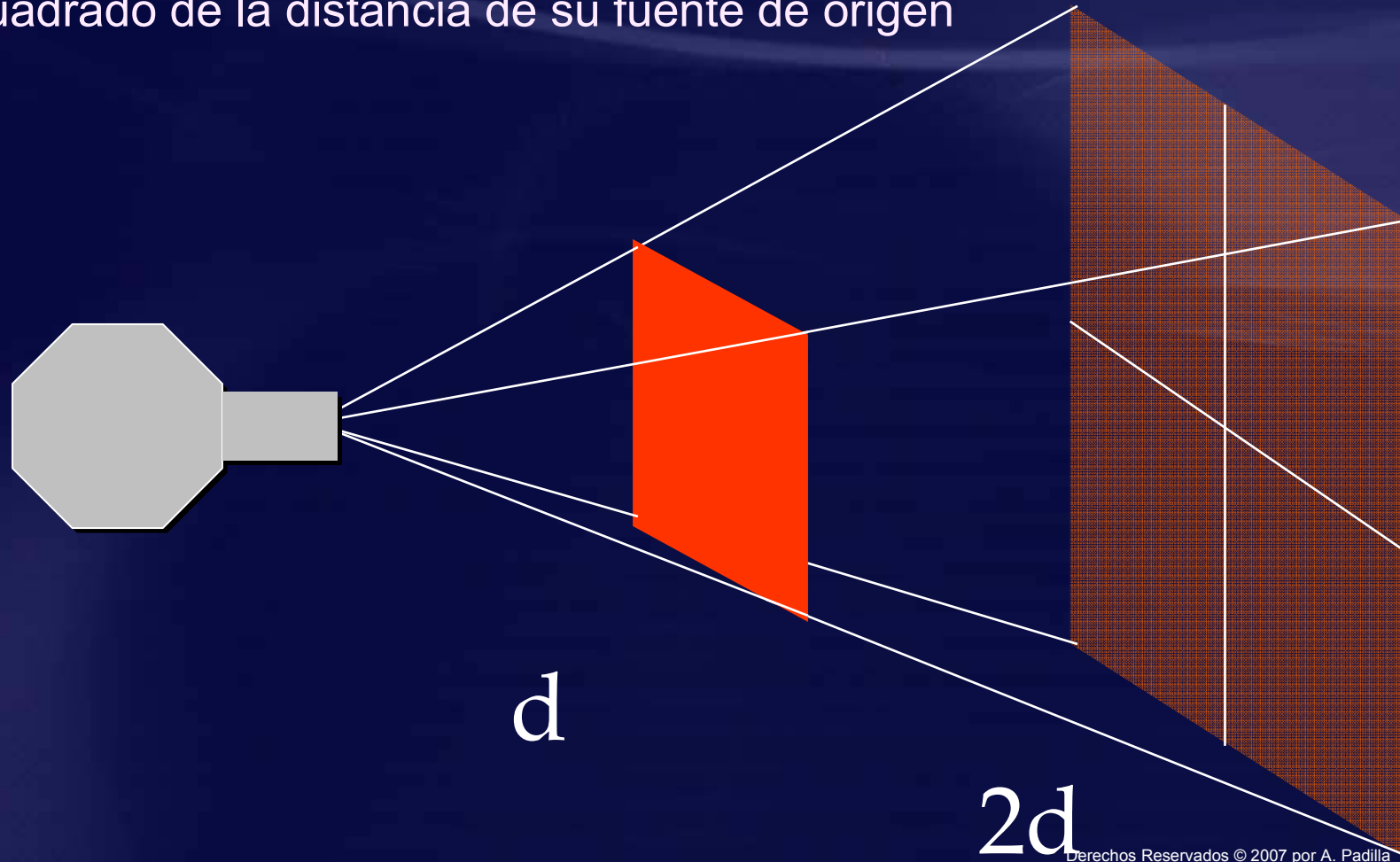
El grosor de aluminio necesario para reducir la energía del haz de rayos x a la mitad.

2.5 - 70 kVp +; 1.5 < 70 kVp



Ley del cuadrado de la inversa

La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de su fuente de origen





Interacción de los rayos x con la materia

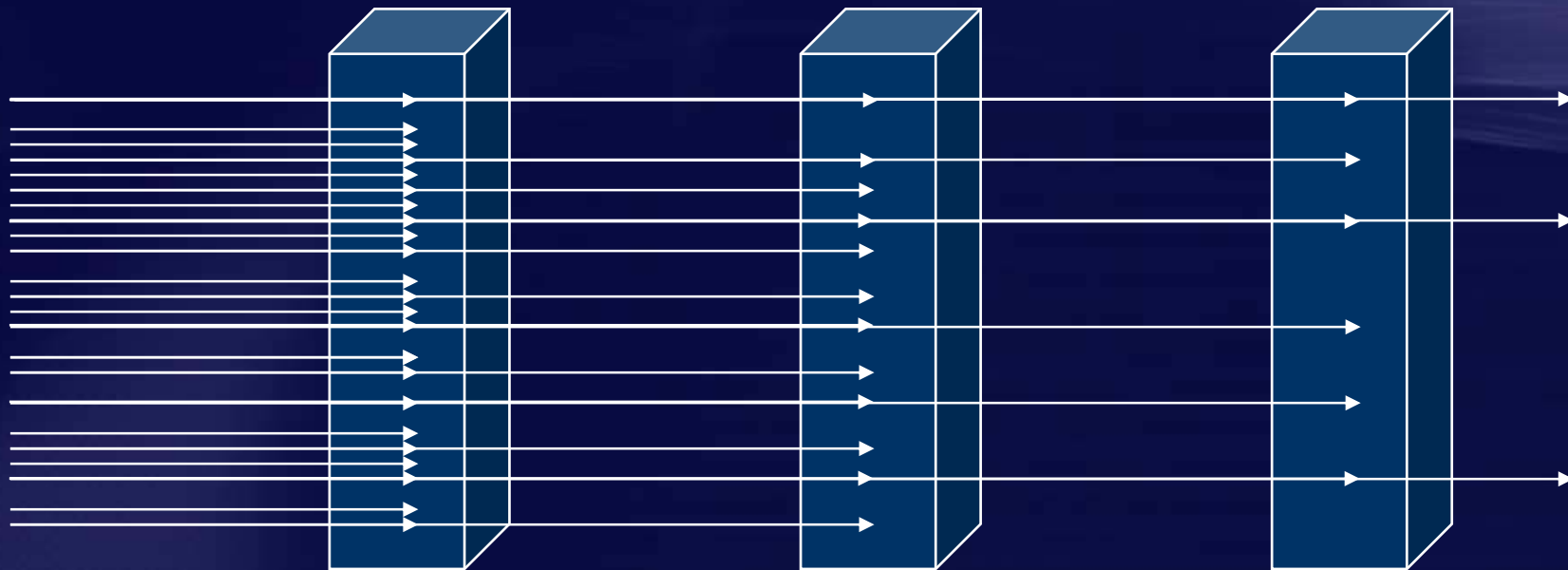
La intensidad de un haz de rayos x se reduce cuando interacciona con la materia.

Ocurren varios fenómenos cuando los rayos x llegan al paciente:

- Absorción
- Dispersión
- Pueden pasar a través del paciente sin haber interacción.

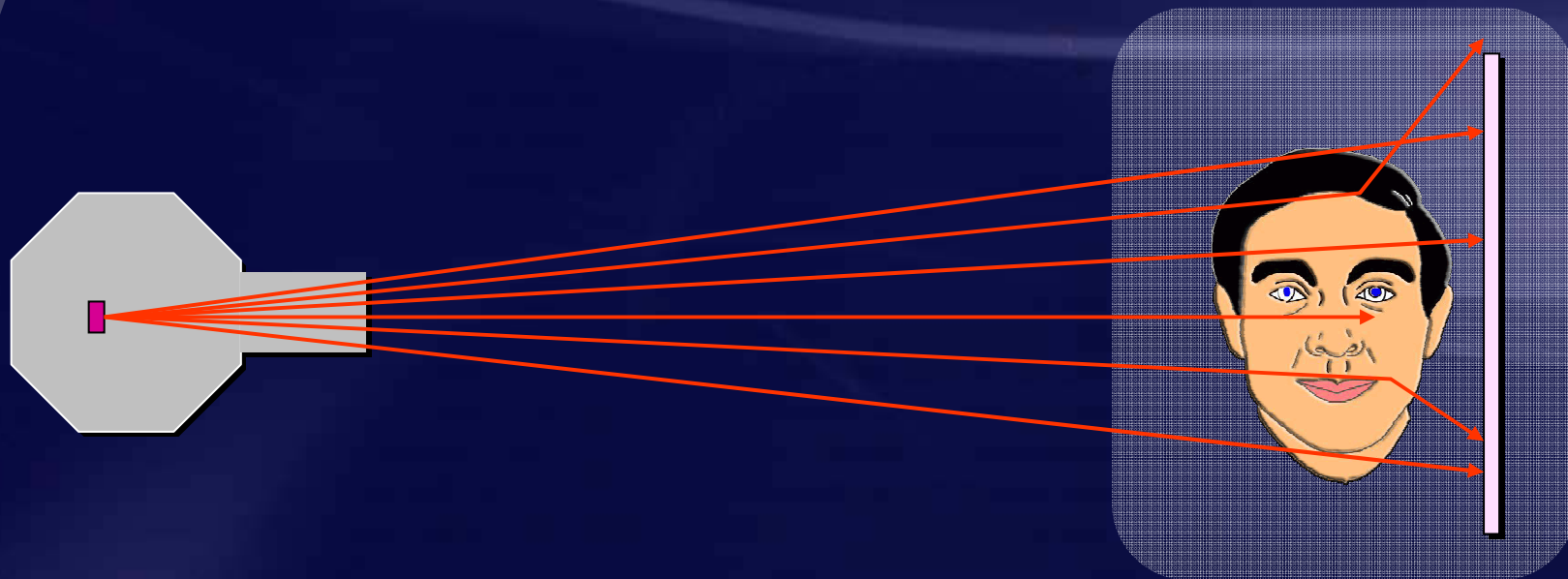
Atenuación de los rayos x por la materia

Atenuación vs Espesor





Interacción de los rayos x con la materia





Interacción de los rayos x con la materia

Cuando un haz de rayos x llega a la materia pueden ocurrir 4 fenómenos a nivel atómico:

- Dispersión coherente
- Dispersión Compton
- Absorción fotoeléctrica
- Que no halla interacción con la materia



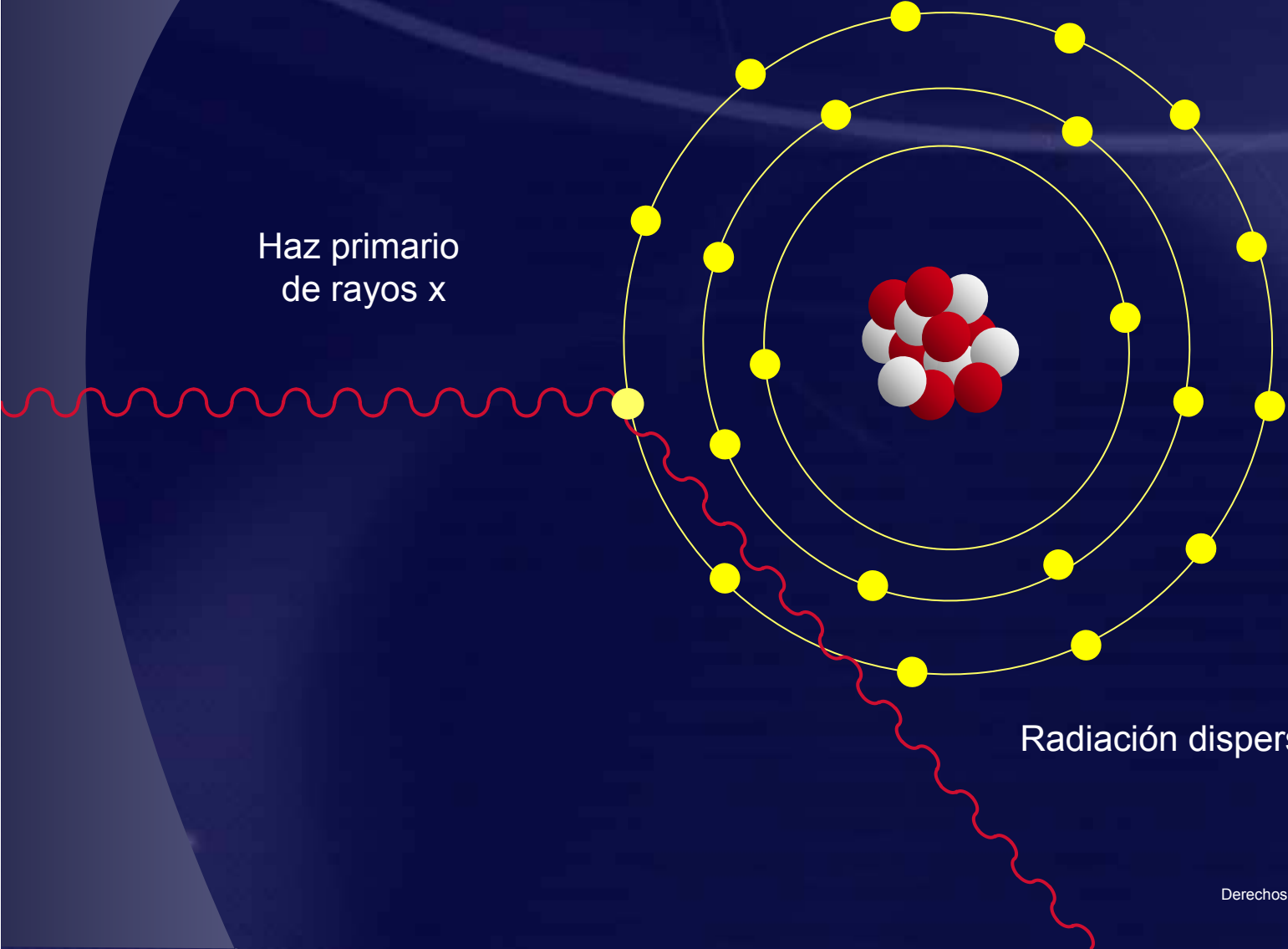
Dispersión coherente o Thonson

- El fotón que incide es de baja energía
- Choca con electrón el cual vibra y origina otro fotón desviado
- No produce cambios en el átomo (ionización)
- El fotón emitido tiene la misma energía
- Representa el 8% de las interacciones en el examen dental



Dispersión coherente o Thonson

Haz primario de rayos x



Radiación dispersa

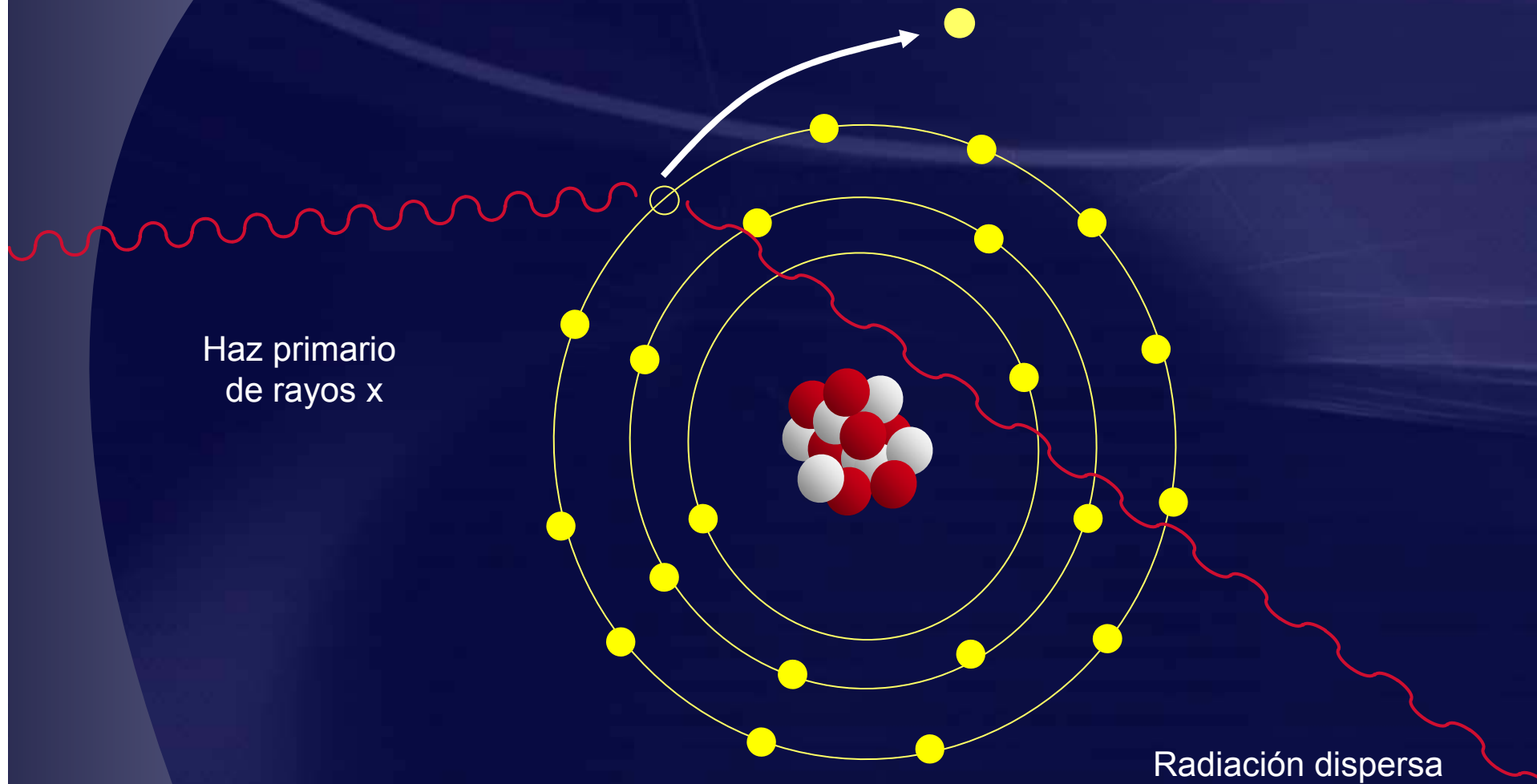


Dispersión compton

- El fotón que incide tiene una energía superior.
- Choca con electrón y cede parte de su energía sacándolo de órbita
- Se produce cambios en el átomo (ionización)
- El fotón emitido tiene menor energía
- Representa el 62% de las interacciones en el examen dental
- Producen niebla en la película
- El grado de dispersión depende de la energía del rayo



Dispersión compton



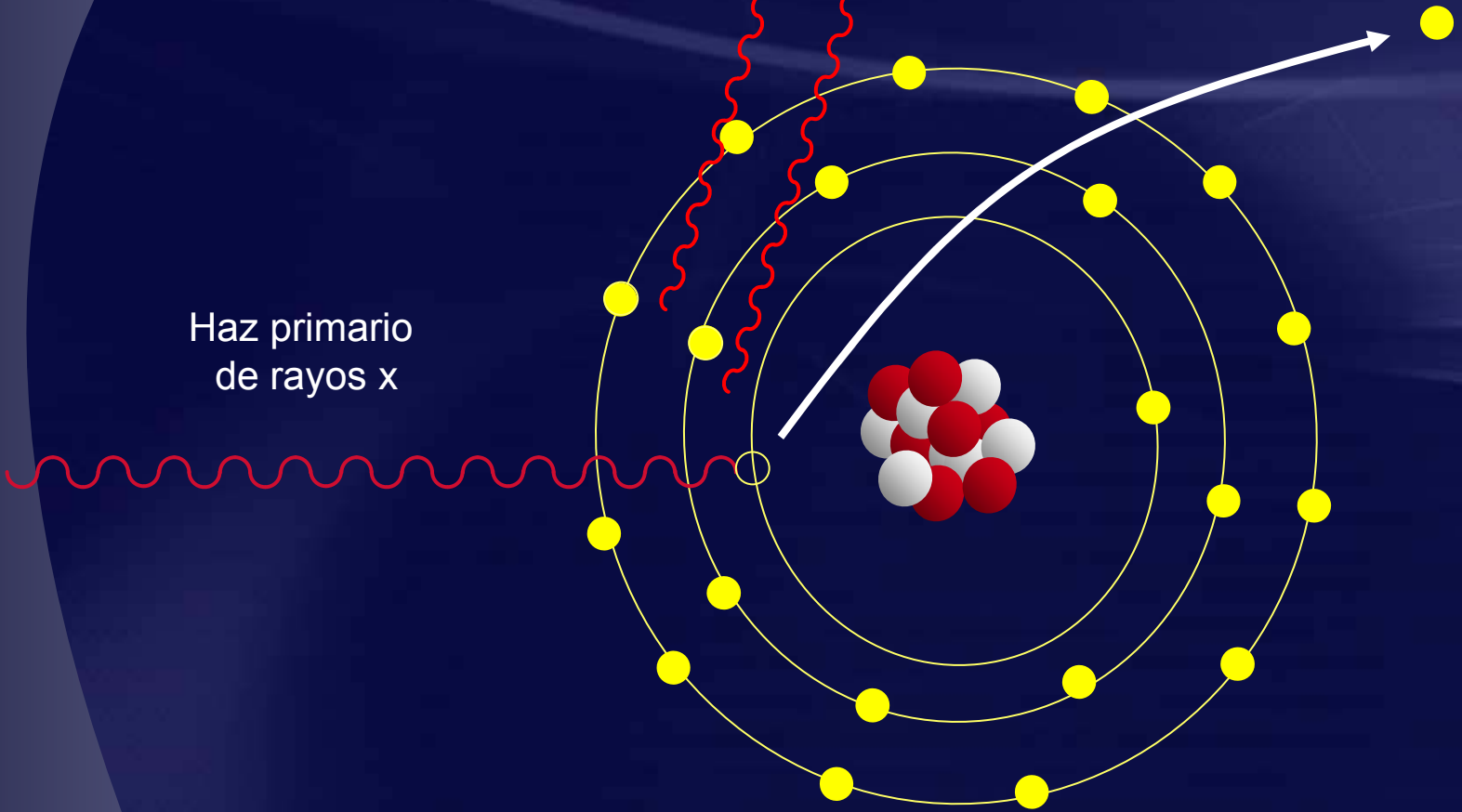


Absorción fotoeléctrica

- El fotón que incide tiene una energía igual a la del electrón.
- Choca con electrón de a capa interna y cede toda de su energía sacándolo de órbita
- Se produce cambios en el átomo (ionización)
- Se genera un fotoelectrón
- Las vacantes son sustituidas produciendo radiación característica
- Representa el 30% de las interacciones en el examen dental
- El paciente absorbe toda la energía
- Es bueno para la imagen radiográfica



Absorción fotoeléctrica



Haz primario de rayos x

Aparato de rayos x

Generación de rayos x

Gracias !

