



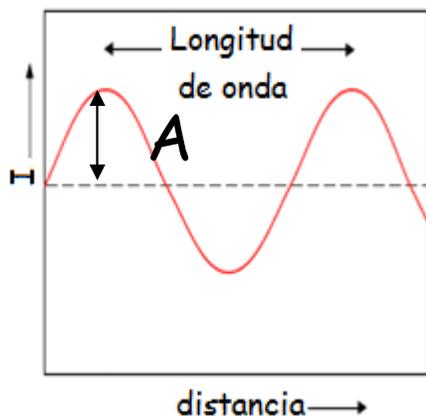
Rayos X

¿Qué es una onda?

- Es una perturbación de alguna propiedad de un medio, que se propaga a través del espacio transportando **energía**
- El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como **aire, agua, un trozo de metal o el vacío**

¿Qué parámetros definen una onda?

¿Qué parámetros definen una onda?



LONGITUD DE ONDA (λ)

Distancia entre dos puntos cuyo estado de movimiento es idéntico, como por ejemplo crestas o valles adyacentes.

AMPLITUD (A)

Es el valor máximo que adquiere una variable en un fenómeno oscilatorio

FRECUENCIA (ν)

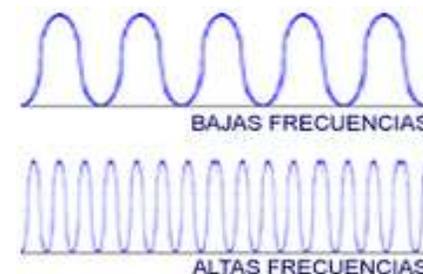
Número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo

PERIODO (T)

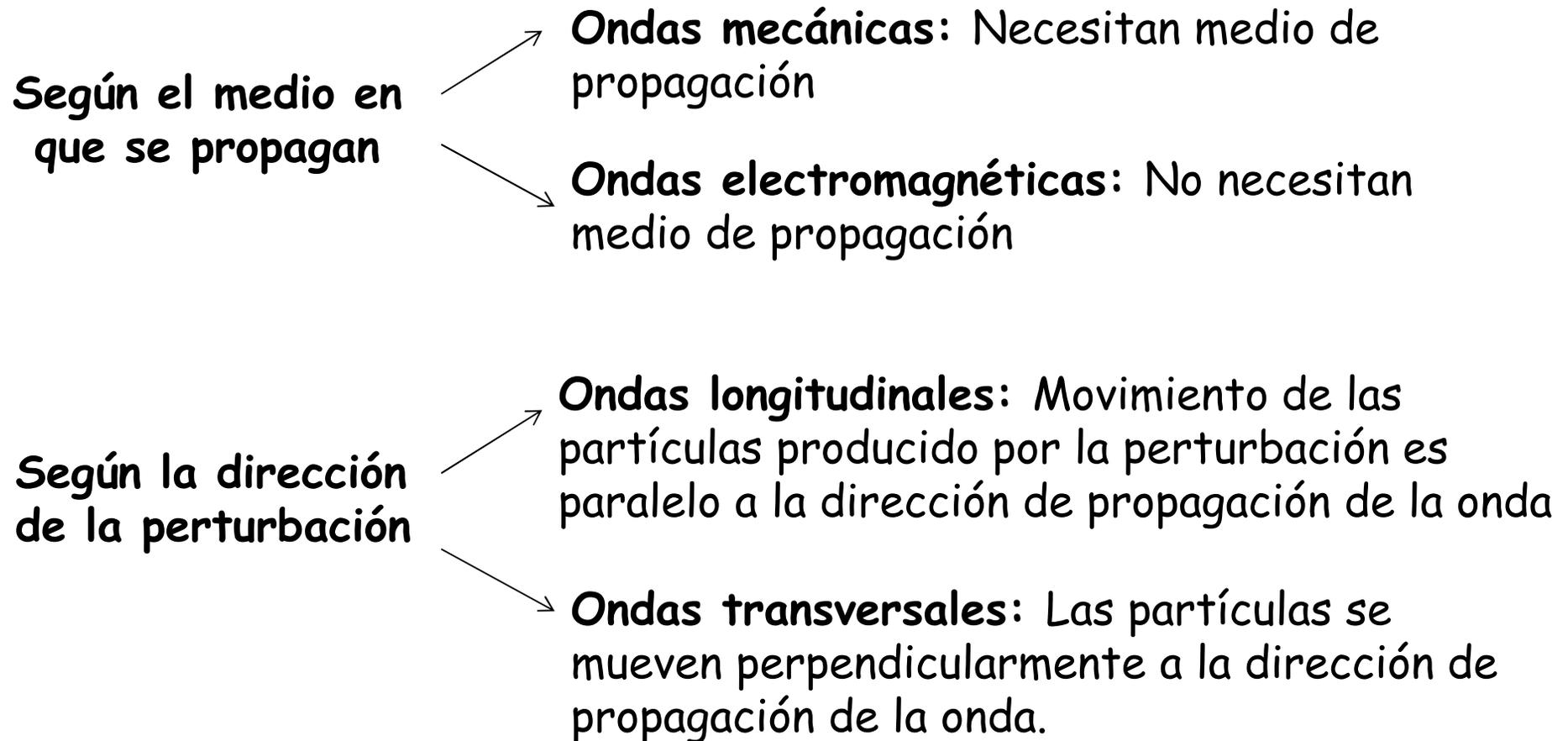
Es el tiempo empleado por cada partícula en una oscilación completa.

Entonces:

$$\nu = 1 / T$$



¿Cómo se clasifican las ondas?



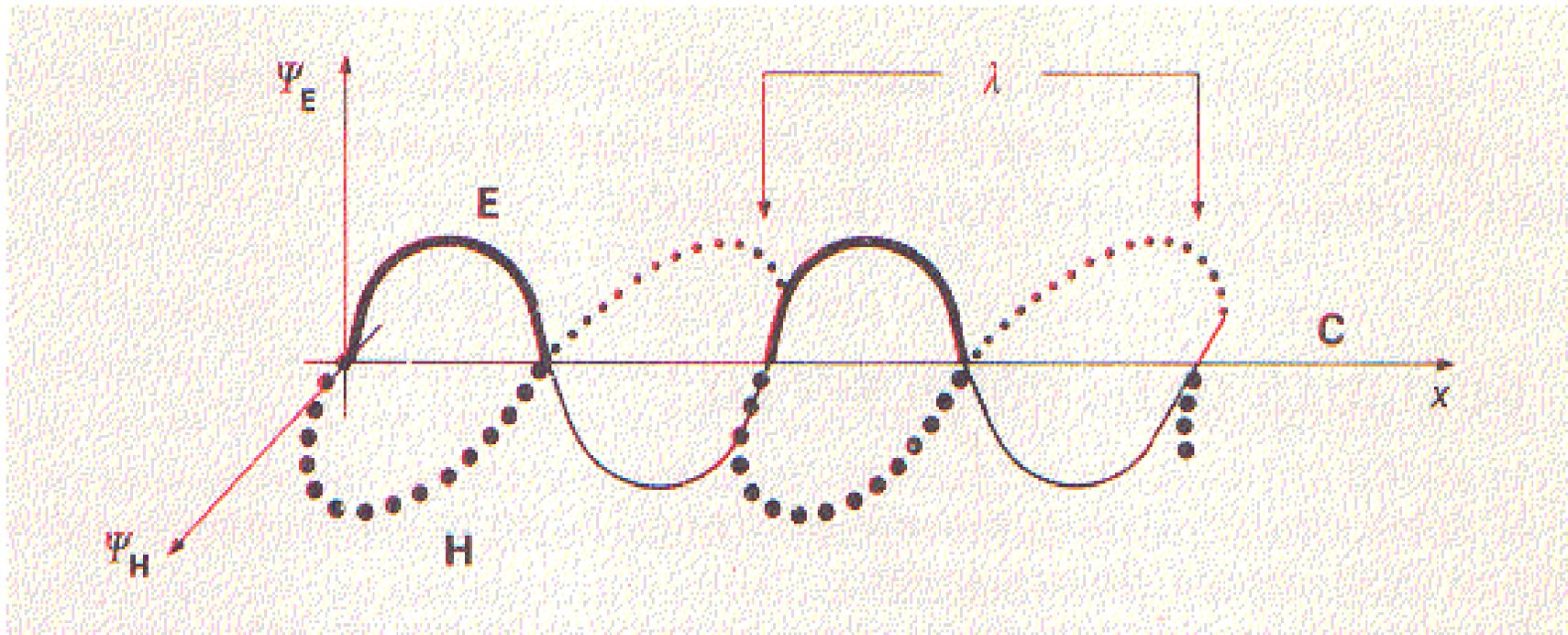
Radiaciones electromagnéticas

- Son una forma de propagación de energía a través del espacio sin necesidad de un medio material.
- Abarcan un espectro muy amplio de tipo de onda, desde las microondas hasta los rayos X y γ , pasando por la luz visible.
- Los rayos X son radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia (energías mayores a 1 keV).

Propiedades de las radiaciones electromagnéticas

- No tienen masa
- No tienen carga eléctrica
- Viajan a la velocidad de la luz
- Tienen energías diferentes y mensurables (frecuencias y longitud de onda)

Las **ondas electromagnéticas** consisten en la propagación de una doble vibración: de un campo eléctrico (E) y de un campo magnético (H). Estas 2 vibraciones están en fase, tienen direcciones perpendiculares, y se propagan en el vacío a una velocidad de 300.000 km/s según una dirección perpendicular a los planos de vibración



$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

c = velocidad de la luz

λ = longitud de onda

T = período

ν = frecuencia

Fotón = Paquete de energía

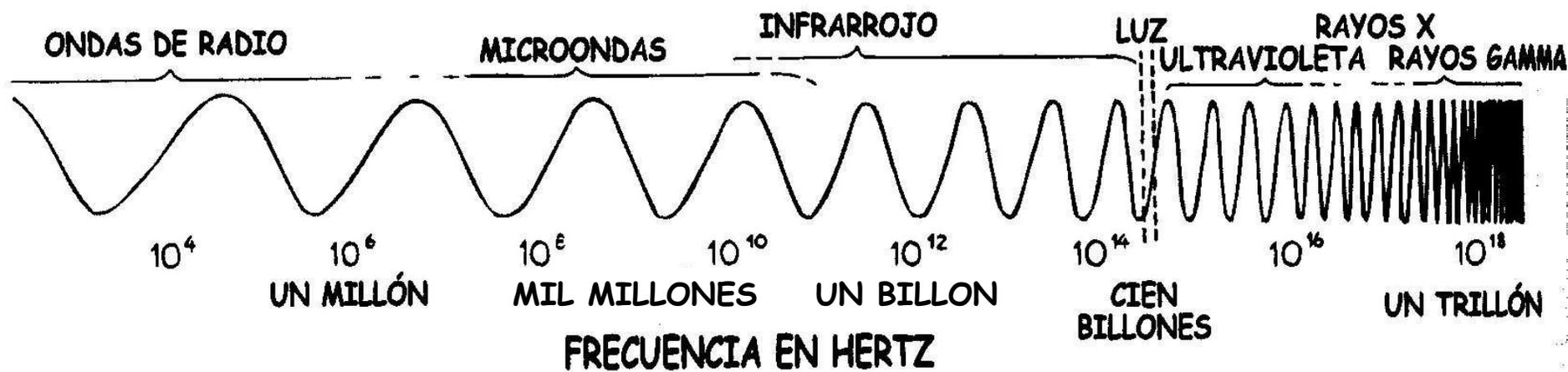
Una radiación electromagnética de frecuencia determinada (ν) no puede adquirir ni ceder la energía que transporta más que en cantidades discontinuas, que son múltiplos de una cantidad elemental E (cuanto o fotón).

Se cumple que:

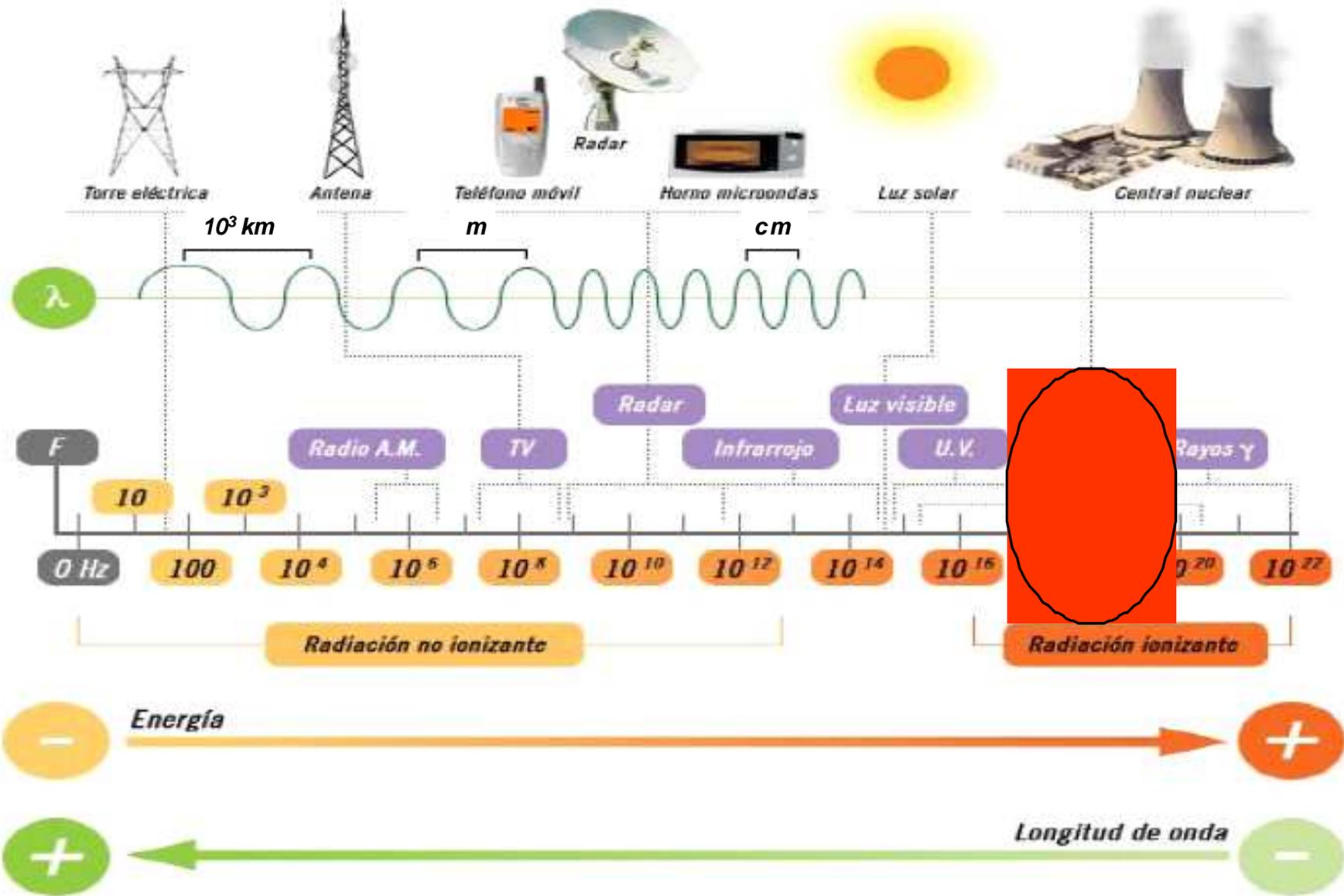
$$E = h \cdot \nu \quad (h = 4,1356 \cdot 10^{-15} \text{ eV.s})$$

Un fotón es un "paquete" de energía equivalente a una partícula de energía cinética $h \cdot \nu$.

Espectro electromagnético



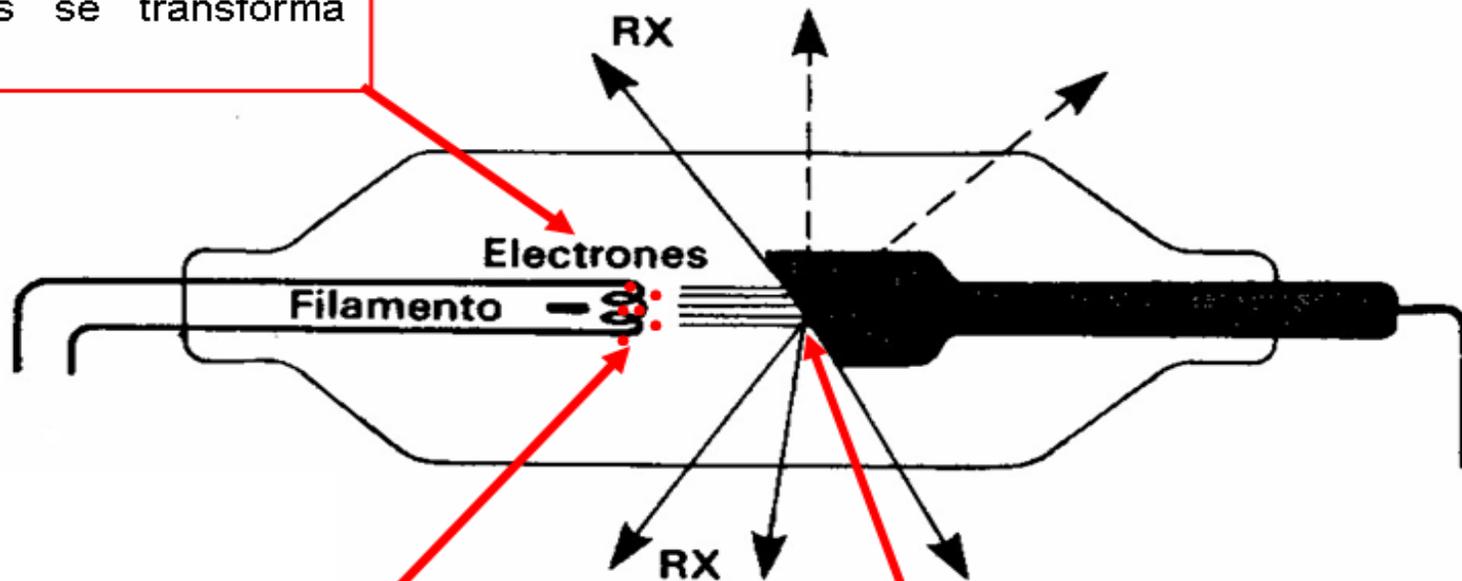
El espectro de frecuencias.



<i>Tipo de radiación</i>	<i>Longitud de onda (cm)</i>	<i>Frecuencia (c/seg)</i>	<i>Energía</i>
	10 ⁶		
	10 ⁵	10 ⁵	
Radio (estándar)	10 ⁴	10 ⁶	
Radio (onda corta)	10 ³	10 ⁷	
Televisión y frecuencia modulada	10 ²	10 ⁸	
	10	10 ⁹	
	1	10 ¹⁰	
Microondas - Radar	10 ⁻¹	10 ¹¹	
	10 ⁻²	10 ¹²	
Infrarrojo Lejano	10 ⁻³	10 ¹³	
Infrarrojo Cercano	10 ⁻⁴	10 ¹⁴	
Luz visible Cercano	10 ⁻⁵	10 ¹⁵	10 eV
Ultravioleta Cercano	10 ⁻⁶	10 ¹⁶	
Ultravioleta Lejano	10 ⁻⁷	10 ¹⁷	
	10 ⁻⁸	10 ¹⁸	1 keV
Rayos X	10 ⁻⁹	10 ¹⁹	100 keV
	10 ⁻¹⁰	10 ²⁰	
Rayos γ	10 ⁻¹¹	10 ²¹	10 MeV
	10 ⁻¹²	10 ²²	
	10 ⁻¹³	10 ²³	1.000 MeV
	10 ⁻¹⁴	10 ²⁴	
	10 ⁻¹⁵	10 ²⁵	
	10 ⁻¹⁶	10 ²⁶	

TUBO COOLIDGE

EFEECTO JOULE: parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor.

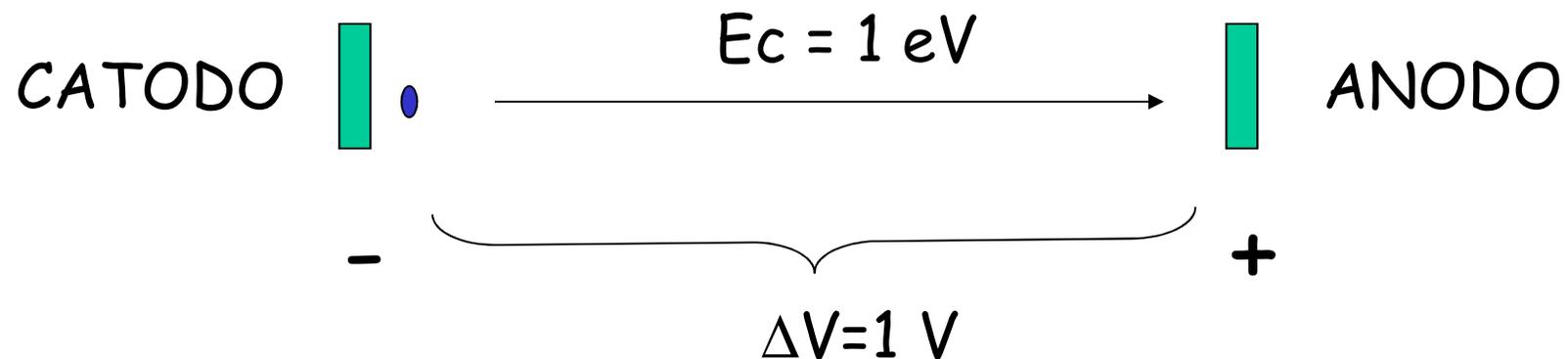


EFEECTO EDISON-RICHARDSON: cuando por efecto Joule se produce la incandescencia de un conductor en el vacío se desprenden electrones libres y se mantienen alrededor formando un "nube de electrones" . 

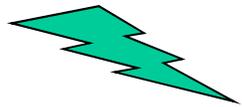
EFEECTO FOREST: los electrones de la nube se aceleran hacia el ánodo.

¿Cómo se expresa la energía?

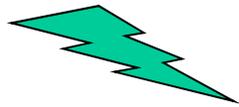
1 eV (electrón voltio) es la cantidad de energía que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio



Origen de los rayos x

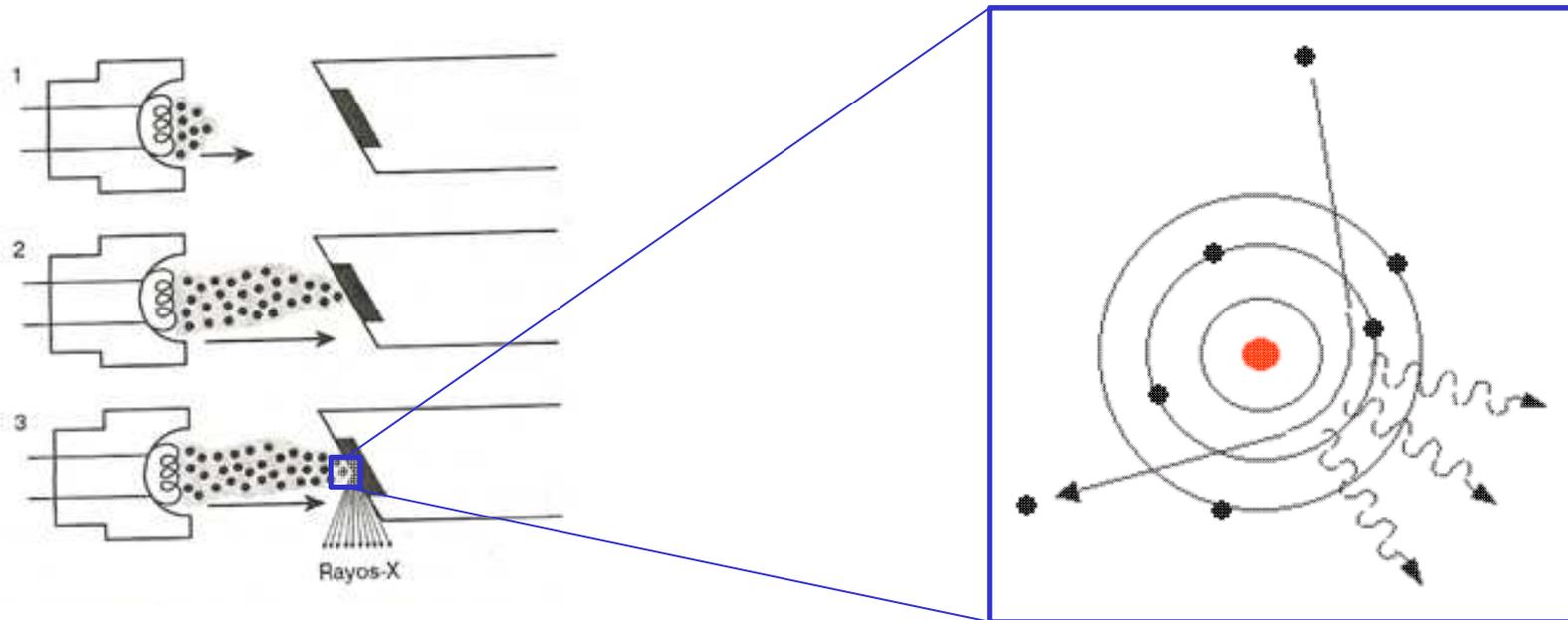


Rayos X de frenamiento



Rayos X característicos

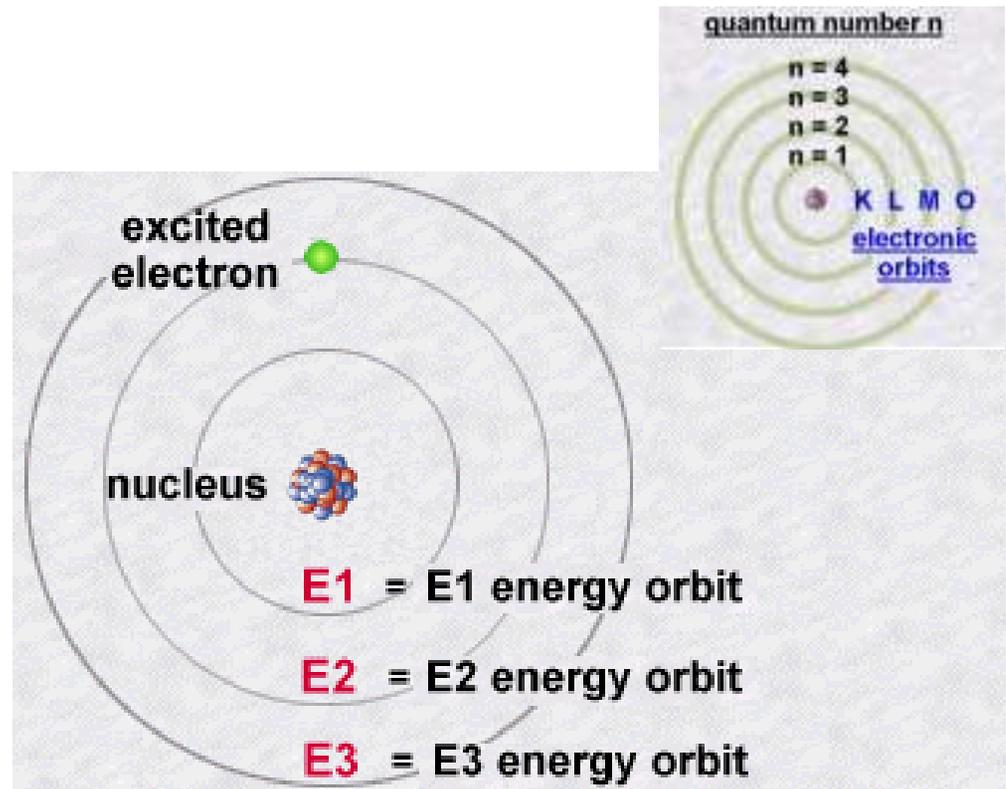
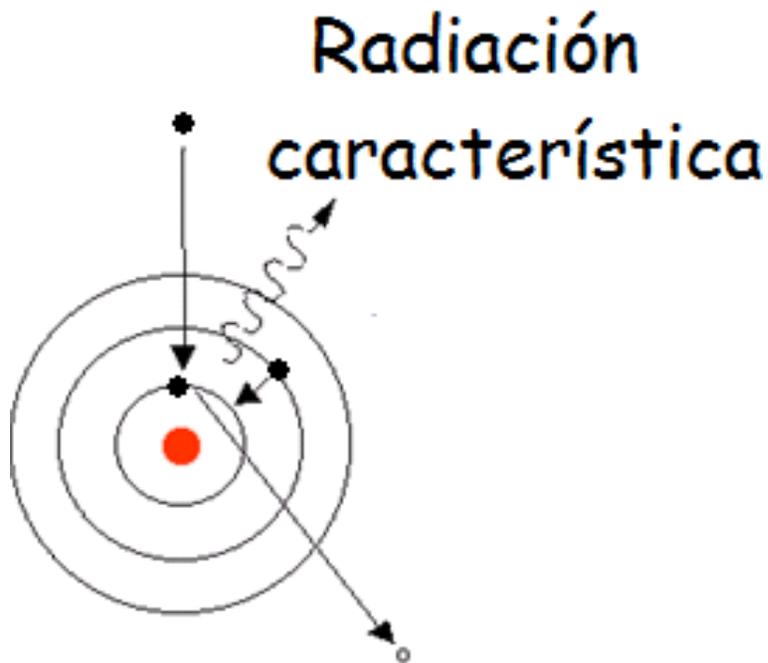
Rayos x generales, de frenamiento o de Bremsstrahlung



El electrón incidente se desacelera al pasar por una región cercana al núcleo, sin chocar con otro electrón, produciendo una radiación GENERAL de baja energía. En pocos casos el electrón incide directamente en el núcleo produciendo una radiación de alta energía

Rayos x característicos

Se originan luego de que el electrón incidente desaloja a un electrón cuyo sitio es ocupado por la desexcitación de otro electrón proveniente de un nivel energético superior



Interacciones de los rayos con la materia

Mecanismos de interacción de los fotones γ con la materia

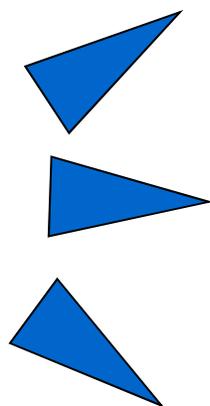
•Excitación

Efecto fotoeléctrico

•Ionización

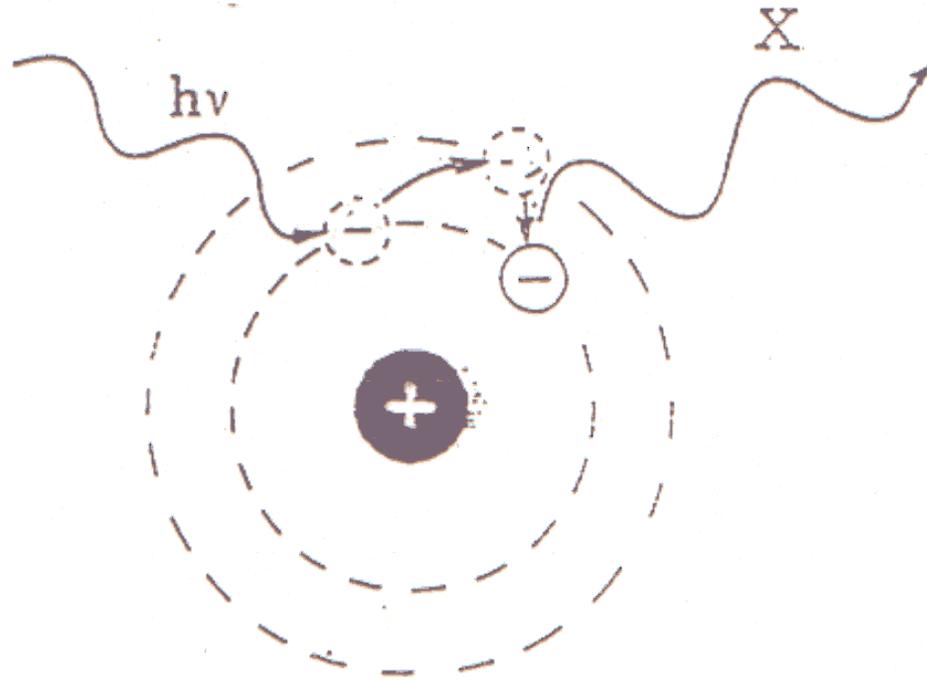
Efecto Compton

Formación de pares



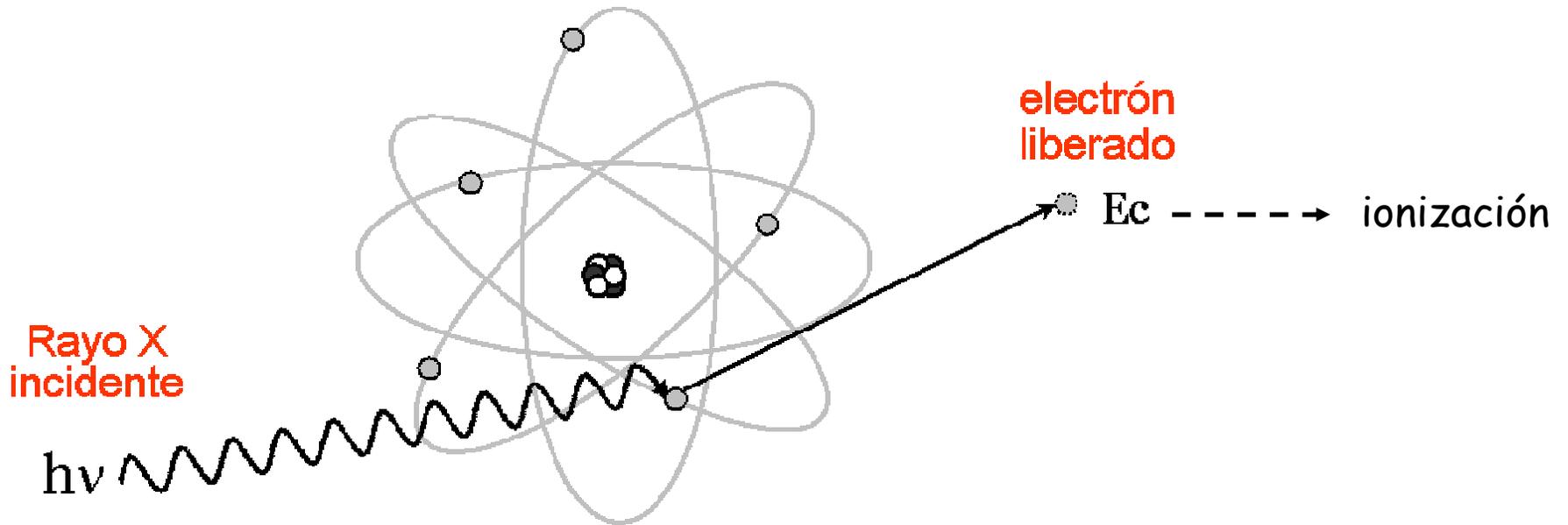
Excitación

Un electrón orbital absorbe un fotón y pasa a un nivel energético superior. La **luz** y la radiación **UV** pueden excitar electrones periféricos y la radiación **X** y γ , electrones internos.



Efecto fotoeléctrico

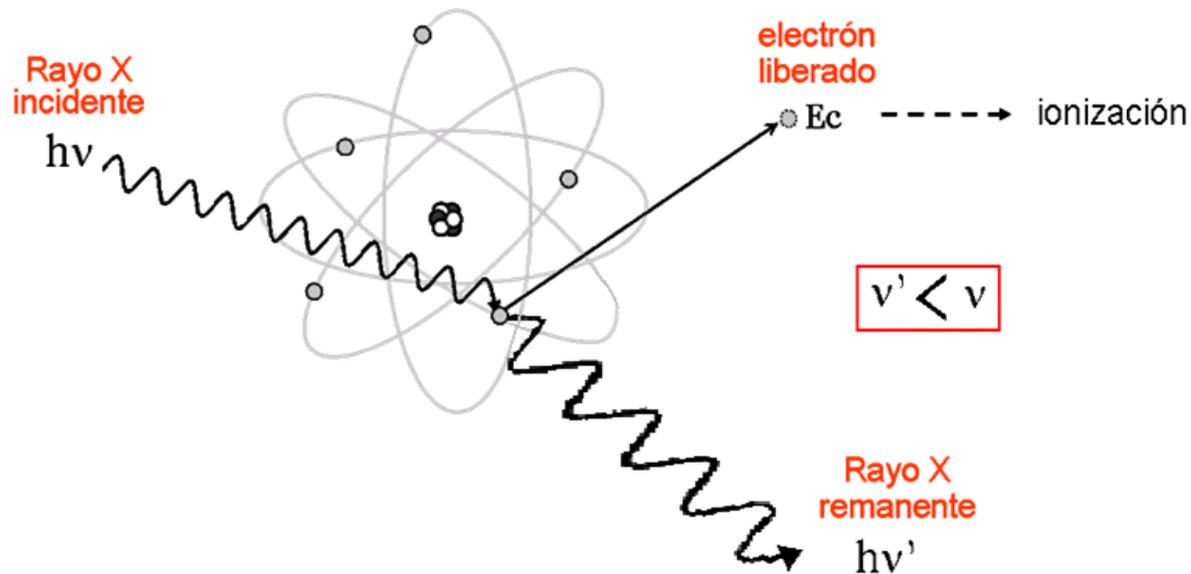
La energía del fotón de rayos X es completamente transferida a un electrón orbital que es expulsado del átomo. El fotón de rayos X incidente desaparece después de la colisión.



El efecto fotoeléctrico ocurre con mayor probabilidad cuando la energía del fotón de rayos X es baja (menor a 0.5 MeV) y en medios de alto Z.

Efecto Compton

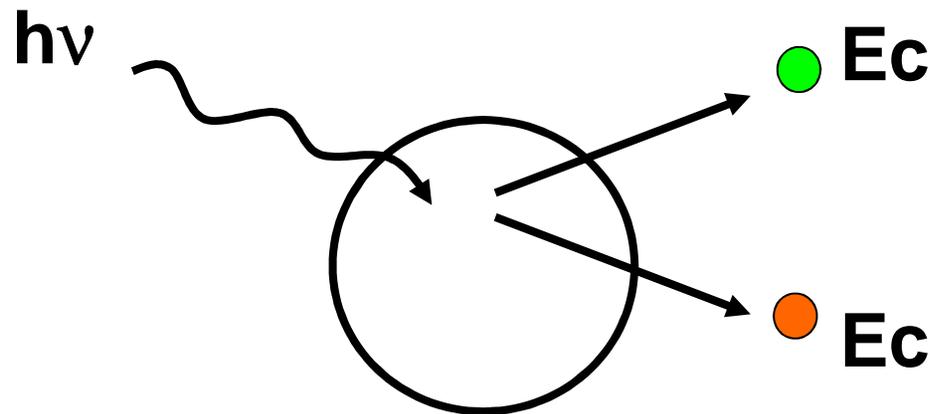
Los rayos x de alta energía pueden ceder parte de la misma a un electrón orbital que será expulsado del átomo, quedando un fotón remanente de menor energía que es liberado en una nueva dirección



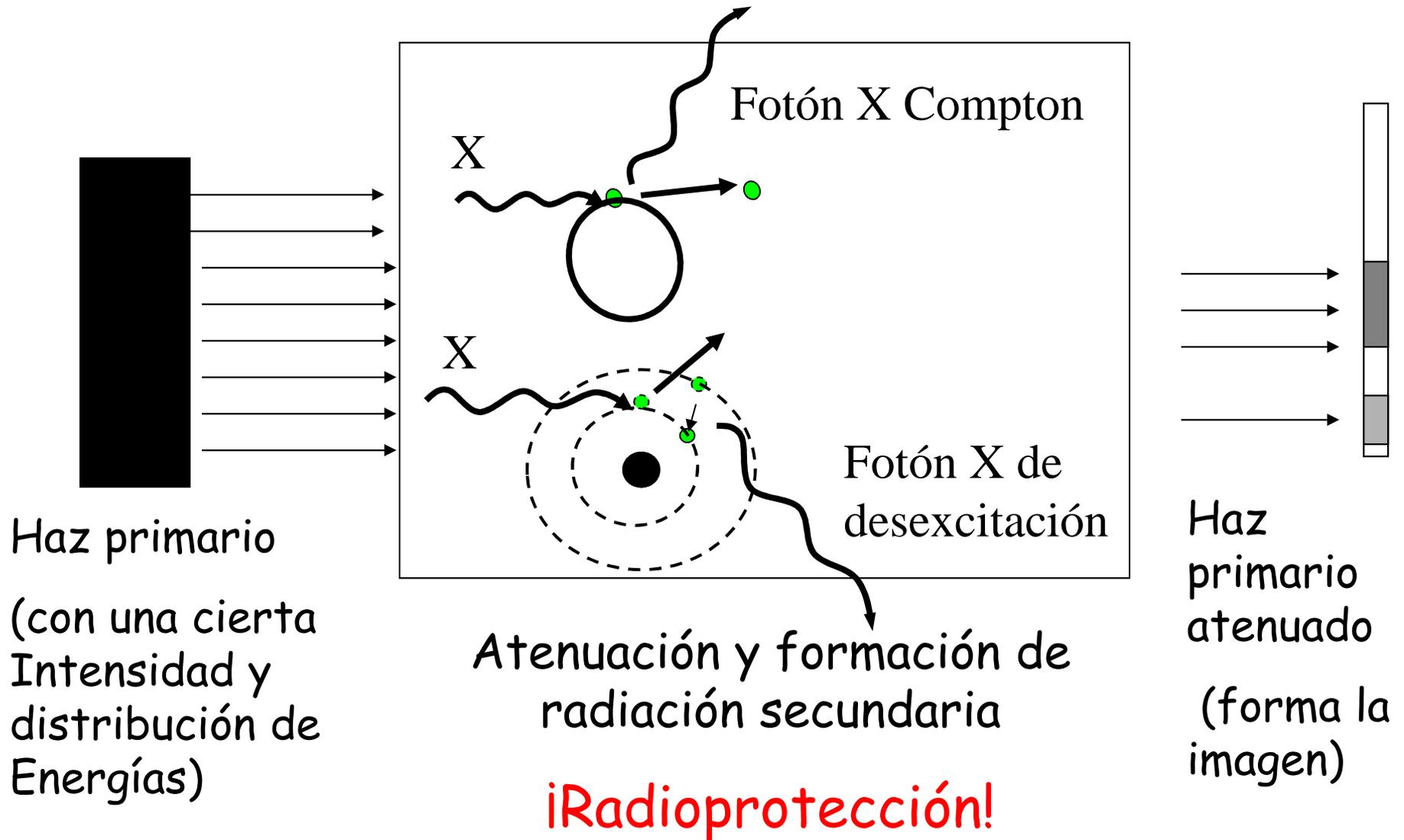
El efecto Compton ocurre con mayor probabilidad cuando la energía del fotón de rayos X es media (0.5 MeV-3.5 MeV) y en todos los medios

Formación de pares

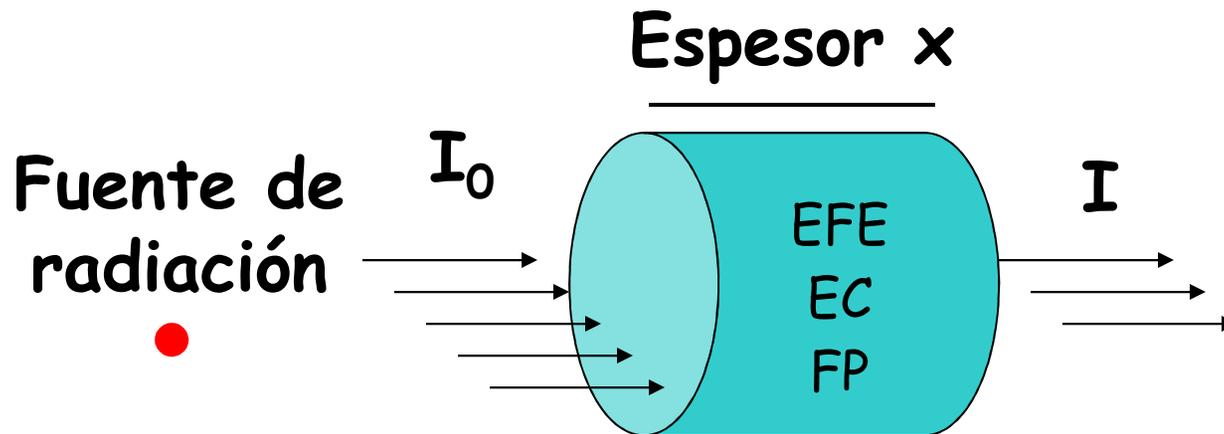
El fotón cede toda su energía en la formación de un par electrón positrón (energías superiores a 1022 keV y medios de alto Z).



Rayos x primarios y secundarios



Atenuación lineal



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

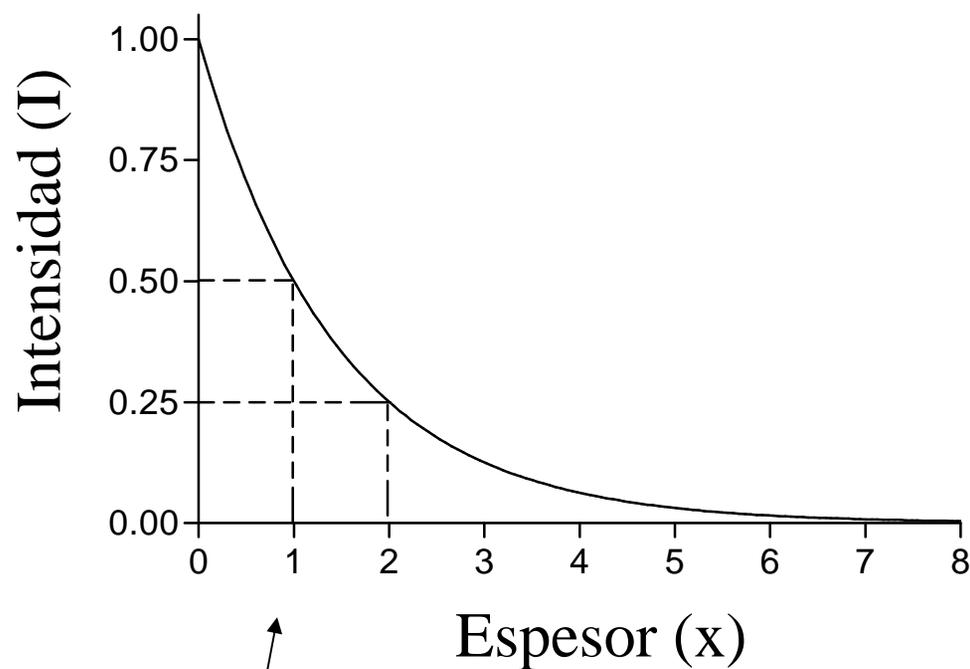


μ = coeficiente de atenuación lineal.

Depende de la energía de la radiación y del z del medio que atraviesa.

Semiespesor

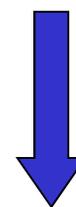
Es el espesor de material absorbente que reduce la intensidad de la radiación incidente a la mitad.



Semiespesor ($x_{1/2}$)

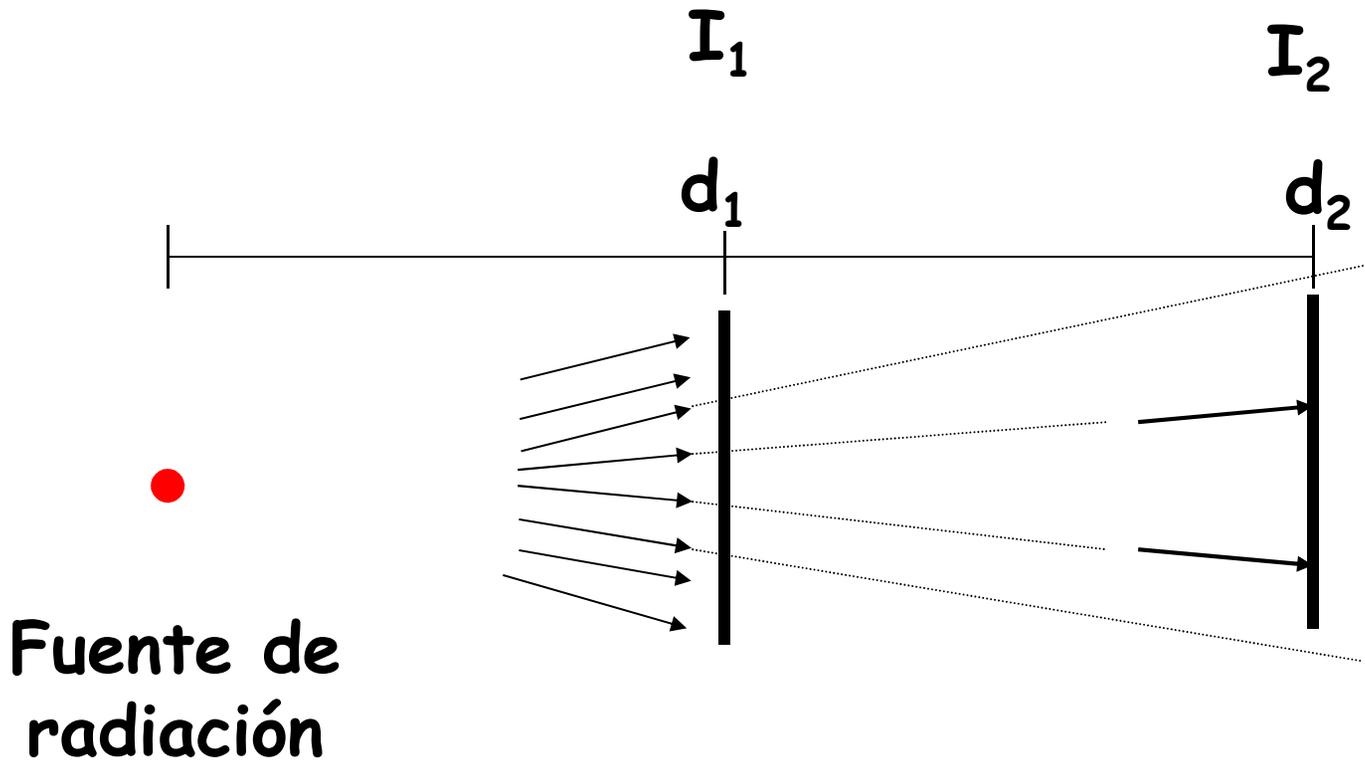
$$\text{Si } I = I_0 / 2,$$

$$x = \ln 2 / \mu$$



$$X_{1/2} = \ln 2 / \mu$$

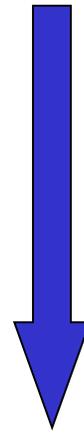
Disminución de la intensidad con la distancia



$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

Las radiaciones ionizantes, además de interactuar con los blindajes y los equipos de detección, interactúan con los pacientes, el público y el personal ocupacionalmente expuesto.

Para cuantificar la radiación absorbida



Radiodosimetría

Exposición

Expresa la capacidad de una radiación de ionizar el aire.

$$X = \Delta q / \Delta m$$

$$1 \text{ Roentgen} = 86,7 \text{ erg/g (aire)}$$

Para radiaciones de 0,1-2,5 MeV, la ionización en agua es 1,11 veces mayor que la producida en aire, por lo que

$$1 \text{ Roentgen} \cong 96 \text{ erg/g tejido} \cong 1 \text{ rad}$$

Energía absorbida (E) es la que se ha invertido en producir ionizaciones

Dosis absorbida

$$D = E/m$$

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

$$\text{Gray (Gy)} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

Dosis equivalente en cuerpo entero

$$H = D \cdot \text{EBR}$$

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \quad \text{si EBR}=1$$

(X hasta 300 keV)

$$1 \text{ Sievert (Sv)} = 100 \text{ rem}$$

EBR = eficiencia biológica relativa (depende de la ionización específica de la radiación)