

# **Curso de capacitación continuada en protección radiológica.**

**P-01-2 Nociones generales sobre  
radiaciones ionizantes.**

# Objetivo

- Que los participantes conozcan acerca del fenómeno de la radiactividad, los diferentes tipos de radiaciones ionizantes y como se produce su interacción con los materiales.

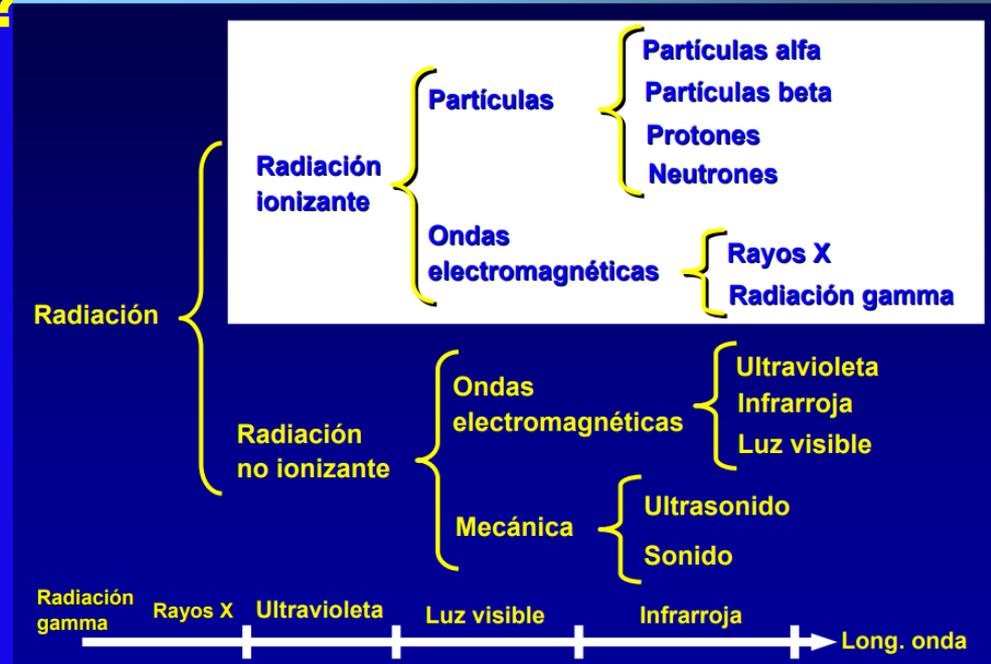
# Contenido

- Radiaciones ionizantes.
- El átomo y su configuración. Nomenclatura. Isótopos.
- Fenómeno de la radiactividad. Ley de la desintegración radiactiva.
- Tipos de desintegración radiactiva y sus características. Partículas alfa, beta, neutrones, los rayos Gamma. Generador de rayos X.
- Nociones básicas de la interacción de las radiaciones con los materiales.

# ¿Que son Radiaciones?

La radiación, es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio, en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

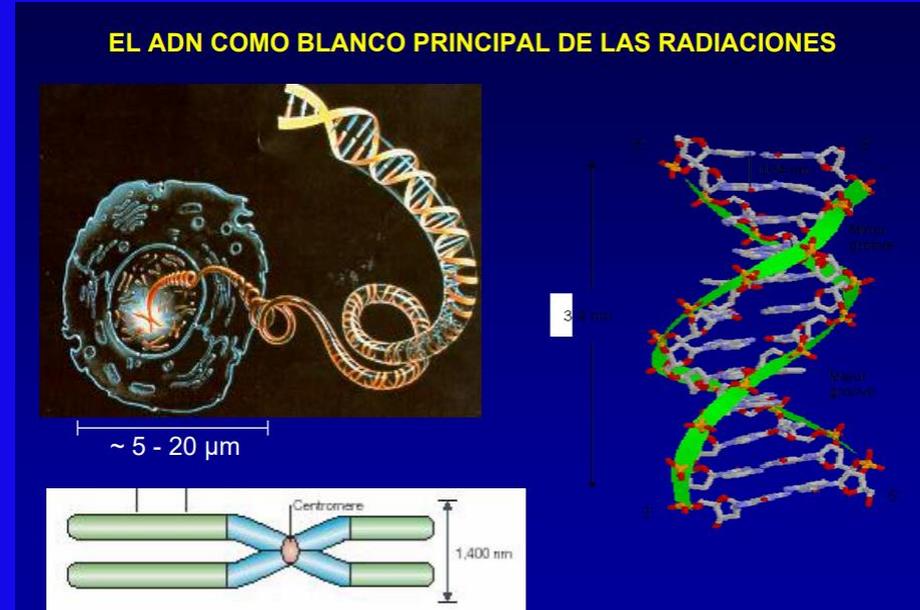
Radiaciones ionizantes son aquellas que al interactuar con un material cualquiera, producen la ionización del mismo.



Los electrones arrancados y los iones formados, por la ionización, pueden interactuar y producir cambios en el material. Esto le da, a las radiaciones ionizantes, la capacidad de romper enlaces químicos que mantienen a las moléculas unidas. Cuando la ionización ocurre en las células vivas, pueden producir cambios químicos con efectos dañinos. La Protección Radiológica se ocupa de minimizar esos posibles efectos dañinos de las radiaciones en los seres humanos.

# ¿Que son las Radiaciones Ionizantes?

El blanco fundamental de las radiaciones ionizantes en la células vivas es el ADN. Las radiaciones ionizantes, al incidir en el ADN, puede causar diferentes tipos de efectos. En algunos casos el ADN logra autorepararse correctamente y en otros casos provoca diferentes niveles de daño que van desde la reparación defectuosa (cáncer) hasta la muerte celular (necrosis).

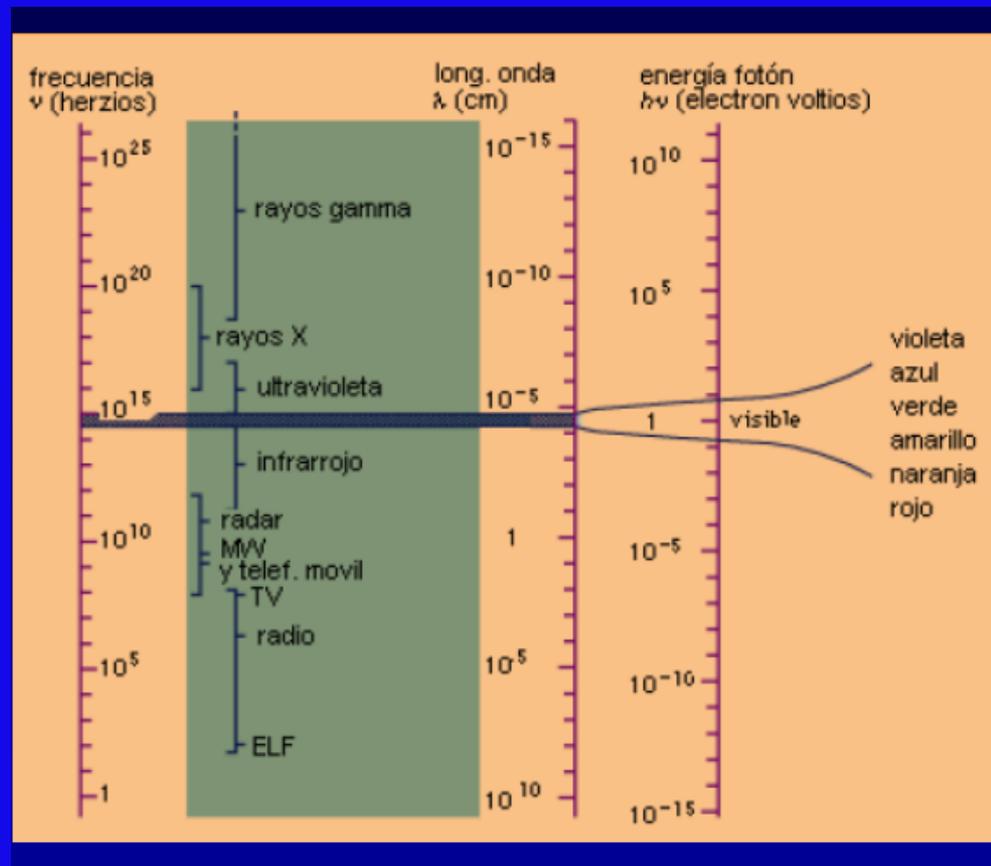


# Radiaciones provocadas por ondas electromagnéticas

En física, la radiación electromagnética consiste en ondas del campo electromagnético, que se propagan a través del espacio y transportan energía.

En la medida que aumenta la energía disminuye la longitud de onda y aumenta la frecuencia.

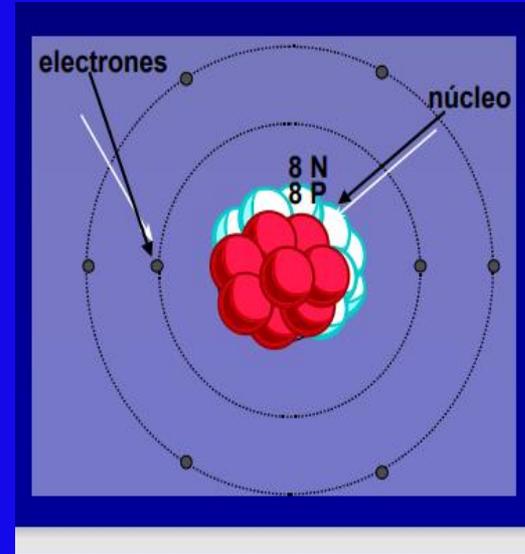
Las Radiaciones ionizantes se ubican en la zona de energías mayores a la luz ultravioleta e incluyen los Rayos X y los Rayos Gamma.



# El átomo: Según el Modelo de Borh

Toda la materia está formada por pequeñas unidades denominadas átomos. Cada átomo tiene un núcleo, alrededor del cual, se encuentran los electrones formando órbitas. El núcleo del átomo contiene neutrones y protones.

En condiciones normales el átomo es eléctricamente neutro, ya que la carga eléctrica negativa que aportan los electrones de su envoltura es compensada con igual cantidad de cargas positivas de los protones en el núcleo



Átomo de  
Oxígeno 16

# El átomo: Según el Modelo de Borh

Los átomos o nucleídos se representan como:



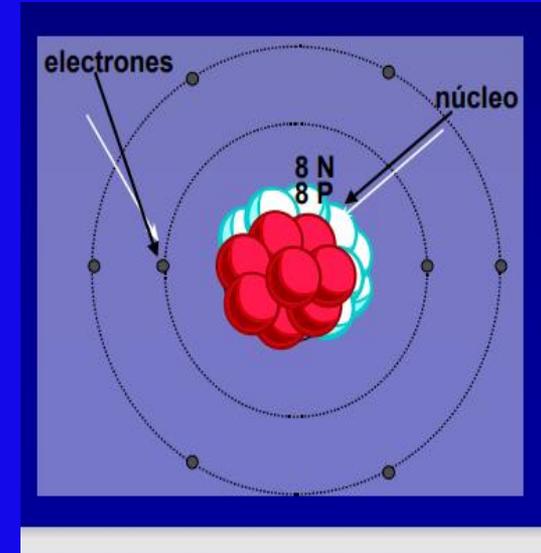
Donde:

X es el símbolo químico del átomo.

A es el número másico ( $A = \text{Neutrones} + \text{Protones}$ )

Z es el número atómico ( $Z = \text{Protones}$ ).

Por ejemplo para el átomo (nucleido) de Oxígeno 16 tenemos:



Átomo de  
Oxígeno 16

# Nucleídos.

$${}^A_Z X$$

A: Número másico (No. de n + No. de p)

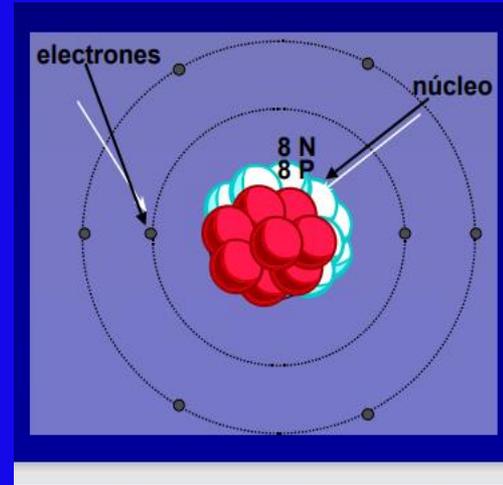
X: Símbolo químico del elemento

Z: Número atómico (No. de p)

$$A = 16$$

$$X = O \text{ (oxígeno)}$$

$$Z = 8$$



Átomo de  
Oxígeno 16

**Por tanto los Nucleídos**, se caracterizan por ser núcleos que tienen un determinado número atómico (Z) y número másico (A).

# Isótopos y Nucleídos.

Todos los nucleídos que tienen **igual número atómico (Z) pero diferente número másico (A)** se denominan **Isótopos**. Por ejemplo:

$H^1_1$  es el Isótopo Hidrógeno.

$H^2_1$  es el Isótopo Deuterio.

$H^3_1$  es el Isótopo Tritio.

Nota: Los isótopos se caracterizan por tener un comportamiento químico similar. De manera que puede utilizarse un isótopo radiactivo para verificar el comportamiento químico de otros isótopos no radiactivo.

Elemento	Símbolo	No. Protones	No. Neutrones
Hidrógeno	$H^1_1$	1	0
Deuterio	$H^2_1$	1	1
Tritio	$H^3_1$	1	2

# Desintegración Radiactiva

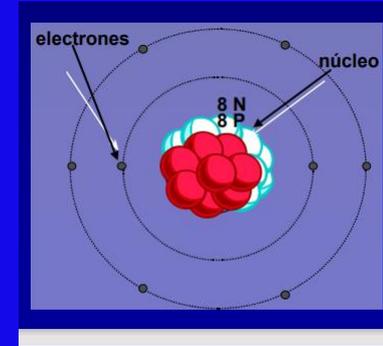
$${}^A_Z X$$

A: Número másico (No. de n + No. de p)  
X: Símbolo químico del elemento  
Z: Número atómico (No. de p)

$$A = 16$$

$$X = \text{O (oxígeno)}$$

$$Z = 8$$



Átomo de  
Oxígeno 16

En la naturaleza existen algunos nucleídos que son inestables y se desintegran dando lugar a otros nucleídos. Estos nucleídos se les llama **radionúclidos** o **radioisótopos**.

Los radioisótopos, al desintegrarse, emiten radiación en forma de partículas (partículas Alfa, partículas Beta y neutrones) y cuantos gamma (fotones). Este proceso se le llama **desintegración radiactiva**.

La desintegración radiactiva responde a **leyes estadísticas** y **sus propiedades son independiente de cualquier influencia del entorno**.

# Ley de desintegración radiactiva

Ley general  
de la  
desintegración  
radiactiva



$$t = t_0 \\ N(t_0) = N_0$$



$$t = t_0 + \Delta t \\ N(t) < N_0$$

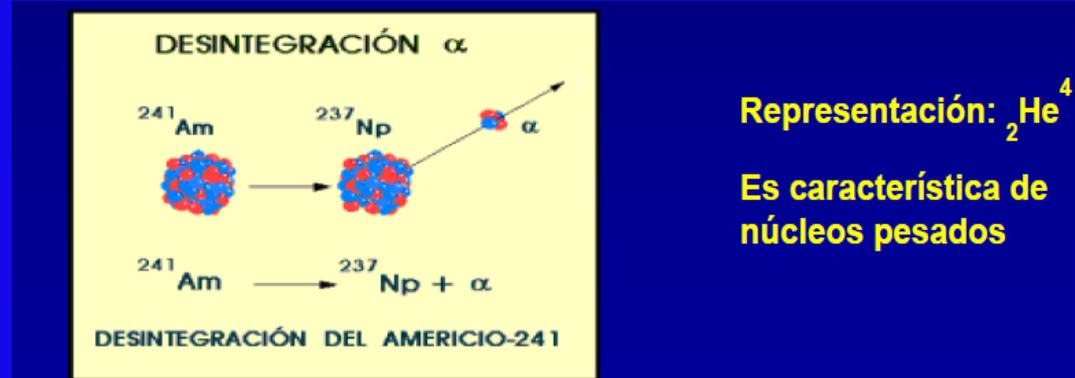
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

$\lambda$ , es la constante de desintegración radiactiva. Se define como la probabilidad de que un nucleído radiactivo decaiga, por unidad de tiempo. Esta magnitud es una constante que caracteriza a cada radioisótopo, independientemente del tiempo y del medio donde ocurra el fenómeno de desintegración.

El periodo de semidesintegración ( $T_{1/2}$ ) es el tiempo en el cual el número de núcleos de un radioisótopo decae a la mitad y se relaciona con la constante de desintegración ya que mientras mayor es  $\lambda$  menor es  $T_{1/2}$ .

# Radiación Alfa

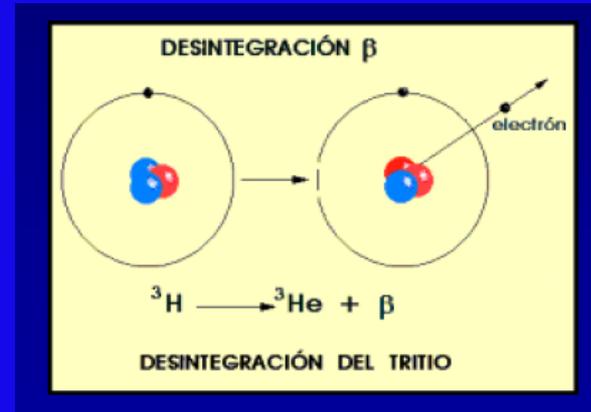


**Desintegración ALFA.** Es la emisión de partículas cargadas positivamente, idénticas a los núcleos de Helio, Conformados por dos protones y dos neutrones.

Al tener una gran masa y carga eléctrica alta, interacciona fuertemente con el medio, ionizan al medio y pierden rápidamente su energía. Esto también hace que tenga muy bajo poder de penetración. Pueden frenarse con una hoja de papel.

Son muy peligrosas ya que sus efectos biológicos son muy significativos, desde el punto de vista de la contaminación interna.

# Radiación Beta

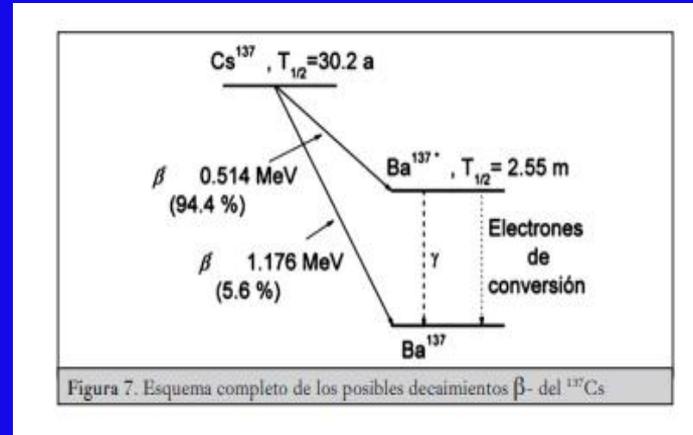


**Desintegración Beta.** Es la emisión de electrones o positrones que son partículas cargadas. Si ocurre la emisión de un positrón es una radiación Beta+ y si ocurre la emisión de un electrón es una radiación Beta-.

Tienen menor masa y menor carga eléctrica que las partículas Alfa, interacciona con el medio, ionizando al medio, pero tienen menor poder de ionización que las partículas Alfa. Tienen también un mayor poder de penetración que las partículas Alfa. Pueden blindarse con unos pocos milímetros de plástico.

Son muy peligrosas desde el punto de vista de la dosis en piel.

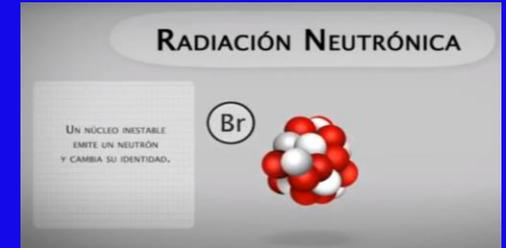
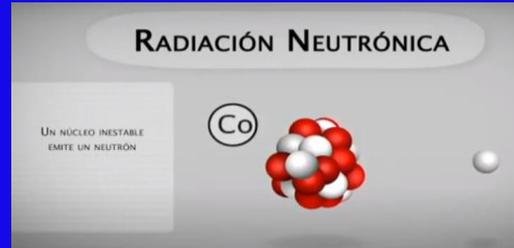
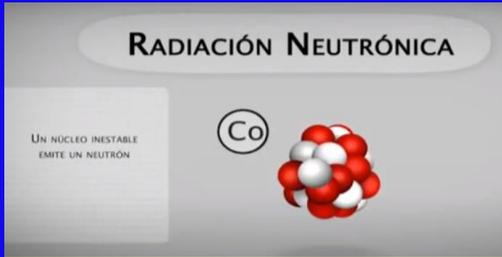
# Radiación Gamma



**Radiación Gamma.** Es la emisión de radiación electromagnética (sin carga) que generalmente acompaña las desintegraciones Alfa y Beta.

Son cuantos o paquetes de alta energía y pequeña longitud de onda que no tienen masa ni carga eléctrica. **Son indirectamente ionizantes** ya que **entregan la energía al medio que atraviesan y provocan la formación de partículas cargadas que son las que producen la ionización.** Al no tener masa ni carga eléctrica tienen un alto poder de penetración. Pueden blindarse usando materiales pesados (Por ejemplo: varios centímetros de plomo y decenas de centímetros de hormigón).

# Radiación de Neutrones

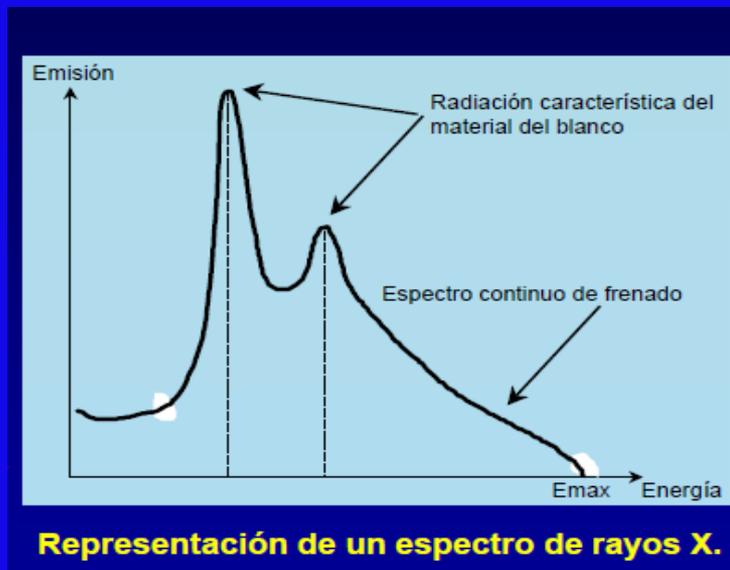


**Radiación de Neutrones.** Se produce cuando un núcleo inestable emite un neutrón para transformarse en un núcleo estable. Es radiación de partículas neutras que no pueden producir ionización directamente. Se dispersan con núcleos pesados muy elásticamente. Es decir los núcleos pesados reducen la velocidad de un neutrón y absorben muy poco los neutrones rápido. Para absorberlos, primero se debe reducir la velocidad de los neutrones (moderar los neutrones). Esto solo puede lograrse con material que contenga núcleos ligeros (ejemplos núcleos de hidrógeno).

# Rayos X

**Rayos X.** Es un tipo de radiación electromagnética de menor energía y mayor longitud de onda que la Radiación Gamma. Se produce por el frenado que sufren los electrones al chocar con un material pesado (blanco). Fueron descubiertos por Roentgen en 1895.

El espectro de los Rayos X esta formado por la Radiación de Frenado y la Radiación Característica.



# Rayos X

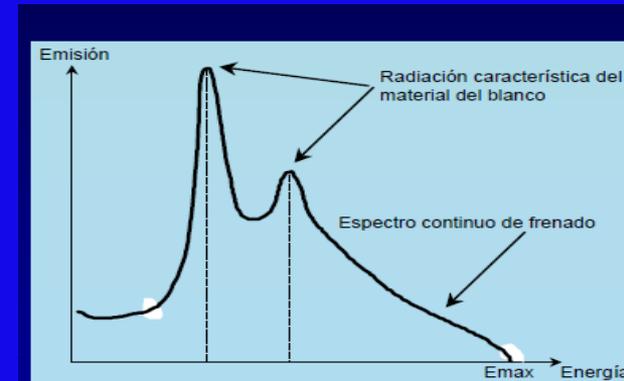
## MECANISMO DE PRODUCCIÓN DE LOS Rayos X

Los Rayos X se producen por conversión de energía, cuando un haz de electrones acelerados mediante una diferencia de potencial, es frenado súbitamente al chocar con un “blanco” (ánodo).

El 99 % de la energía de los electrones se transforma en calor y el 1% de esa energía genera los Rayos X.

Los rayos X pueden originarse mediante un mecanismo de “producción doble”, que frecuentemente se manifiesta de manera simultánea:

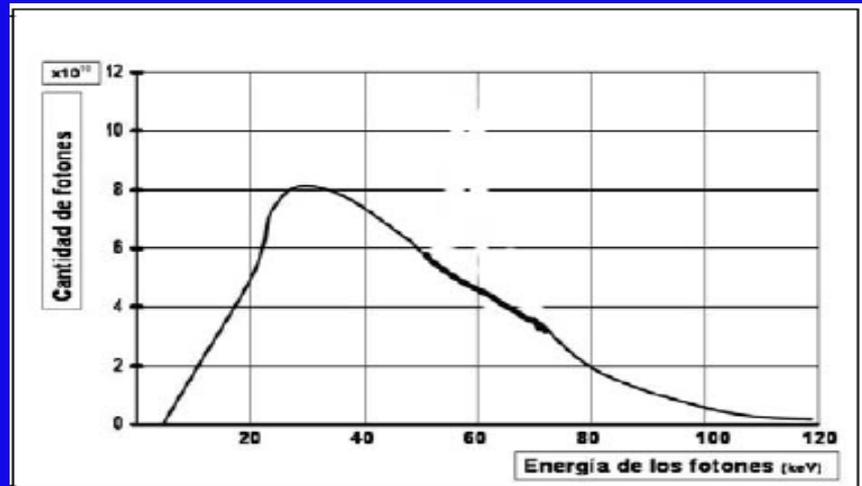
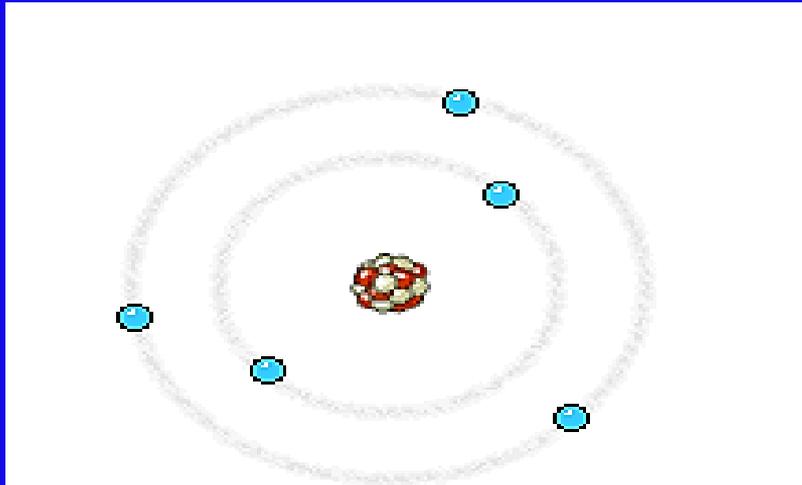
- Radiación de frenado
- Radiación característica



Representación de un espectro de rayos X.

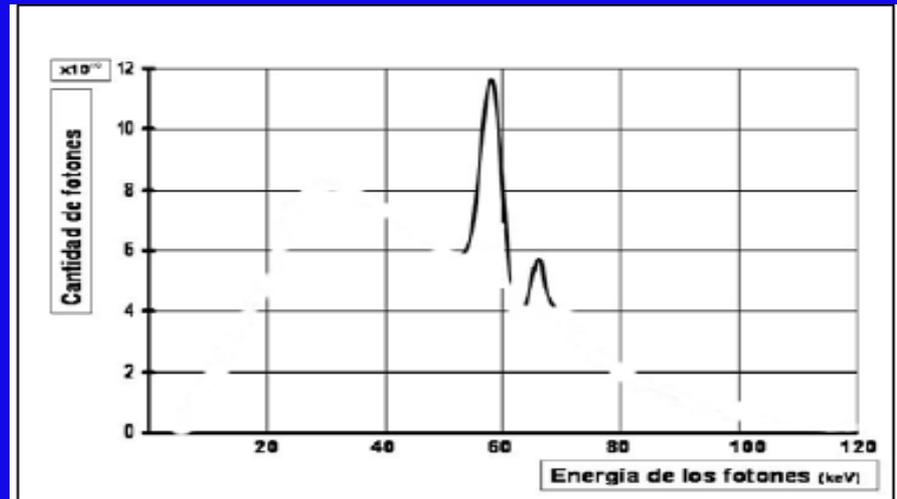
# Rayos X

**PRODUCCIÓN DE RAYOS X. RADIACIÓN DE FRENADO.** Es producida por la desaceleración de una partícula cargada, al pasar cerca al núcleo atómico, produciéndose una interacción electrostática. Esto trae como consecuencia pérdida de energía del electrón, la cual se emite en forma de rayos X. La radiación de frenado supone entre el 70 – 85 % de la totalidad de los Rx producidos.



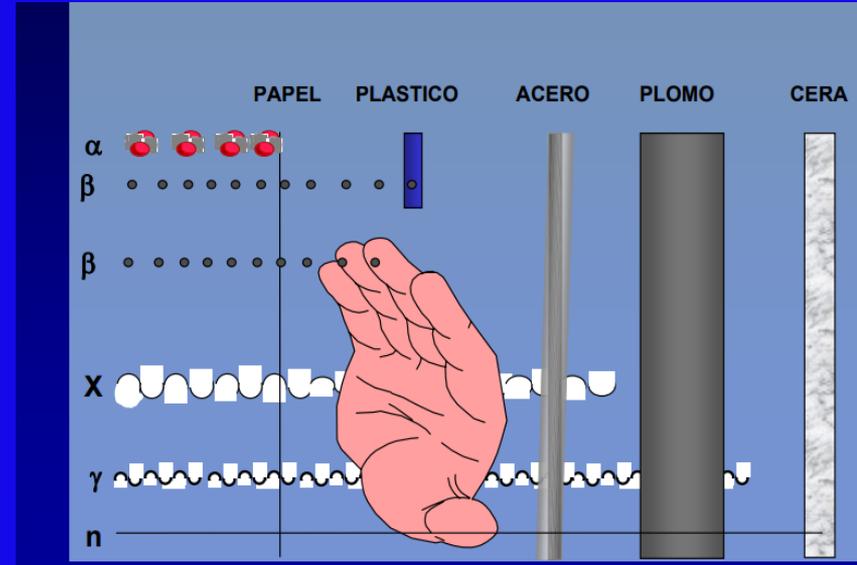
# Rayos X

**PRODUCCIÓN DE RAYOS X. RADIACIÓN CARACTERÍSTICA.** Ocurre cuando un electrón de alta energía puede producir la salida de un electrón cercano al núcleo. La vacante así producida se rellena por el salto de otro electrón de una capa superior, con mayor energía. Esa diferencia de energía entre niveles (característica del átomo) se transforma en radiación X característica. La radiación característica supone entre el 15 – 25 % de la totalidad de Rx producidos.



# Interacciones de las radiaciones ionizantes con el medio.

Radiación	Naturaleza	Carga	Penetración en aire	Penetración en sólidos
Alfa	Partícula. Núcleo de Helio con 2 protones y 2 neutrones	+2	~ cm	~ $\mu\text{m}$
Beta	Partícula. Electrones o positrones	-1 / +1	~ m	~ mm
Gamma	Radiación electromagnética	0	~ cientos de m	~ [cm - m]
Neutrones	Partícula	0	~ cientos de m	~ [cm - m]



# Interacciones de las radiaciones ionizantes con el medio.

Tipos de radiación y principales características de su interacción



Directamente ionizantes			
Partículas cargadas		•partículas alfa •partículas beta	•Pérdida continua de energía en su trayectoria. •Ceden su energía en forma de ionización y excitación de los átomos del medio. •Su alcance es limitado.
Indirectamente ionizantes			
Partículas cargadas (radiación electromagnética)	no	•radiación gamma •rayos X	•Pérdidas discretas de energía en su trayectoria. •Transmiten su energía a partículas cargadas que después ionizarán el medio.
Partículas cargadas	no	neutrones	•No tienen un alcance específico (la probabilidad de interacción aumenta con el espacio recorrido).

## *Conclusiones:*

- 1) Radiaciones ionizantes son aquellas que al interactuar con un material cualquiera producen la ionización del mismo.
- 2) Pueden ser motivadas por partículas o por ondas electromagnéticas.
- 3) El blanco fundamental de las radiaciones ionizantes en la células vivas es el ADN.
- 4) Las partículas que producen ionización directa son las partículas ALFA, las partículas BETA. Estas son directamente ionizantes.
- 5) La radiaciones electromagnéticas (Rayos X y Gamma) y los neutrones son indirectamente ionizantes.

