

Seminario

USMA/ SOBOFI
La Paz, Bolivia
Sept. 2016

MIGUEL IRAN ALCERRECA SANCHEZ



Temas a desarrollar.

- Tema I: El Núcleo, Radiación y Radiactividad
- Tema II: Detección y Medición de la Radiación
- Tema III: Magnitudes y Unidades Radiológicas
- Tema IV: Protección Radiológica (Irradiación y Contaminación)
- Tema V: La Tecnología de Irradiación Industrial



TEMA I

El Núcleo, Radiación y Radiactividad



Objetivos

1. Conocer los componentes básicos del átomo, términos, simbología y la energía que hay en él.
2. Conocer los tipos de radiación ionizante y el decaimiento radiactivo
3. Aprender a escribir las ecuaciones nucleares para el decaimiento radiactivo
4. Entender el concepto de "vida-media"
5. Conocer los instrumentos de detección de la radiación

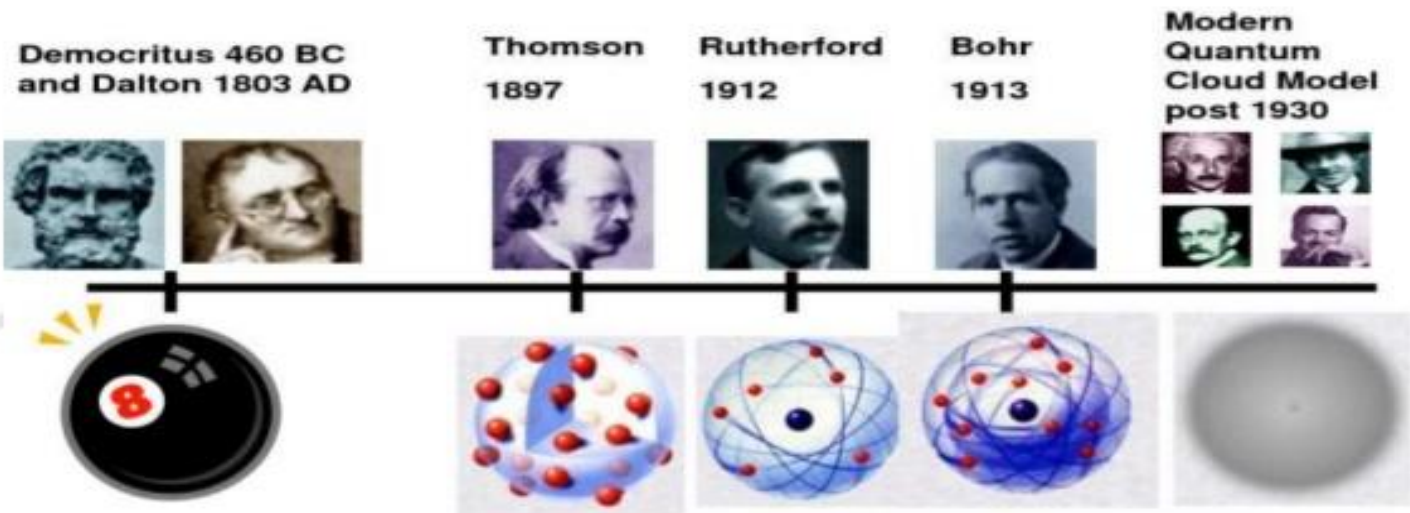


El Átomo

5

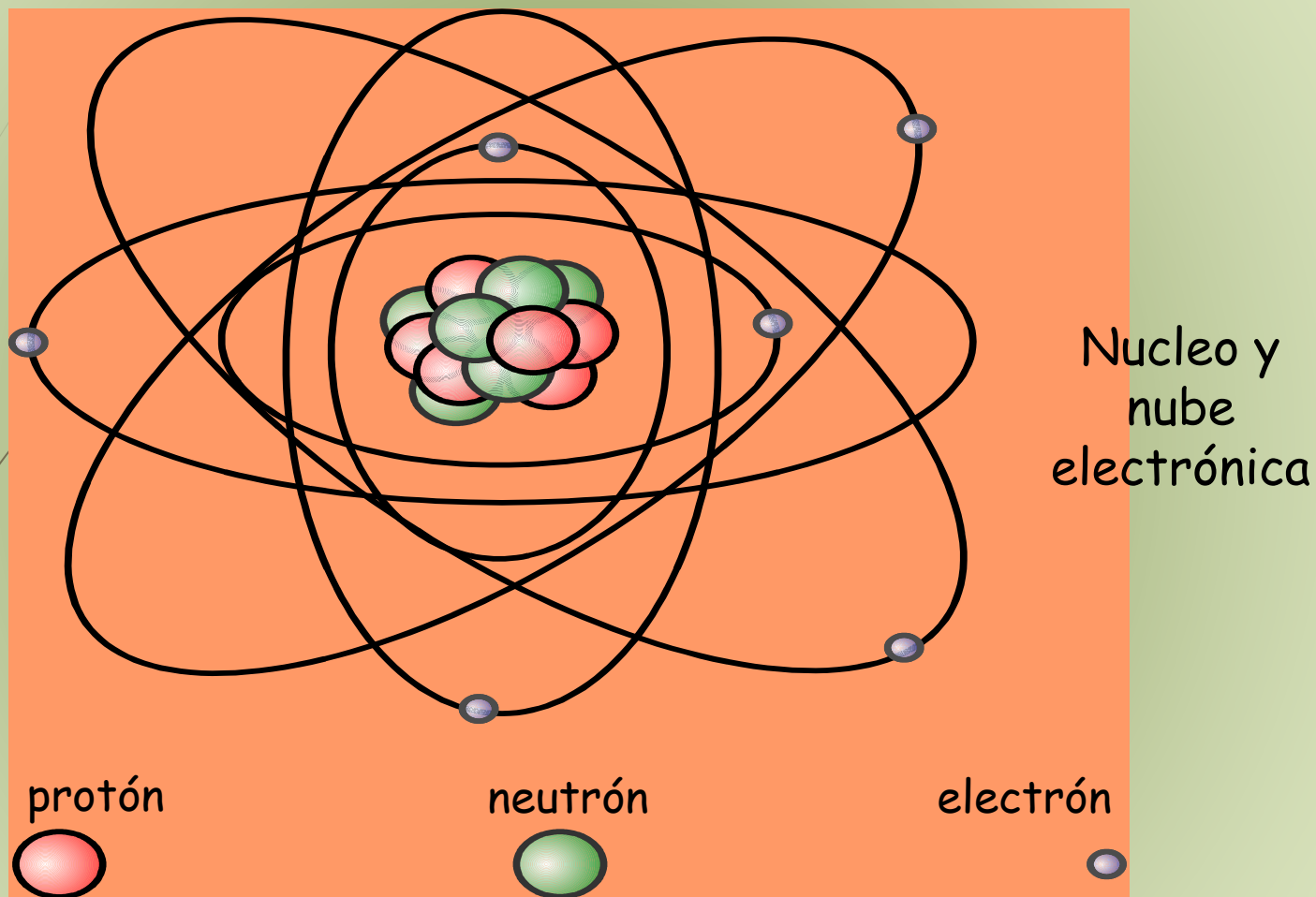
•CHANGES IN VIEW OF “ATOM”

History of the Atom Timeline



<https://www.google.com.co/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjctP7Hp4rPAhXD6IMKHdc1DmcQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.slideshare.net%2Ffishajaiswal169%2Fatomic-structure-38027284&psig=AFQjCNFPW40dZb6XJW3f1hFkbNsJgU7dKw&ust=1473783827531812>

1.1 EL ÁTOMO



Terminología básica sobre el átomo

- **nucleones** - partículas que se encuentran en el núcleo del átomo
 - **Neutrones**, con ningún tipo de carga
 - **Protones**, cargados positivamente
- **Número atómico (Z)** - numero de protones en el núcleo, nos indica que elemento tenemos
- **Número de masa (A)** - suma del número de protones y neutrones
- **isótopos** - átomos con idénticos números atómicos pero diferentes números de masa
- **nuclido** - cada átomo único



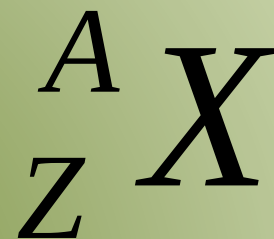
Número Atómico (z)

Hidrogeno	1
Carbono	6
Cobalto	27
Selenio	34
Iridio	77
Uranio	92

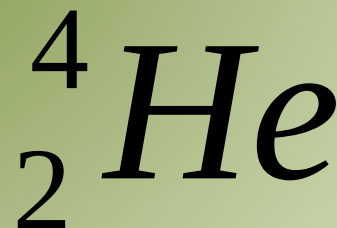


Simbología

- ➡ El símbolo atómico para un isótopo determinado de un elemento, por lo general se representa así



- ➡ Como ejemplo se muestra el de una partícula alfa ó núcleo de helio

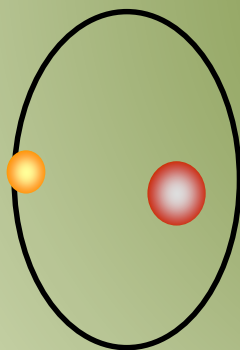


Isótopos

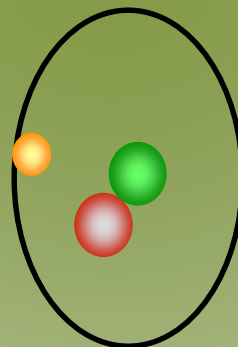
Un isótopo de un elemento tiene:

El mismo número de protones

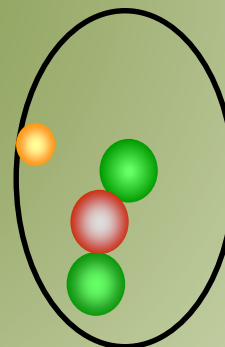
Un número diferente de neutrones



1_{H}



2_{H}



3_{H}



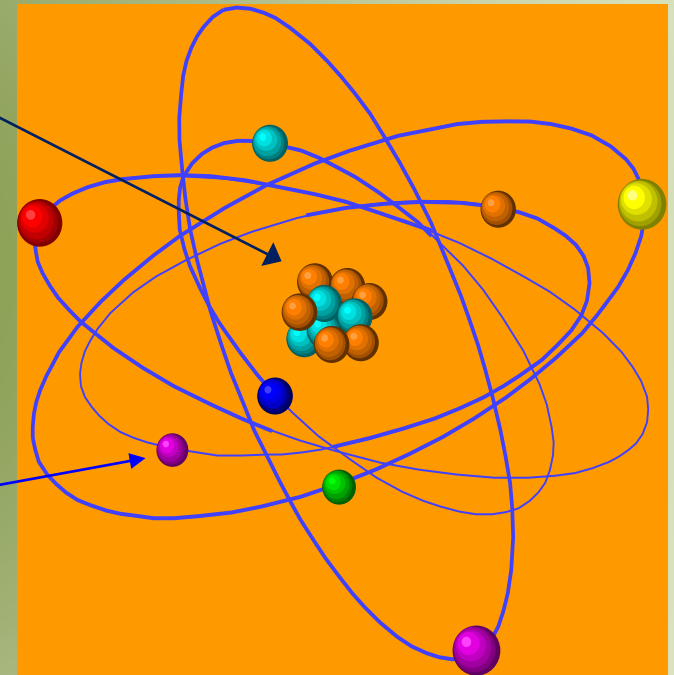
Estructura atómica básica

➤ Estructura nuclear

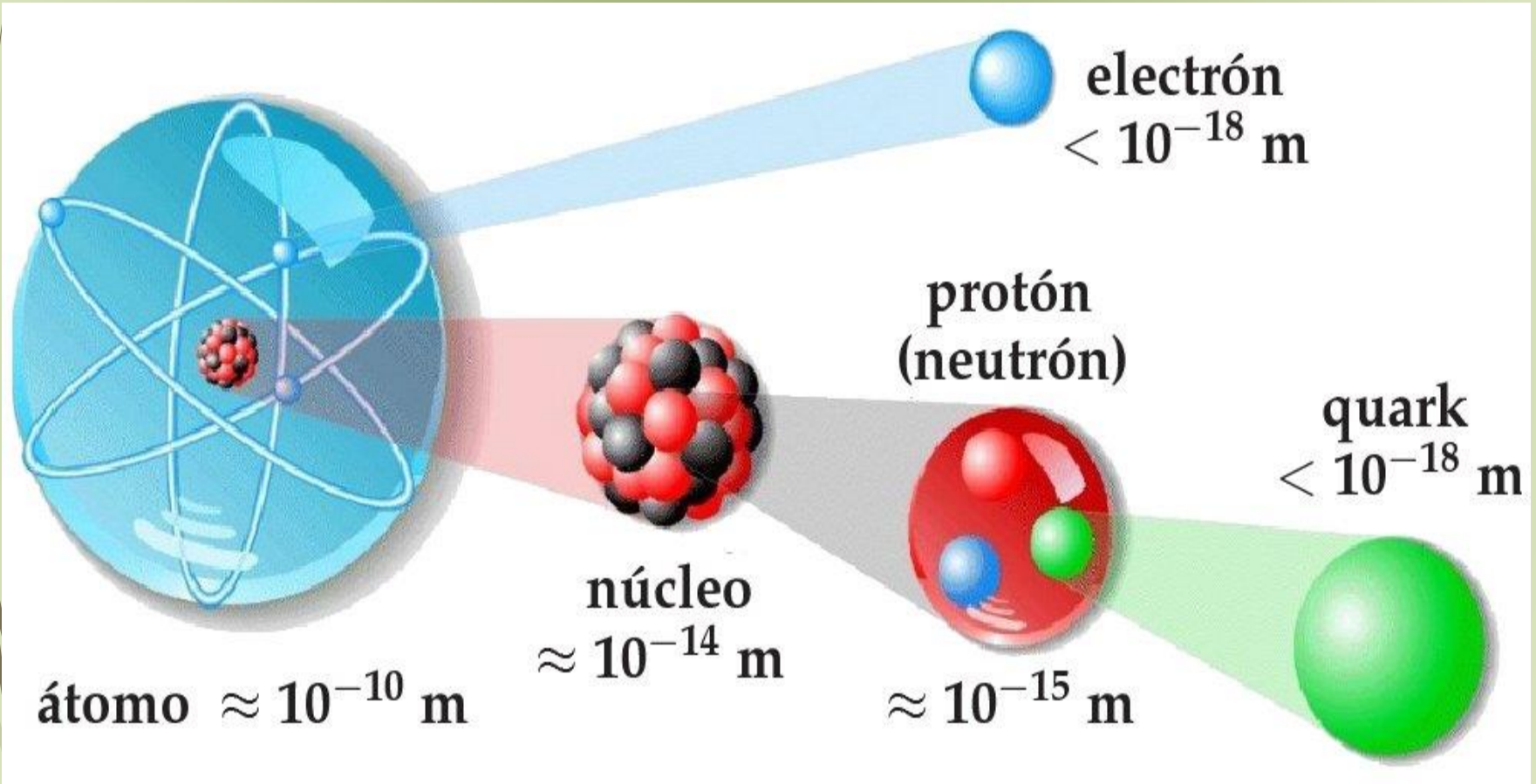
- protones y neutrones = nucleones
- Z protones con carga eléctrica positiva
 - $\text{Carga} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulombs}$
- Neutrones sin carga (eléctricamente neutros)
- Número de nucleones = número másico A

➤ Estructura fuera del núcleo

- Z electrones (partículas ligeras con carga eléctrica)
 - Igual a la carga del protón pero negativa



Las dimensiones atómicas

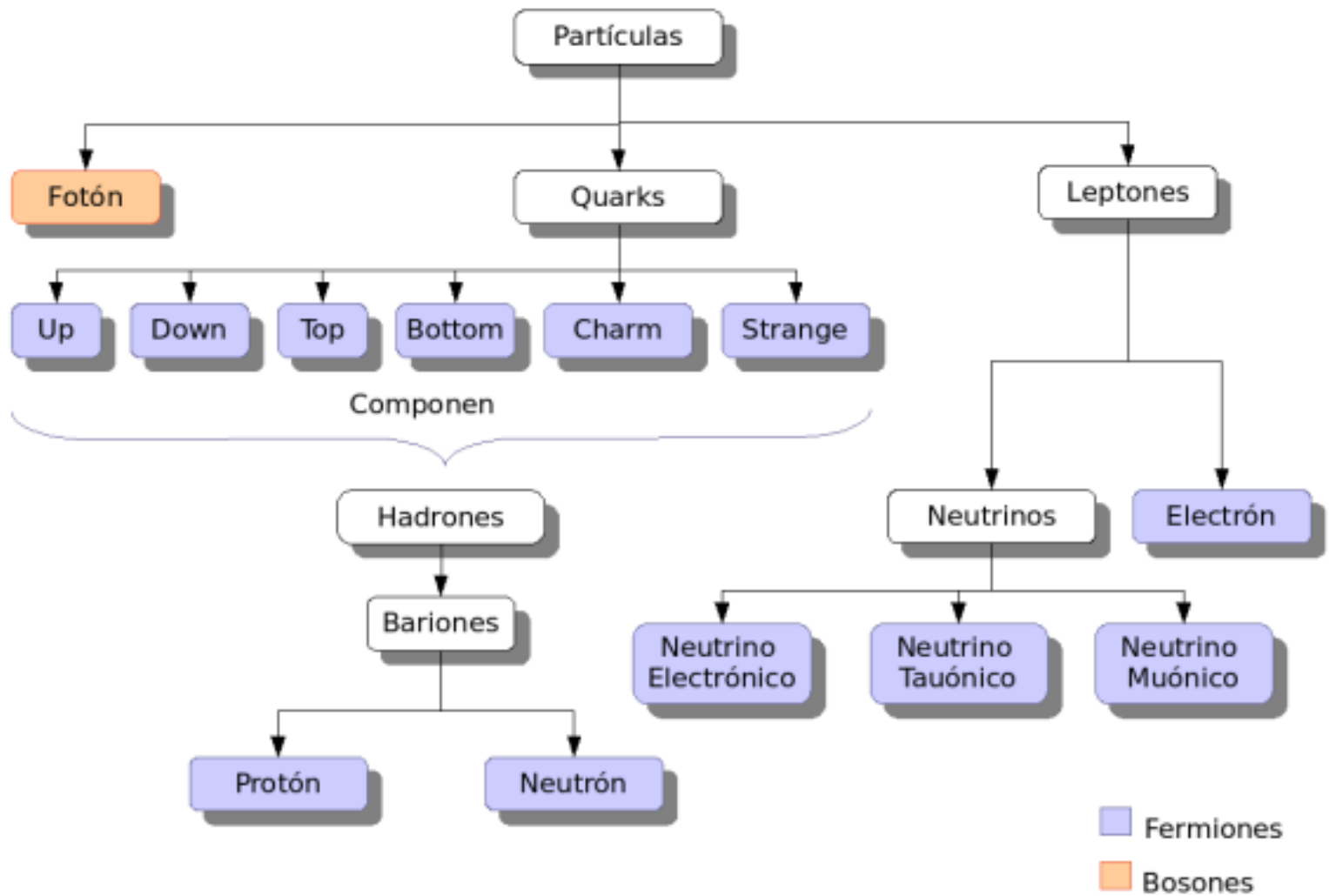


1.2 La Constitución del Núcleo

¿Como clasificamos las partículas elementales?

- Las partículas elementales se caracterizan **por su masa, carga, spin.**
- Una forma de clasificación es en **Leptones y Quarks** que se distinguen **por la manera como interactúan las partículas.**
- Los **Quarks** componen los **Hadrónes** que a su vez se dividen en **Bariones y Mesones.**
- Por último, los **Bariónes** se subdividen a su turno en **Nucleones e Hiperones.** Otra clasificación es la que se hace en Fermiones (que tienen spin semi-entero) y Bosones (de spin entero).





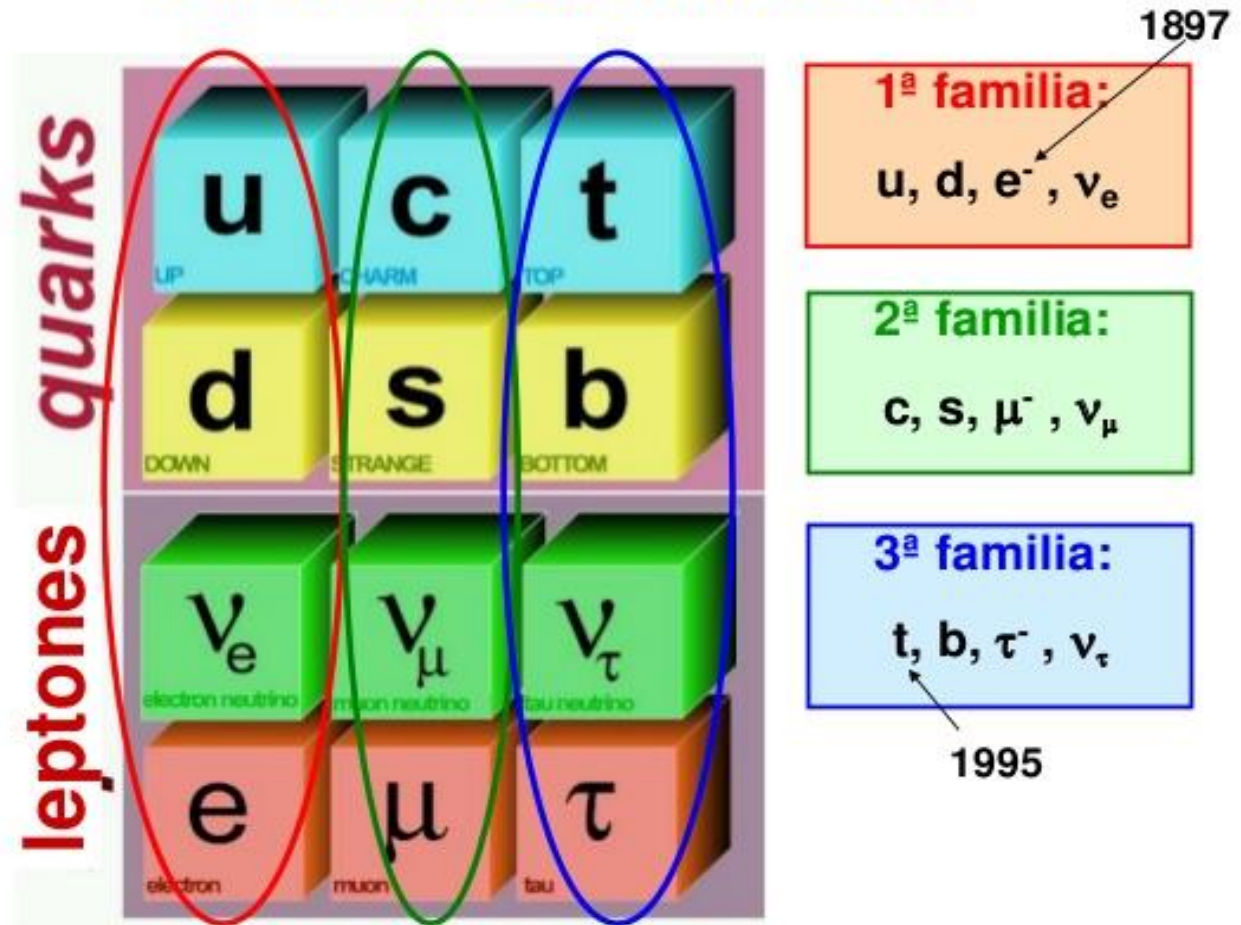
- Los Quarks son las partículas que **presentan interacciones fuertes**. Los constituyen los hadrones (protones y neutrones) **con una carga eléctrica fraccionaria ($2/3$ o $-1/3$)** y se caracterizan por uno de los tres tipos de carga fuerte llamado color (rojo, azul, verde).

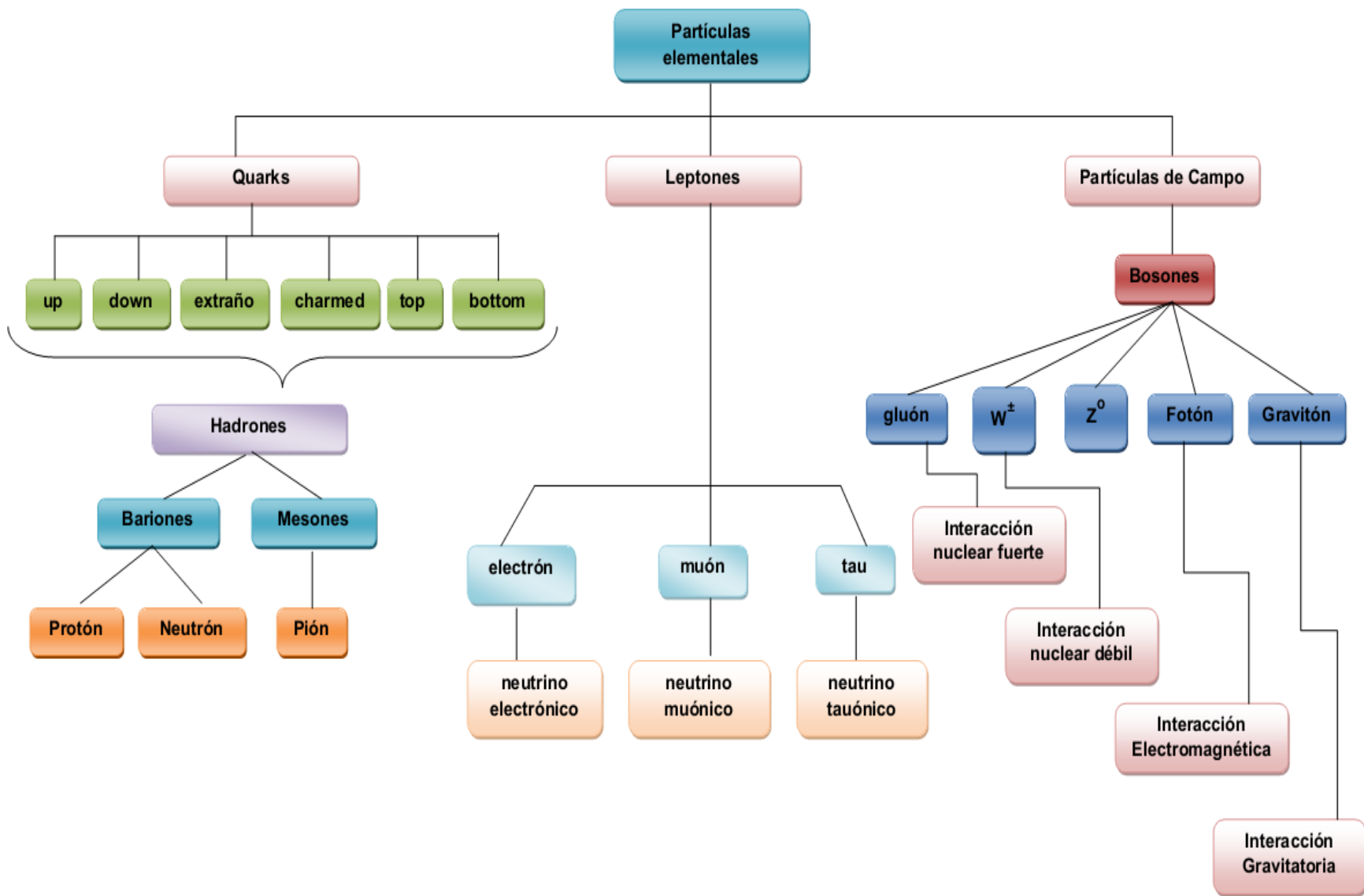
En la actualidad hay cinco quarks: arriba, abajo, encanto, extraño, la parte inferior y parte superior.

- Los Leptones son partículas que **no interactúan fuertemente**. El electrón, el muón, el tauón y sus neutrinos correspondientes se encuentran en esta categoría.



Partículas Elementales

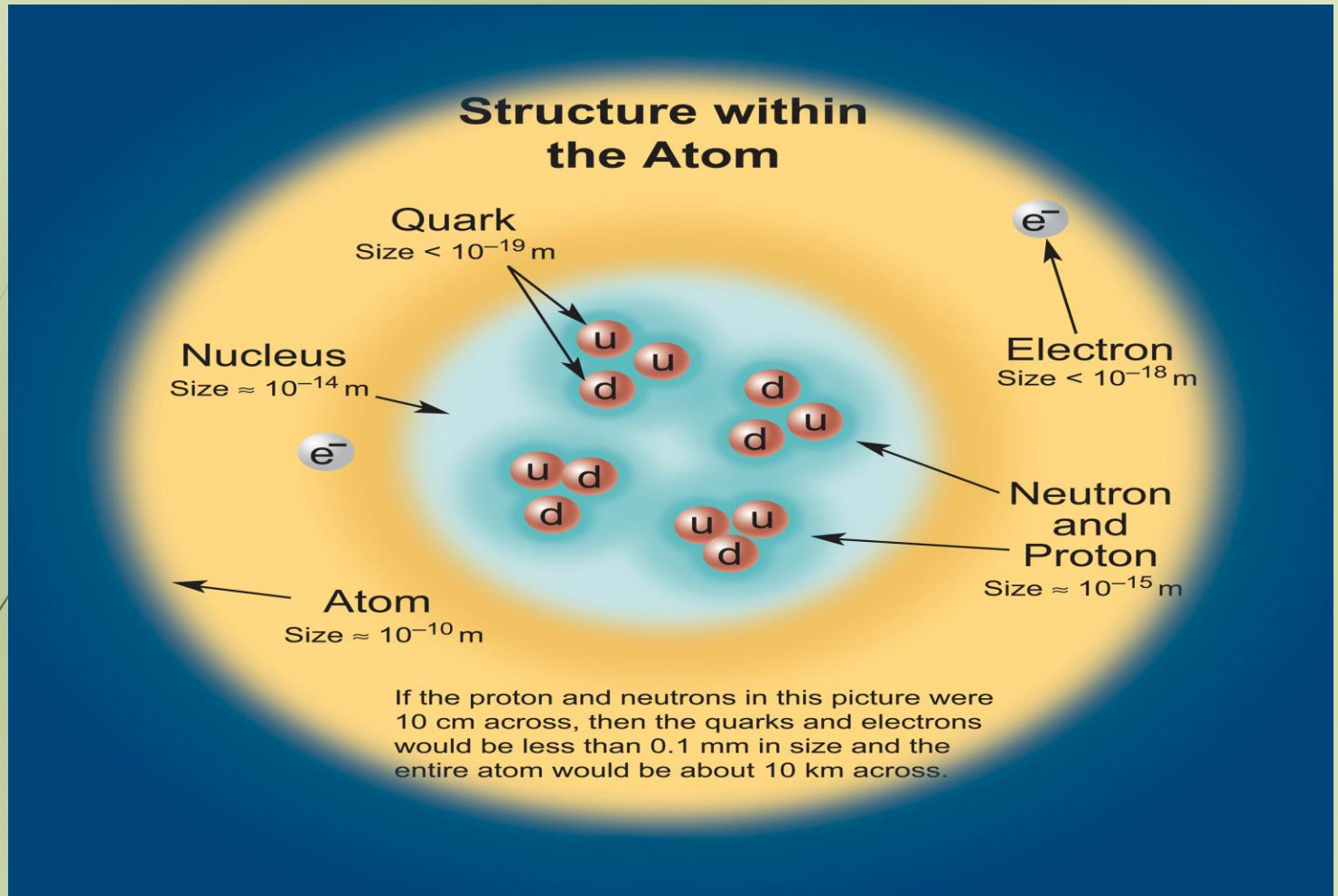




LAS CUATRO FUERZAS FUNDAMENTALES EN LA NATURALEZA

Fuerza	Fuente	Partícula Transmisora	Magnitud Relativa
Fuerte	Carga fuerte	Gluón	1
Elec-Magnet	Carga eléctrica	Fotón	1/137
Débil	Carga débil	Bosones W y Z ⁰	10 ⁻⁶
Gravitacional	Energía	Gravitón	10 ⁻³⁹



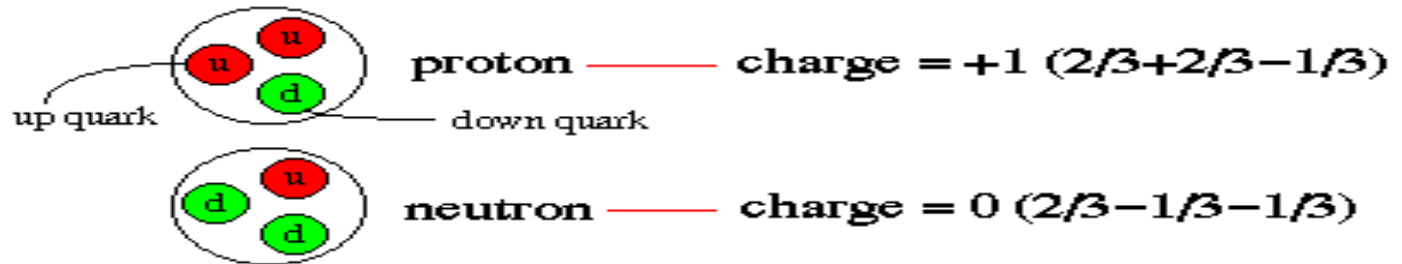


El Modelo Estándar de la Física de partículas es una Teoría que describe tres de las cuatro interacciones fundamentales conocidas (Electromagnética, Nuclear Fuerte y Nuclear Débil) entre partículas elementales que componen toda la materia.

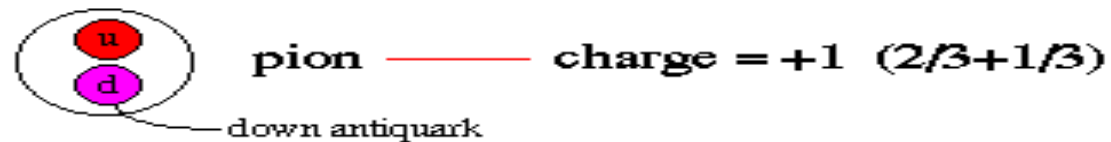
Es una Teoría Cuántica de Campos que es consistente con la Mecánica Cuántica y la Relatividad Especial. Hasta la fecha, casi todas las pruebas experimentales de las tres fuerzas descritas por el Modelo Estándar están de acuerdo con sus predicciones

Atomic Nuclei = Combinations of Quarks

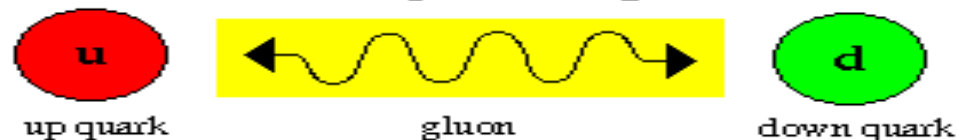
Baryons = particles made of 3 quarks



Mesons = particles made of 2 quarks



What binds quarks together?



the strong force carried by gluons

1.3 ESTABILIDAD DEL NÚCLEO

- ✓ La masa de un átomo es siempre menor que la suma de las masas de las partículas que lo constituyen.
- ✓ Esa diferencia se denomina defecto de masa y es equivalente a la cantidad de energía que el núcleo gasta en mantener juntos a sus nucleones (energía de amarre ó ligadura).
- ✓ Defecto de masa - es la cantidad de masa que se convierte en energía durante la fisión ó fusión.

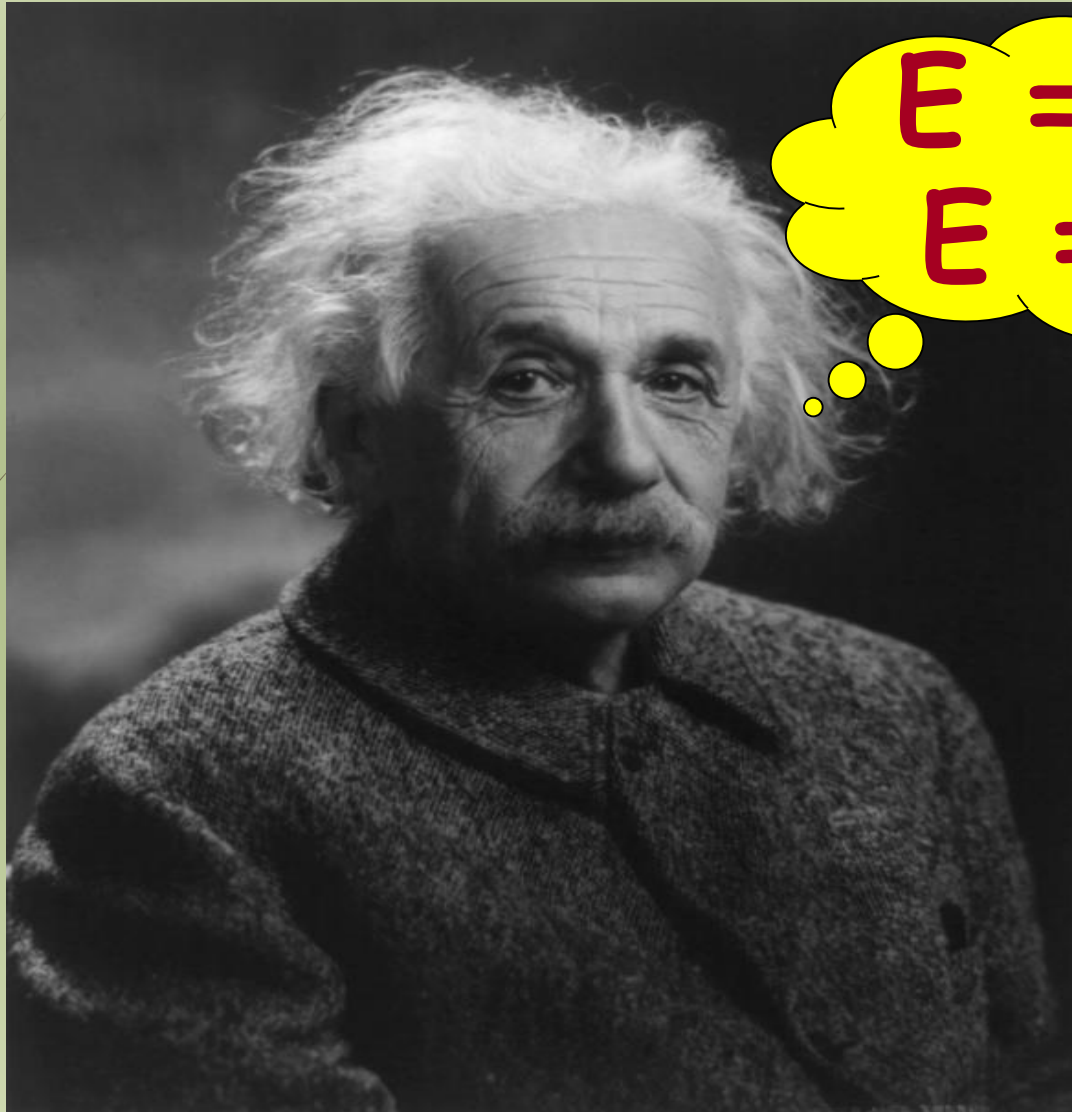


Energía de amarre ó ligadura

- El cálculo del defecto de masa es la diferencia entre la masa presente del átomo y las masas conocidas de cada una de sus partes.
- La cantidad de energía convertida por esta masa se llama **energía de amarre**
- La energía de amarre/nucleón es una medida de la estabilidad del núcleo.



En en el mundo cuántico:



$$E = mc^2$$
$$E = h\nu$$

En las reacciones nucleares

- Dos tipos de reacciones nucleares producen grandes cantidades de energía :
- **La Fisión-** separación de un átomo en partes más pequeñas
- **La Fusión-** La unión de dos núcleos pequeños para formar uno más grande
- De acuerdo con la famosa ecuación de Einstein

$$E = mc^2$$

las energías involucradas y las masas están relacionadas



Ejemplo:

Para calcular el defecto de masa y la energía liberada en la formación de Carbono-13, se procede de la manera siguiente,

Solución:

Masa esperada:

$$\text{Protones} = 6 (1.007276 \text{ u}) = 6.043656 \text{ u}$$

$$\text{Neutrones} = 7(1.008665 \text{ u}) = \underline{7.060655 \text{ u}}$$

$$13.104311 \text{ u}$$

Masa conocida

$$\underline{-13.003355 \text{ u}}$$

Defecto de Masa

$$.100956 \text{ u}$$

$$\begin{aligned} \text{Energía liberada} &= (931.5 \text{ MeV/u})(0.100956 \text{ u}) \\ &= 94.04 \text{ MeV} \end{aligned}$$



2. La radiación

26



"La vida en la tierra se ha desarrollado en presencia de radiación. No es nada nuevo, inventado por el hombre, la radiación siempre ha estado aquí"

Eric J Hall. Profesor de la Universidad de Columbia. NY.

https://www.google.com.co/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjueD2qIrPAhUR84MKHdSLBekQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Ffrinconeducativo.org%2Fcontenidoextra%2Fradiacio%2F3_radiacin_ionizante_natural_y_artificial.html&psig=AFQjCNGIKYg8WGhPRnzdkX5wP_FaO1mtrw&ust=1473786512432924

2.1 La radiación

¿Qué es?

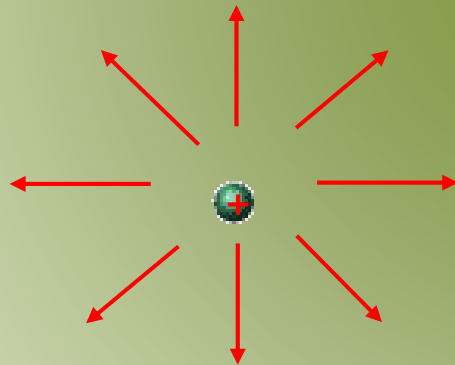
- Una forma de energía que es capaz de transmitirse a través del espacio de un lugar a otro
- La transmisión se puede realizar como ondas electromagnéticas (fotones: luz, calor, microondas, rayos X, rayos gamma) ó como partículas (electrones)



Las ondas electromagnéticas

Toda onda se caracteriza básicamente por su frecuencia, longitud de onda y amplitud, pero ¿de donde surgen? :

- electro ~ campo eléctrico
- Cargas eléctricas estáticas interactúan con otras cargas mediante el campo eléctrico que generan



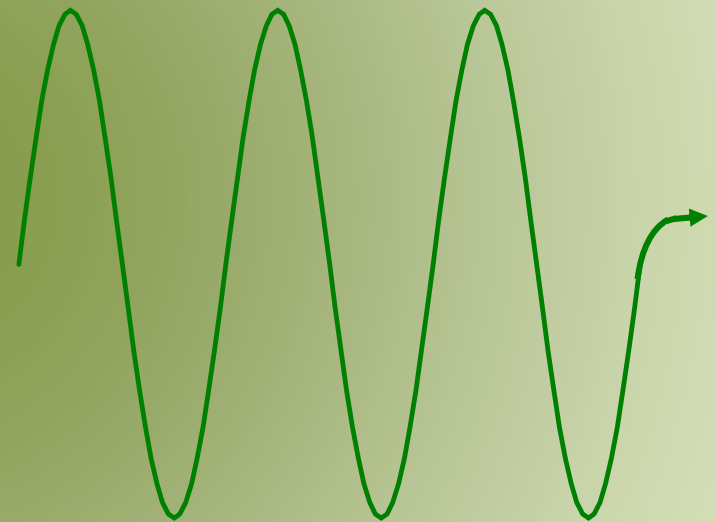
Campo Eléctrico $\vec{E}$

Las Fuerzas de interacción producen movimiento



Campo eléctrico, energía almacenada

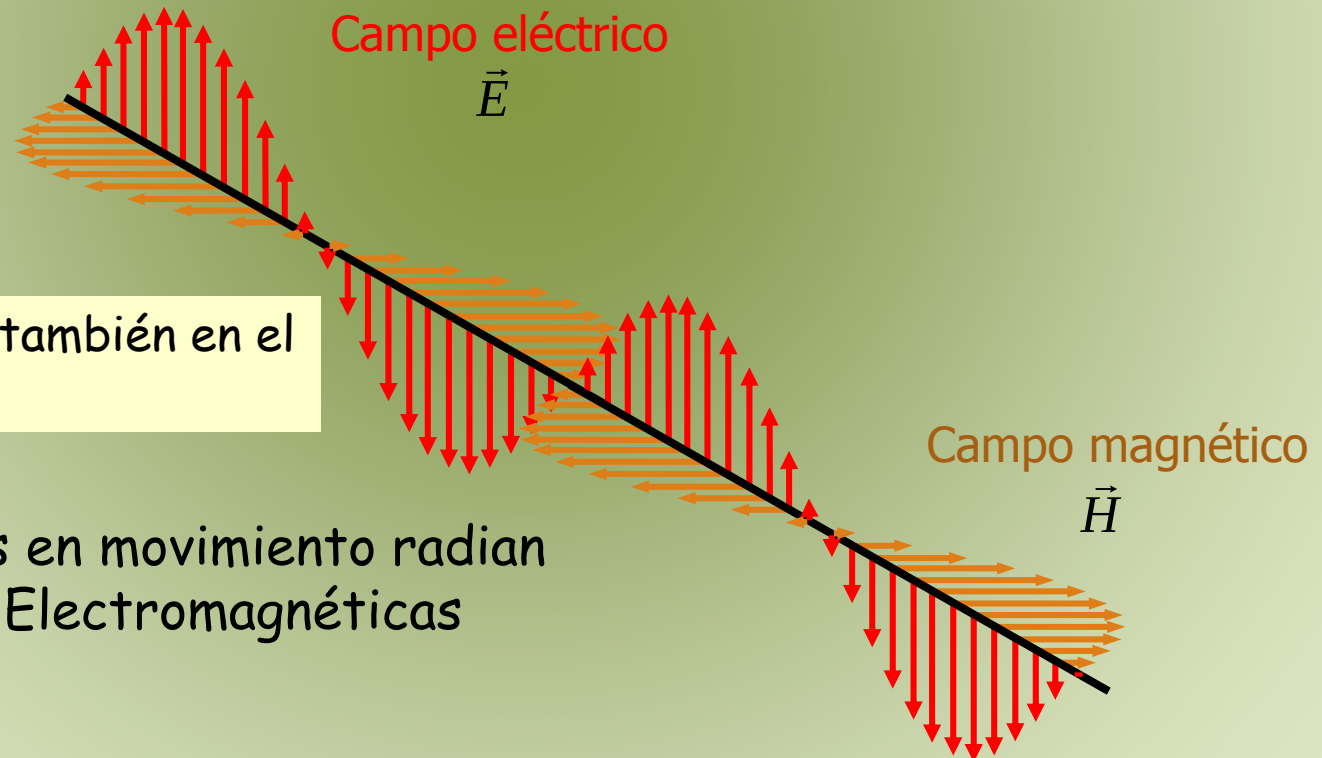
CARGAS EN MOVIMIENTO



El movimiento de cargas eléctricas genera campos magnéticos

Las ondas electromagnéticas son:
Perturbaciones en el espacio y en el tiempo que transmiten energía asociada a un campo eléctrico y a un campo magnético mutuamente perpendiculares.

Estos campos oscilan en forma sinusoidal a medida que se propagan.
Son ondas transversales.



Se propagan también en el vacío

Las cargas en movimiento radian
Ondas Electromagnéticas

PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA

31

FRECUENCIA f

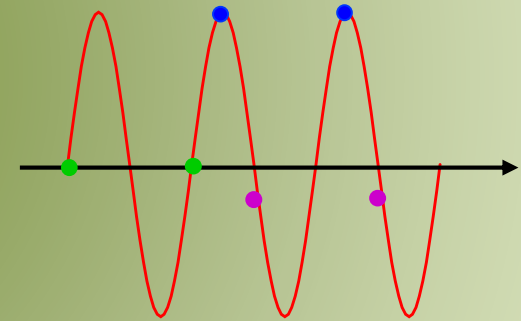
Número de oscilaciones completas por unidad de tiempo de los campos eléctrico y magnético. Se mide en Hertz (Hz).

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$$

La frecuencia es una característica de la onda electromagnética **independiente** del medio en que se propague.

LONGITUD DE ONDA λ

Distancia entre dos puntos consecutivos que tienen la misma fase.



La longitud de onda (para una frecuencia dada) depende de las características del medio en que se propaga la onda.

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN $c = 300000 \text{ km/s}$ en el vacío)

$$c = \lambda \cdot f$$

FOTON

32

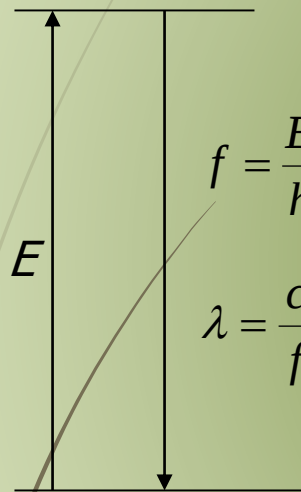
Es la "partícula portadora" de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio.

- Con masa invariante cero, velocidad constante en el vacío c , la velocidad de la luz
- Presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias "dualidad onda-corpúsculo":

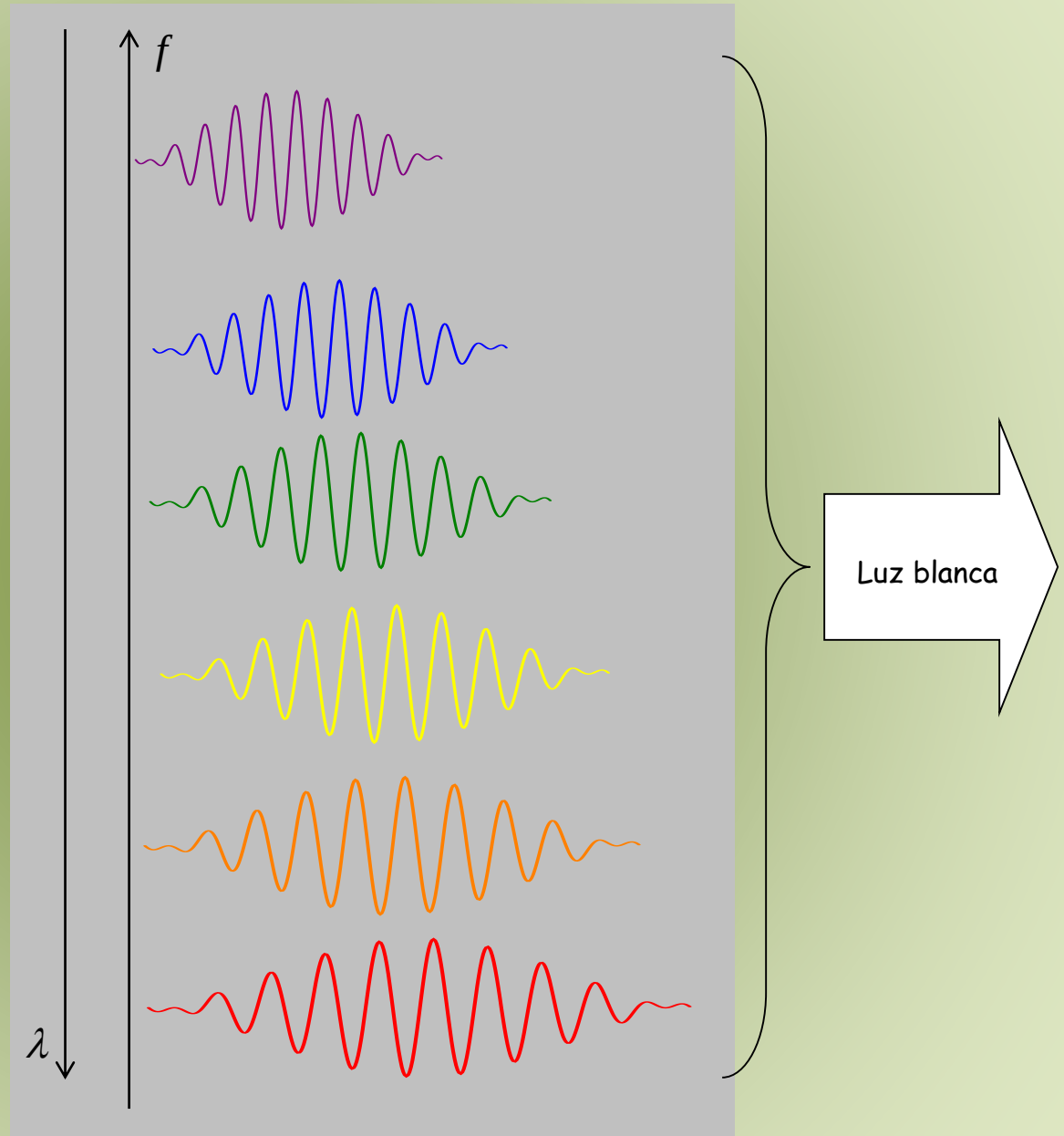
-Se comporta como onda en fenómenos como la refracción (en una lente), o en la interferencia destructiva de ondas reflejadas

-Se comporta como partícula en la interacción con la materia para transferir una cantidad fija de energía. Esto difiere con las ondas clásicas, que pueden ganar o perder cantidades arbitrarias de energía.

- Para la luz visible, la energía portada por un fotón es de alrededor de 4×10^{-19} joules; esta energía es suficiente para excitar un ojo y dar lugar a la visión.
- Un fotón de luz UV contiene más energía que el de luz visible y los fotones de rayos X y rayos gamma son aún más energéticos.
- La fórmula $E = hf = hc / \lambda$ significa que, mientras más corta sea la longitud de onda λ más energético será el fotón.


$$f = \frac{E}{h}$$
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{hc}{E}$$

Constante de Planck
 $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$



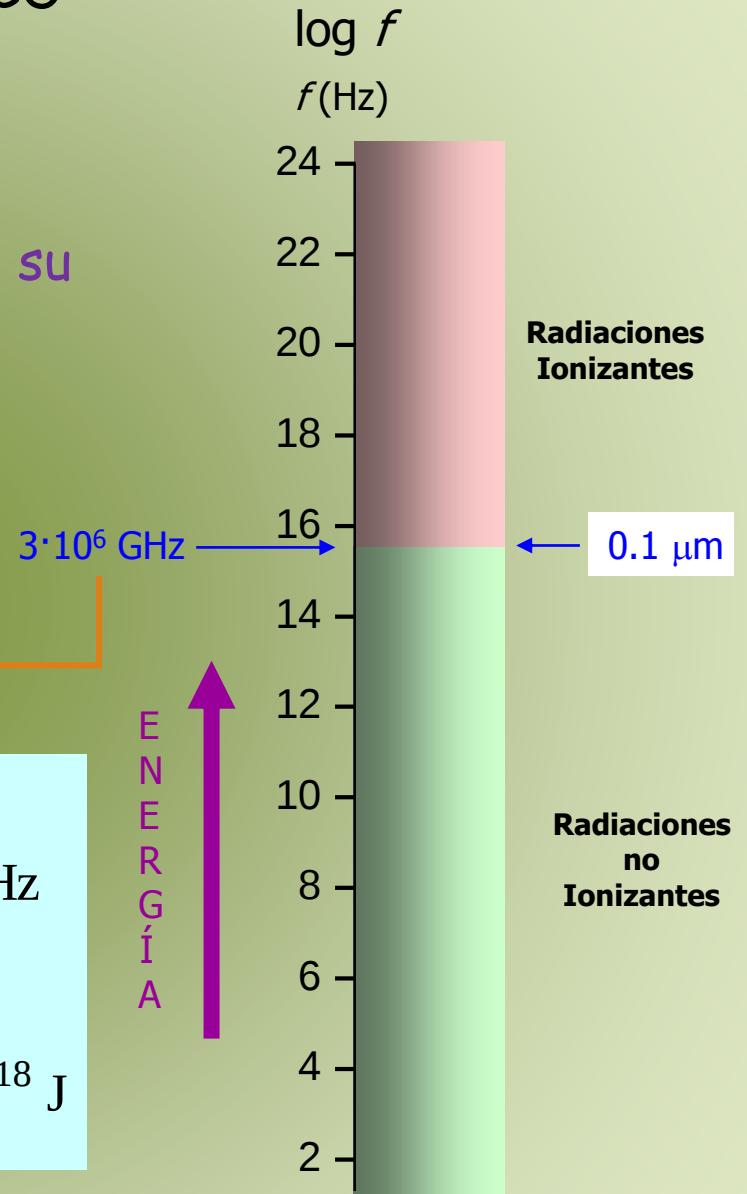
EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

35

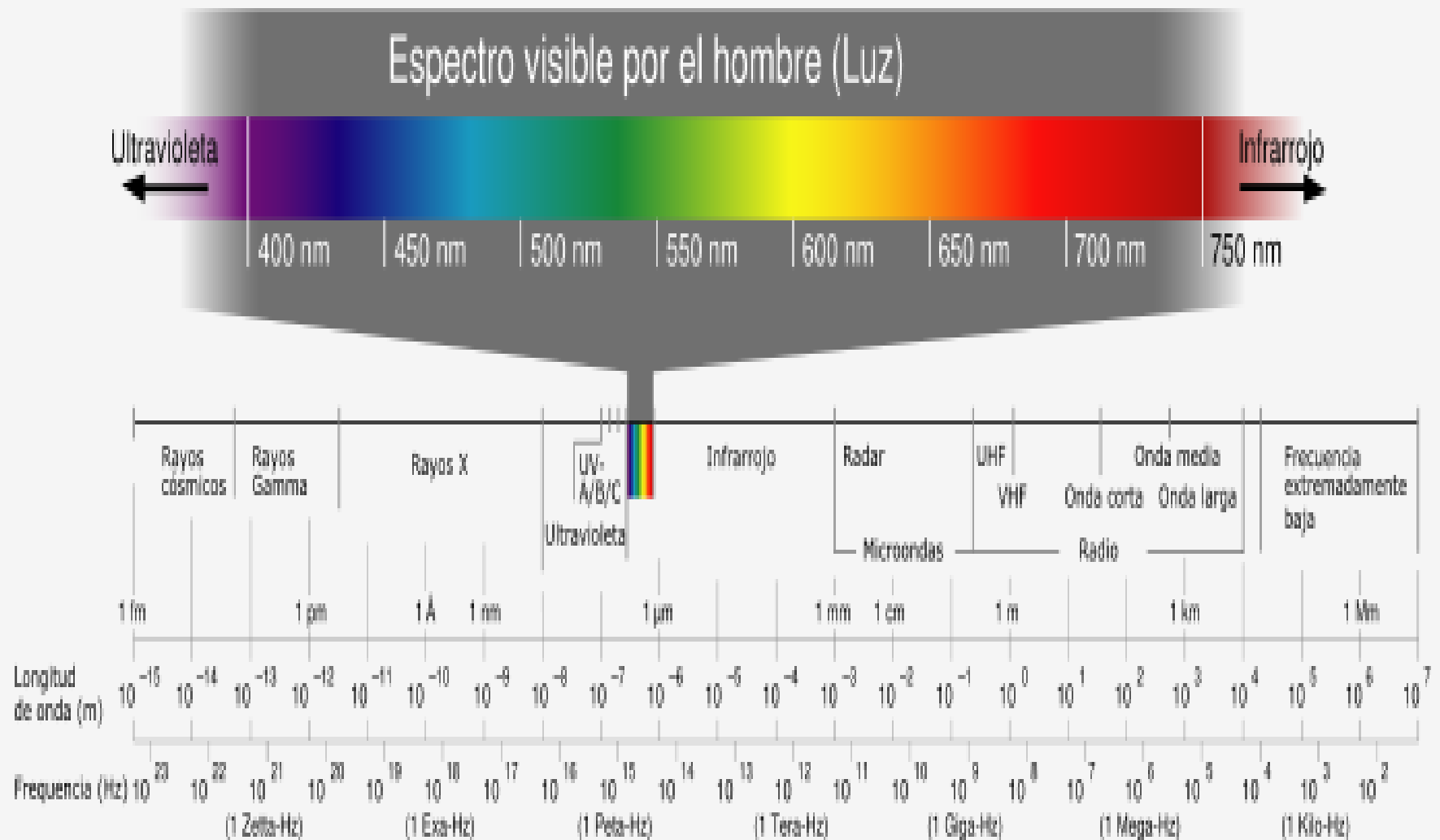
Es el conjunto diferenciado de las distintas radiaciones , agrupadas según su frecuencia o según su longitud de onda.

$$f = \frac{c}{\lambda} \approx \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{0.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 3 \cdot 10^{15} \text{ Hz} = 3 \cdot 10^6 \text{ GHz}$$

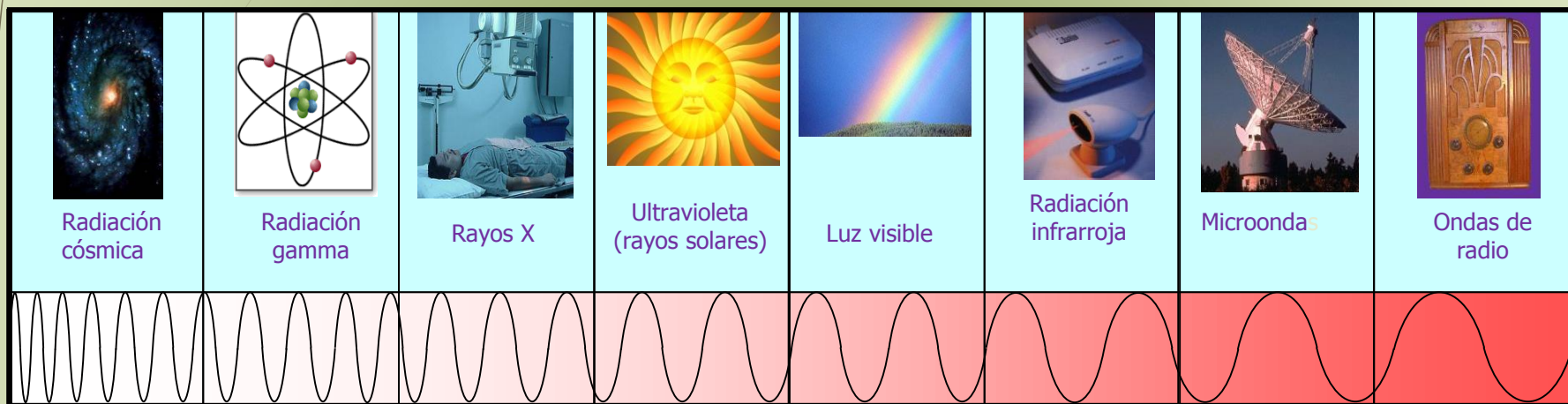
$$\text{Energía} = (6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}) (3 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}) \approx 2 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$



ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Espectro electromagnético



La radiación gamma es de naturaleza similar a la luz visible, las ondas de radio, los rayos X, etc.

La diferencia consiste en que la radiación gamma tiene mayor energía.

2.2 Tipos de radiación

- Radiación no ionizante:

- Baja energía, frecuencia baja (Hz/seg)

- Radiación ionizante:

- Directa, con partículas cargadas (electrones, protones, partículas alfa, iones pesados)
- Indirecta, con partículas neutras (fotones, neutrones)

Fotones: rayos X, rayos Gamma



TIPOS DE RADIACIONES

RADIACIONES IONIZANTES Alta energía	RADIACIONES NO IONIZANTES Baja energía
Partículas: α^{++} alfa β^{+} Beta positiva β^{-} Beta negativa Ondas electromagnéticas : Rayos X γ Rayos gamma	Ondas electromagnéticas: Ultravioleta Visible Infrarrojo Láser Microondas Radiofrecuencia



Los tipos principales de Radiación ionizante

- **Alfa - α** - es el núcleo de un átomo de helio

Puede detenerse y ser absorbida con una hoja de papel, viajan distancias cortas, tienen masa considerable y es perjudicial solo si se ingiere

- **Beta - β** - emisión de un electrón ó positrón

Puede detenerse y ser absorbida por una hoja (chapa) de plomo. Tiene masa pequeña y energía variable. Los electrones se forman cuando un neutrón se transforma en un protón y un electrón. Es perjudicial para todo tejido vivo.

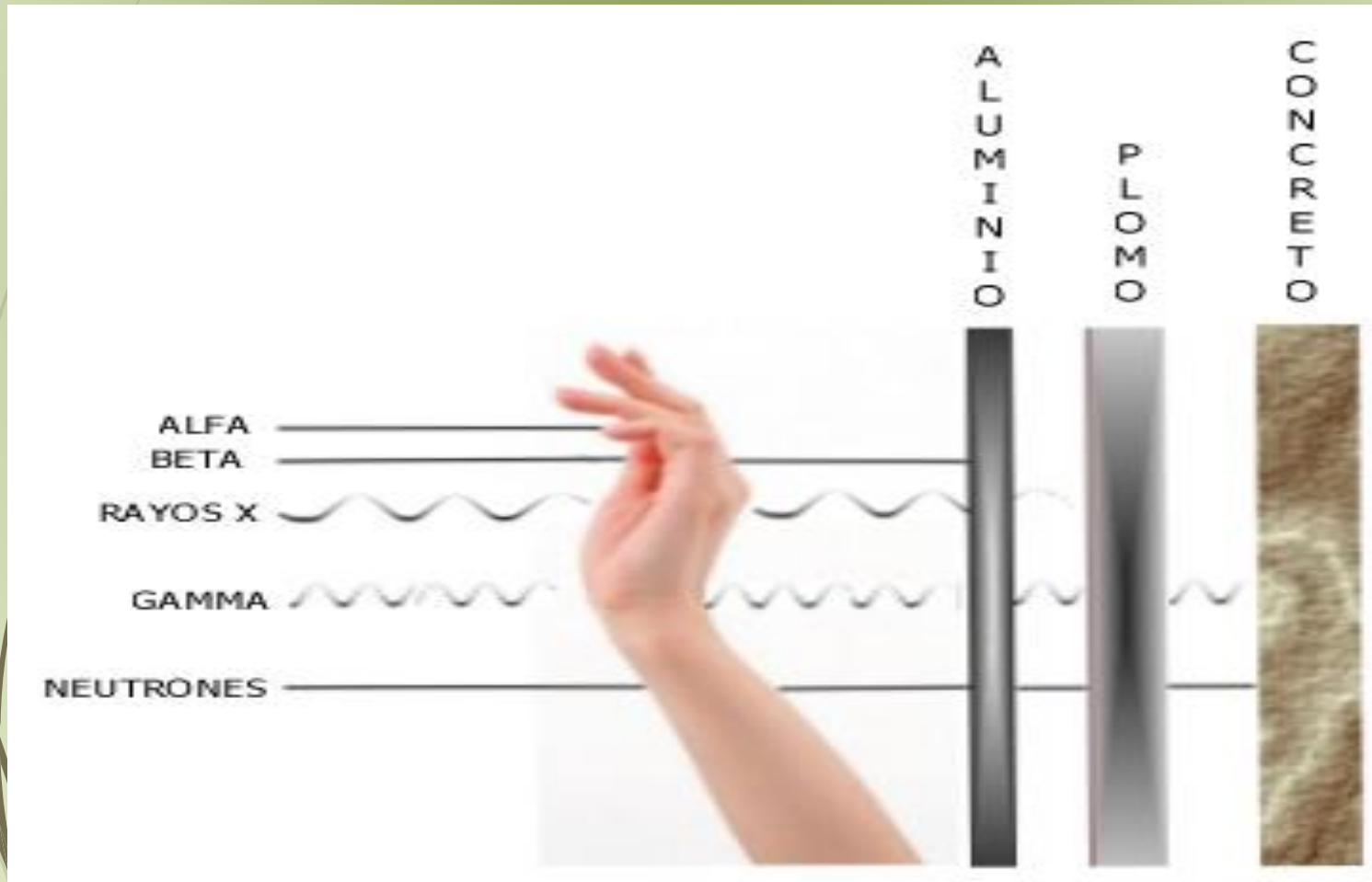
- **Gamma - γ** - emisión de un fotón de alta energía

No puede detenerse fácilmente. Resulta cuando el núcleo libera energía, usualmente después de transiciones alfa, beta ó de positrones. **Muy perjudicial para todo tejido vivo.**

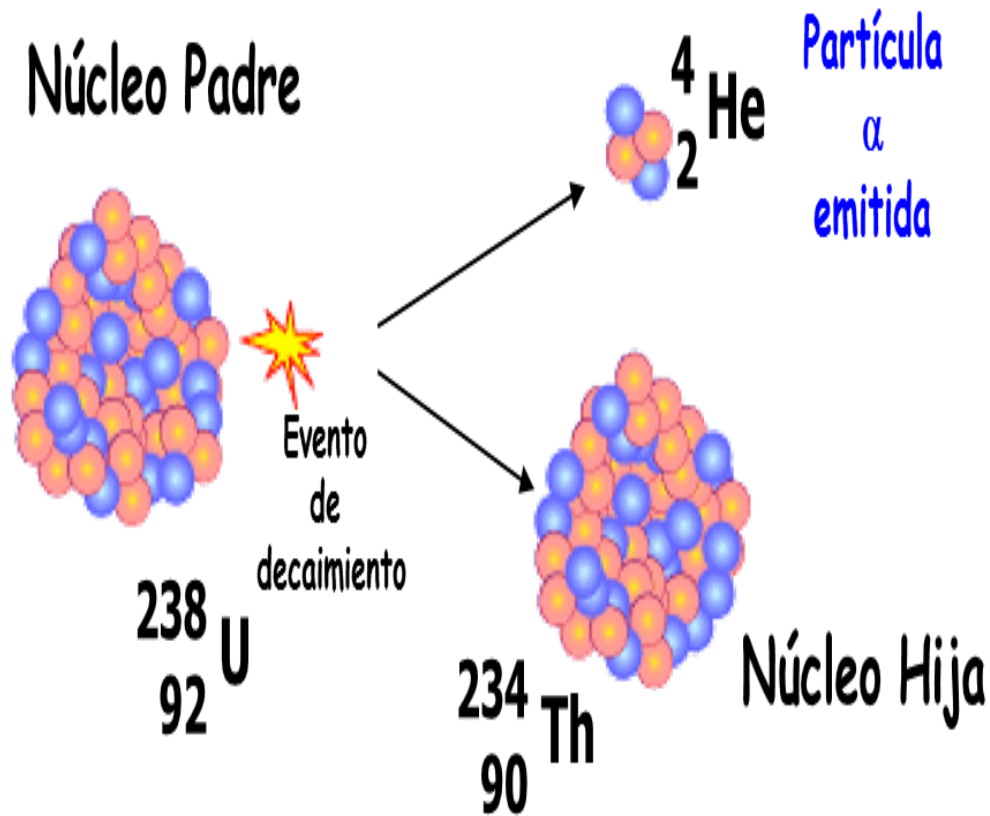


Radiaciones ionizantes:

Cada una con características diferentes y distinto poder de penetración



Decaimiento Alfa de un núcleo de Uranio-238

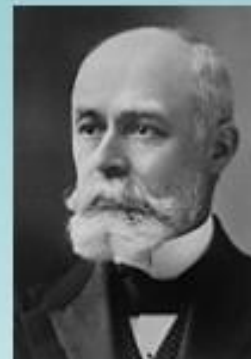


3. Decaimiento Radiactivo



LOS PIONEROS

- > **Wilhelm C. RÖNTGEN:**
Descubre los Rayos X
(1896).
- Nobel de Física 1901.
- > **Henry BECQUEREL, Pierre CURIE, Marie CURIE-
(Sklodowska)**
- Nobel de Física 1903 por el
descubrimiento de la
radiactividad en minerales
de Uranio (1896-1898).
- > **Ernest RUTHERFORD:**
Rayos alfa.
Nobel de Química 1908
- > **Marie CURIE:** El Radio y el
Polonio. Nobel de Química
1911



- La radiactividad es un proceso físico natural y espontaneo mediante el cuál los átomos inestables de un elemento emiten ó irradian su energía excedente
- La radiación es el resultado del proceso
- Así pueden presentarse diferentes tipos de Decaimiento: Alfa, beta, y gamma.



Reacciones Nucleares de decaimiento radiactivo

➡ Alfa



➡ Beta



➡ Emisión Gamma



¿ CÓMO ES POSIBLE QUE UN NÚCLIDO SE TRANSFORME EN OTRO?

- ✓ El átomo fue considerado ya por algunos filósofos griegos la unidad última de la materia.
- ✓ Su inmutabilidad fue reafirmada por el hecho de que intervienen en las reacciones químicas manteniendo su identidad.
- ✓ El descubrimiento de la radiactividad obligó a los científicos a replantearse las teorías sobre la estructura de la materia.
- ✓ La radiactividad es un fenómeno nuclear.



3.1 ESTRUCTURA NUCLEAR

48

- ✓ Las partículas básicas que constituyen el núcleo son protones y neutrones (nucleones).
- ✓ La distribución de los nucleones dentro del núcleo determina la energía de éste.
- ✓ Existe un estado fundamental nuclear y estados excitados.
- ✓ Las causas de la inestabilidad nuclear se encuentran en su estructura .
- ✓ La des-excitación del núcleo va acompañada, al igual que la de los electrones, por la emisión de radiación electromagnética (radiación γ).



TAMAÑO DEL NUCLEO

- ✓ El núcleo ocupa una fracción muy pequeña del volumen atómico.

Radio atómico $\approx 10^{-8}$ cm

Radio nuclear $\approx 10^{-12}$ cm



¿ CÓMO SE MANTIENEN UNIDOS LOS NUCLEONES ?

Mediante la acción de las fuerzas nucleares.

- Son fuerzas atractivas entre los nucleones.
- Son de rango muy corto ($\sim 2 \times 10^{-13}$ cm).
- Son extremadamente intensas (100 veces mayores que las electromagnéticas y 10^{35} veces superiores a la gravedad).

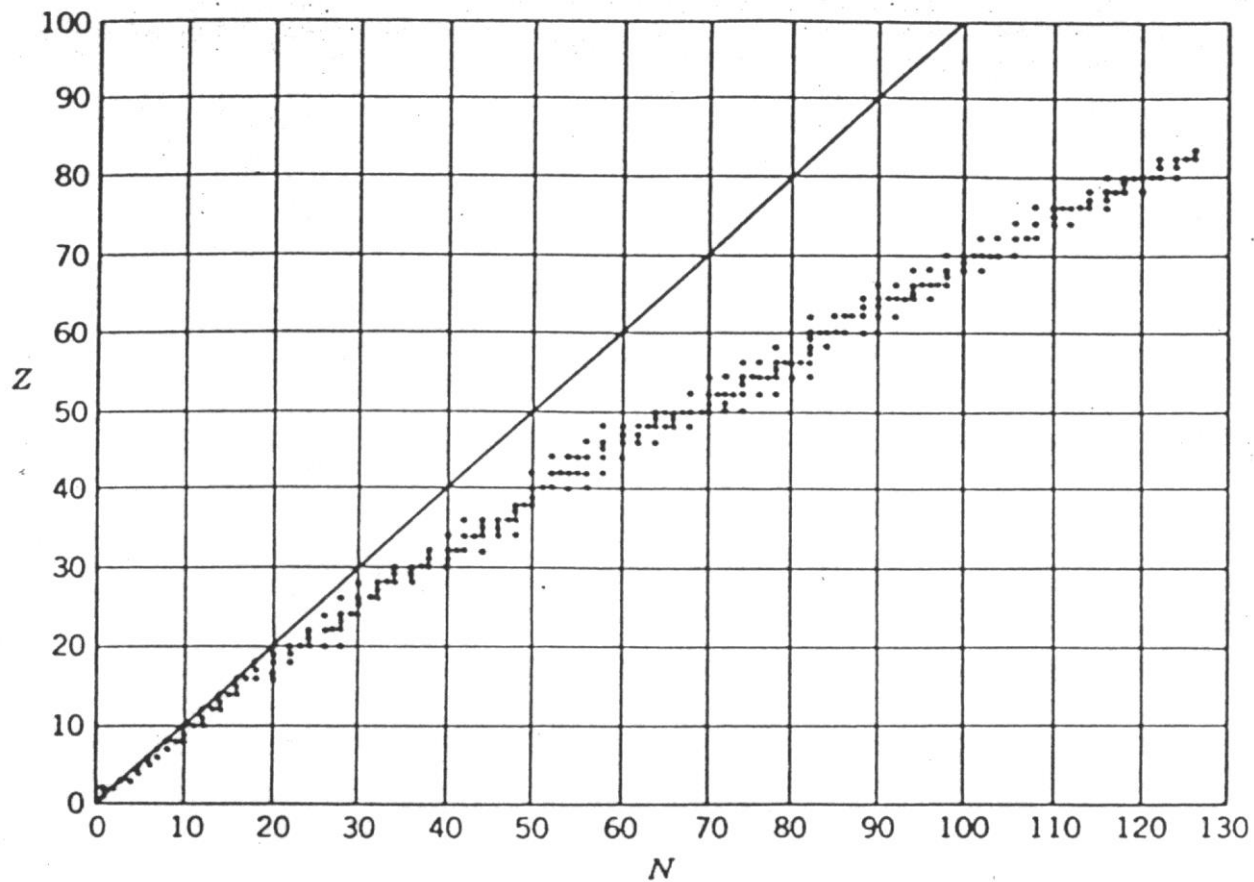


3.2 ESTABILIDAD NUCLEAR

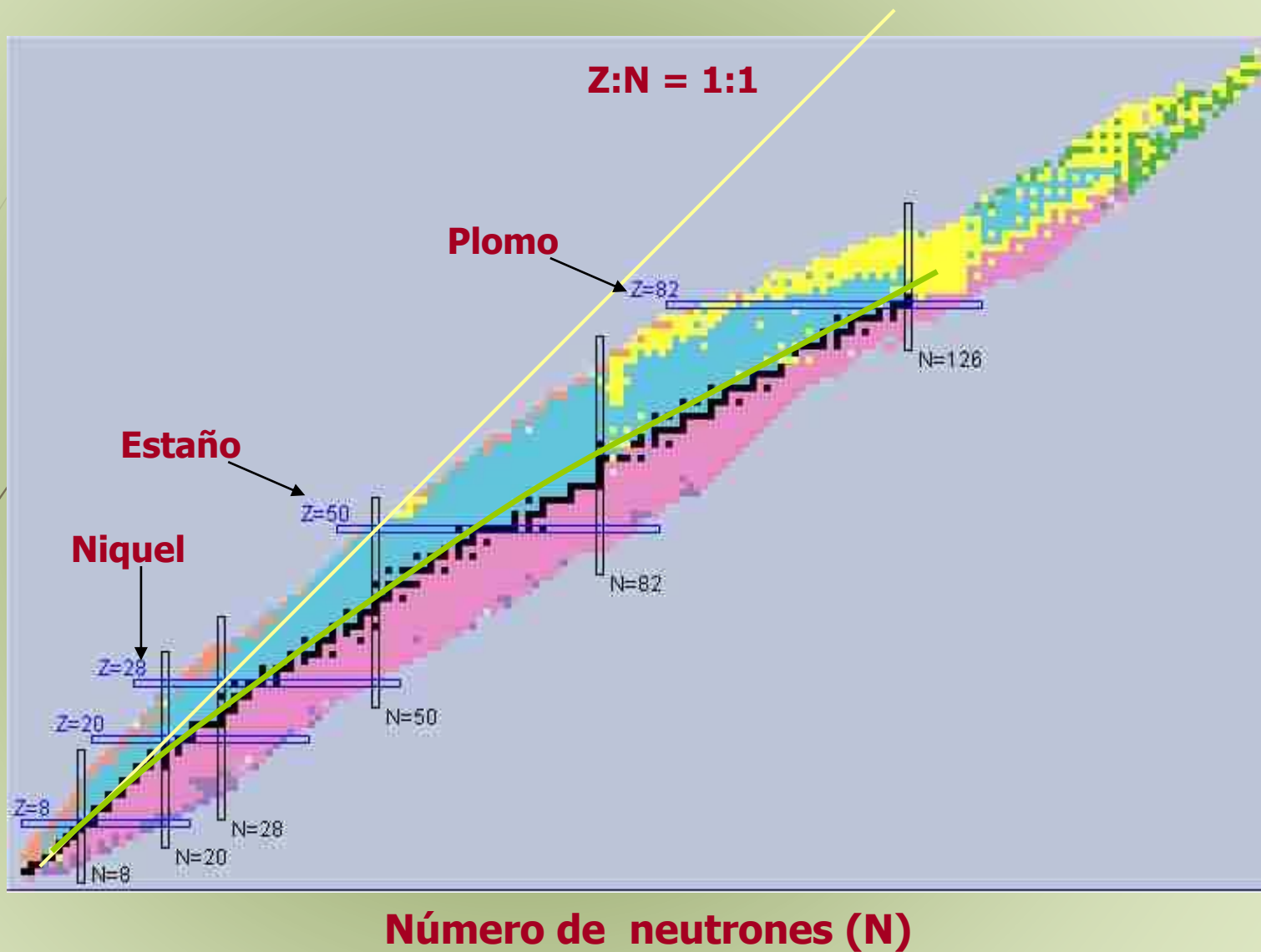
- ✓ El núcleo es intrínsecamente inestable debido a la repulsión electrostática entre los protones.
- ✓ El balance repulsión-atracción determina si un núclido es estable o radiactivo.
- ✓ La relación entre N y Z es de fundamental importancia en dicho balance.



RELACION N/Z Y ESTABILIDAD NUCLEAR



Número de protones (Z)



✓ Cada elemento puede tener varios núclidos estables. Estos núclidos constituyen el "cinturón de estabilidad".

✓ Estudiando la relación N/Z de los núclidos estables vemos que:

➤ Si $Z < 20$ $N/Z \cong 1$

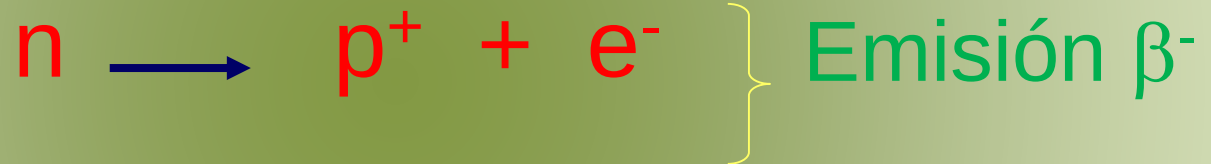
➤ Si $20 < Z < 83$ $1 < N/Z < 1.5$

➤ Si $Z > 83$ todos los núclidos
son radiactivos



✓ Cuando N/Z cae fuera del "cinturón de estabilidad" el núclido es radiactivo. El modo de decaimiento más probable será aquel que lo acerque a la estabilidad:

➤ Si $N/Z > \text{estabilidad}$



➤ Si $N/Z < \text{estabilidad}$

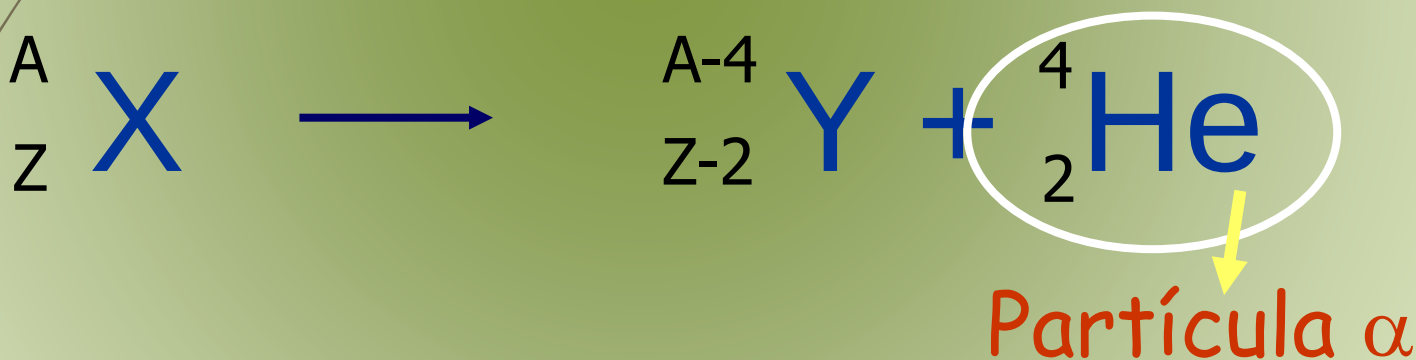


Modos de decaimiento de los isótopos del Carbono

Isótopo	N/Z	Tipo de decaimiento
${}^9\text{C}$	0.50	β^+
${}^{10}\text{C}$	0.67	β^+
${}^{11}\text{C}$	0.83	β^+
${}^{12}\text{C}$	1.0	estable
${}^{13}\text{C}$	1.17	estable
${}^{14}\text{C}$	1.33	β
${}^{15}\text{C}$	1.50	β
${}^{16}\text{C}$	1.67	β

- Los radionúclidos con $Z > 83$ deben disminuir rápidamente la cantidad total de nucleones para acercarse a la estabilidad.

✓ Esto se logra a través de la emisión α :



❖ En estos procesos de transformación el núcleo puede quedar con un exceso de energía (estado excitado nuclear).

❖ El decaimiento al estado fundamental se produce por **emisión de radiación γ** .

❖ Además de estos modos básicos de decaimiento existen otros menos frecuentes:

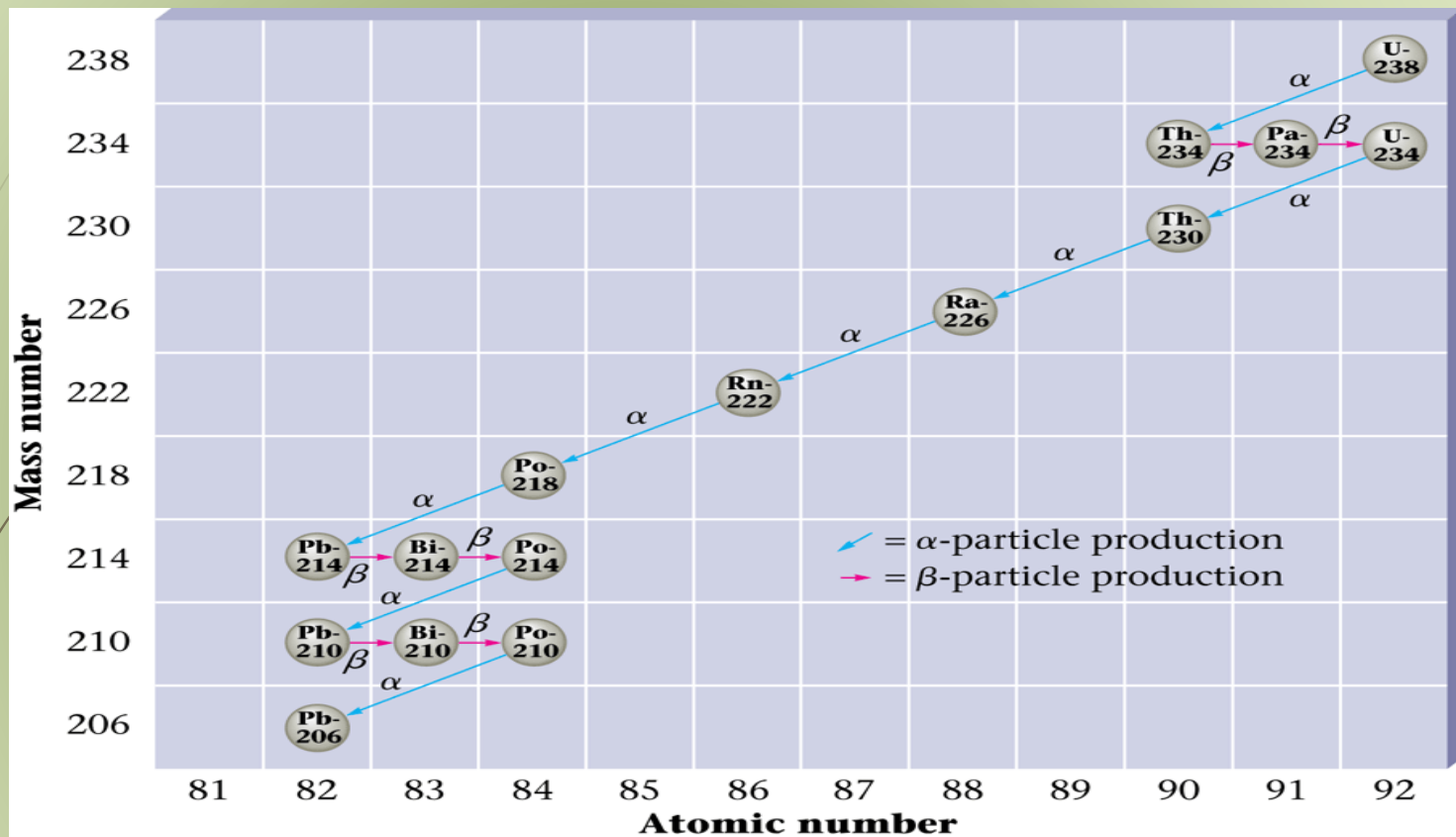
fisión espontánea

emisión de protones

emisión de fragmentos pesados



3.3 Series de decaimiento



En esta serie de decaimiento del Uranio 238 al Plomo 206, cada núclido de la serie es radiactivo excepto el mismo Plomo 206, y las transformaciones sucesivas (mostradas por las flechas) continúan hasta que finalmente se forma el Plomo 206

3.4 Decaimiento Radiactivo

- Producción de partículas Alfa
 - Ejemplo



- El efecto neto es la pérdida de 4 en número de masa y de 2 en número atómico



- Producción de partículas Beta
 - Ejemplo



- El efecto neto es la transformación de un neutrón en un protón.



➡ Emisión de rayos Gamma

- Rayo Gamma - fotón altamente energético
- Ejemplo



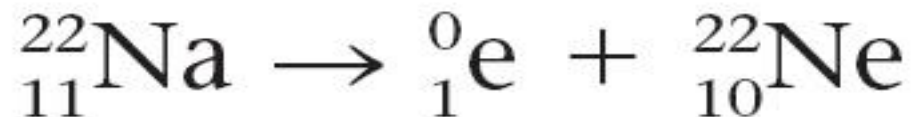
- El efecto neto es que no hay cambio en el número de masa ó en el número atómico. Un núcleo en estado excitado pasa a su estado base emitiendo un rayo gamma



Otros tipos de producción de isótopos que no implican la emisión de radiación :

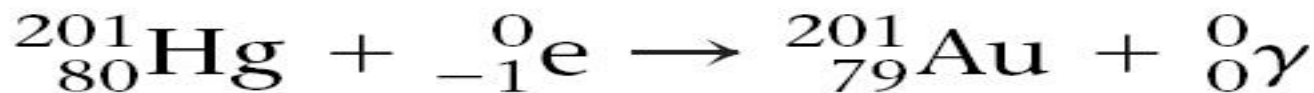
► Producción de Positrones

- Positrón - partícula con la misma masa que un electrón pero con una carga positiva. Ejemplo



- El efecto neto es que se transforma un protón en un neutrón

• Captura del Electrón



Electrón orbital interno

4. Vida Media

El carbono-14



A mediados del siglo pasado, el químico norteamericano Willard Frank Libby (1908-1980) y sus colaboradores desarrollaron un método basado en la desintegración del carbono-14, radiactivo, que sirve para calcular edades entre unos cientos de años hasta 50 000 años.

- La "vida media" ó "tiempo de vida media" de un material radiactivo, es la cantidad de tiempo que se requiere para que la mitad de la muestra se transforme (decaiga) en otro elemento ó isótopo.
- Las "vidas medias" se calculan mediante la ecuación:

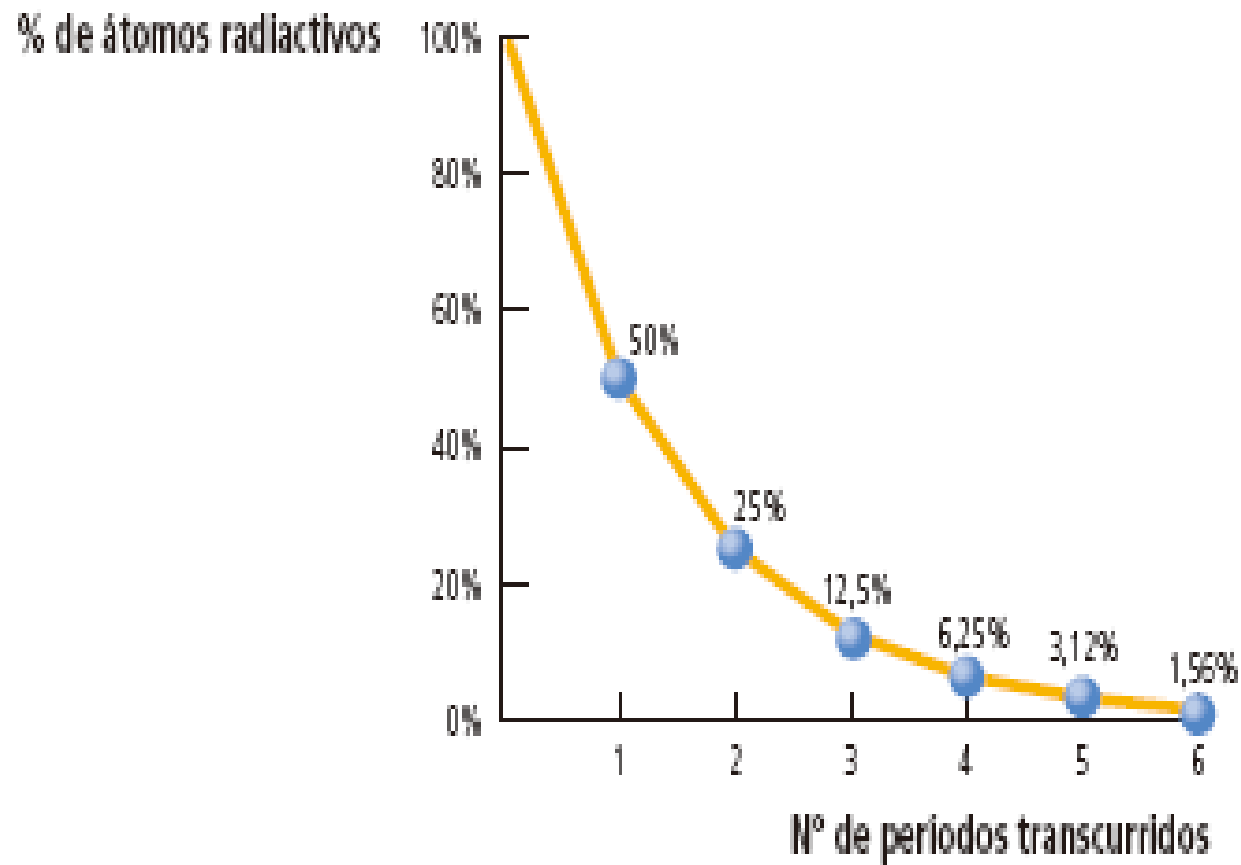
$$a = a_0\left(\frac{1}{2}\right)^x$$

$$a = a_0\left(\frac{1}{2}\right)^x$$

en donde:

- a = cantidad de material presente en cualquier momento
- a_0 = cantidad de material inicial
- x = número de vidas medias que han transcurrido desde el inicio del conteo
- Este tipo de decaimiento se dice que es exponencial ya que puede ser representado gráficamente como una hipérbola

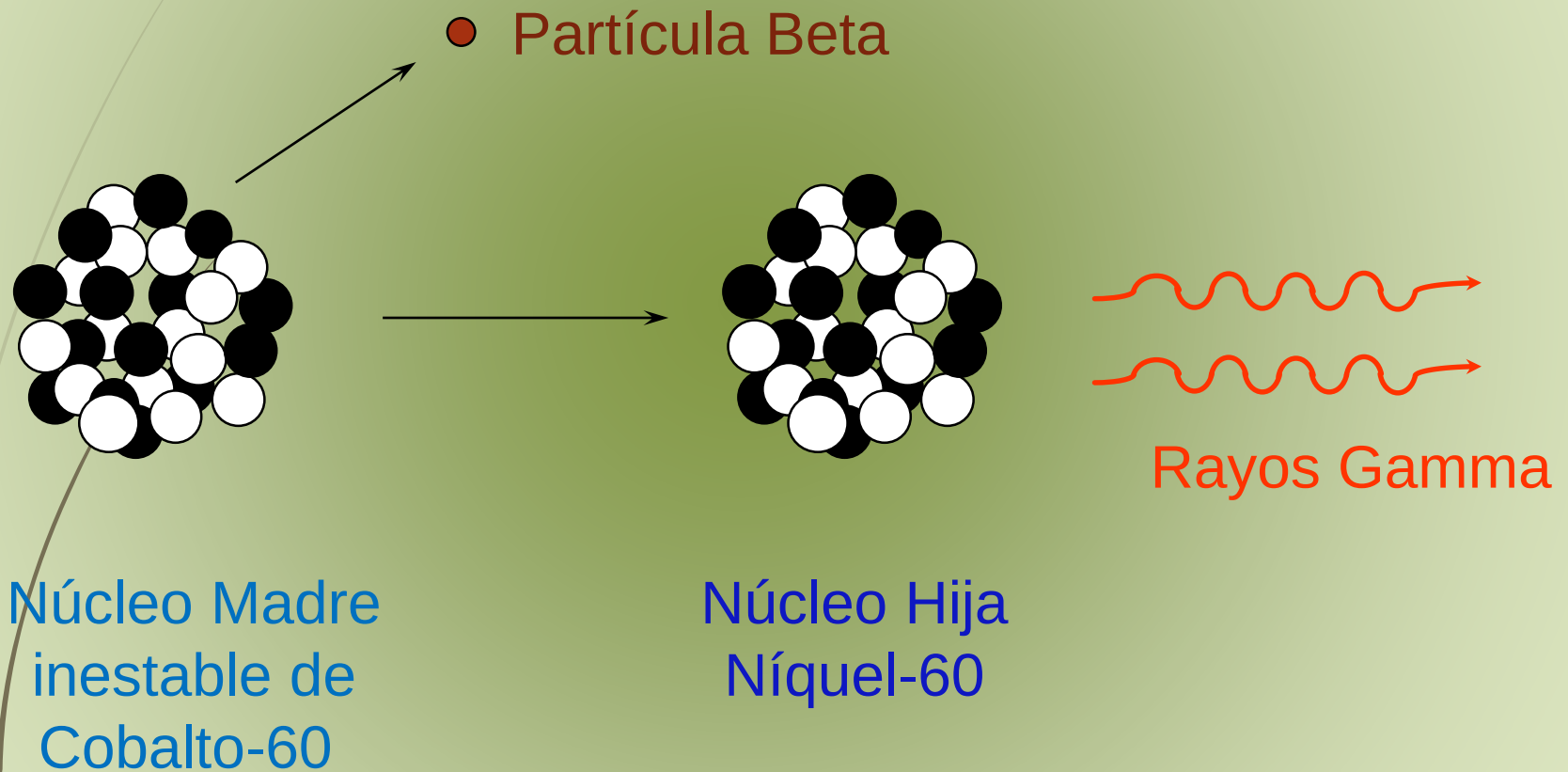
Porcentajes de decaimiento con respecto a periodos de Vida Media



URANIUM 238 (U238) RADIOACTIVE DECAY

type of radiation	nuclide	half-life
	uranium—238	4.5×10^9 years
α	↓	
	thorium—234	24.5 days
β	↓	
	protactinium—234	1.14 minutes
β	↓	
	uranium—234	2.33×10^5 years
α	↓	
	thorium—230	8.3×10^4 years
α	↓	
	radium—226	1590 years
α	↓	
	radon—222	3.825 days
α	↓	
	polonium—218	3.05 minutes
α	↓	
	lead—214	26.8 minutes
β	↓	
	bismuth—214	19.7 minutes
β	↓	
	polonium—214	1.5×10^{-4} seconds
α	↓	
	lead—210	22 years
β	↓	
	bismuth—210	5 days
β	↓	
	polonium—210	140 days
α	↓	
	lead—206	stable

Decaimiento del cobalto-60



Ejemplo

El carbono-14, es un isótopo radiactivo del carbono, tiene una vida media de 5730 años.

Si a una muestra de 20 gramos de carbono-14 se le deja decaer 10,000 años, ¿qué cantidad de carbono-14 quedará al final de este periodo?

Solución:

$$a = a_0 \left(\frac{1}{2}\right)^x$$

$$a_0 = 20 \text{ gramos}$$

$$x = 10,000 \text{ años} / 5730 \text{ años/vida media} \\ = 1.75$$

Por lo tanto

$$a = 20 \text{ gramos} \left(\frac{1}{2}\right)^{1.75} \\ = 5.95 \text{ gramos}$$

Vidas Medias de algunos radionúclidos

72

Se encuentran desde MICROSEGUNDOS hasta MILES DE MILLONES DE AÑOS

- Cobalto-60 (5.272 años)
- Cesio-137 (30.17 años)
- Potasio-40 (1.3 mil millones de años)
- Rubidio-87 (48 mil de millones de años)
- Torio-232 (14 mil millones de años)
- Uranio-235 (0.7 mil millones de años)
- Uranio-238 (4.7 mil millones de años)

TEMA 2

Detección de la Radiación

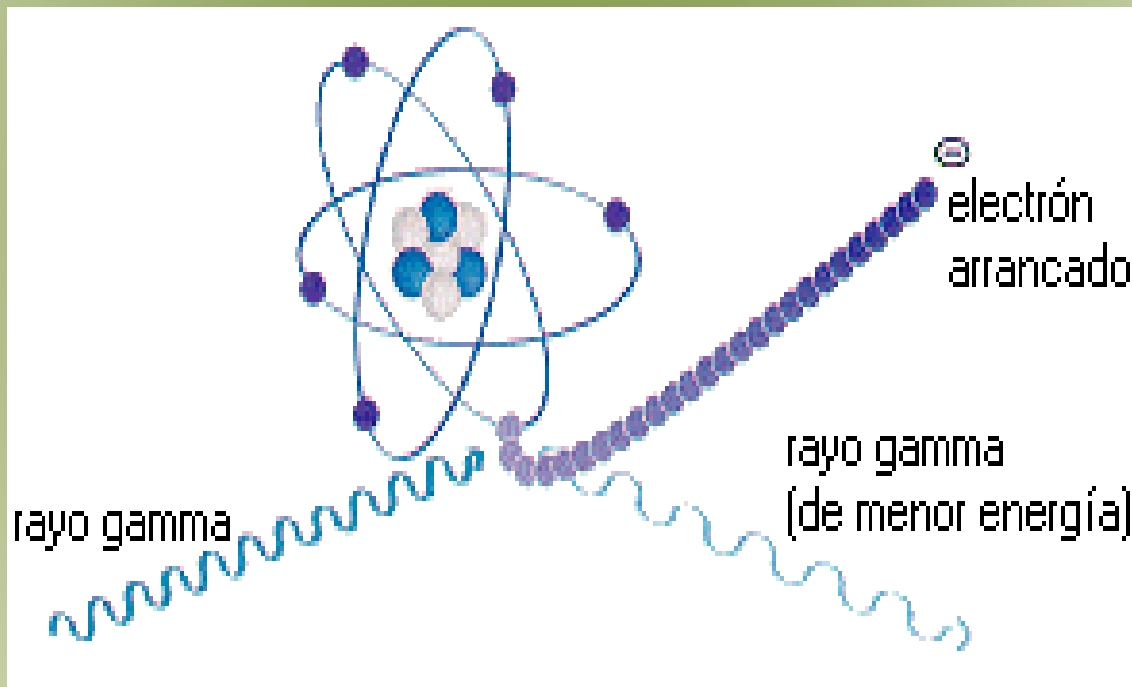
1. Introducción

El trabajo con radiaciones necesaria e invariablemente involucra contar con un sistema de monitoreo en el lugar de trabajo ya que ninguno de los sentidos humanos detectan la radiación ionizante.

Por lo que es indispensable poder:

- Determinar la presencia de radiación en un lugar,
- Medir su intensidad o cantidad,
- Conocer el tipo específico de radiación, su energía, etc.,
- Evaluar las exposiciones potenciales
- Establecer un programa de revisión de las áreas clasificadas como controladas y supervisadas

- Para detectar y medir la radiación se hace uso de métodos indirectos, basados en la ionización y excitación de átomos y moléculas que produce la interacción de la radiación con la materia.



www.fisicasnet.com.ar, Interacción de las Radiaciones Gamma con la Materia

Es indispensable que el detector (monitor) cumpla con las siguientes características:

- a) Ser capaz de responder a la radiación a ser medida
- b) Ser lo bastante sensible o adecuado para realizar mediciones al nivel requerido
- c) Ser capaz de presentar una respuesta adecuada en el rango de energías a medir o, en su caso, se conozca lo más precisamente posible el factor de corrección a utilizar.

Detectores o Monitores portátiles de radiación

En diversos casos tales como contaminación con materiales radiactivos, pruebas de fuga de fuentes selladas, determinación de niveles de radiación, etc., es conveniente contar con instrumentos que además de ser portátiles, sean confiables, mecánicamente fuertes y de uso, lectura y mantenimiento fáciles.

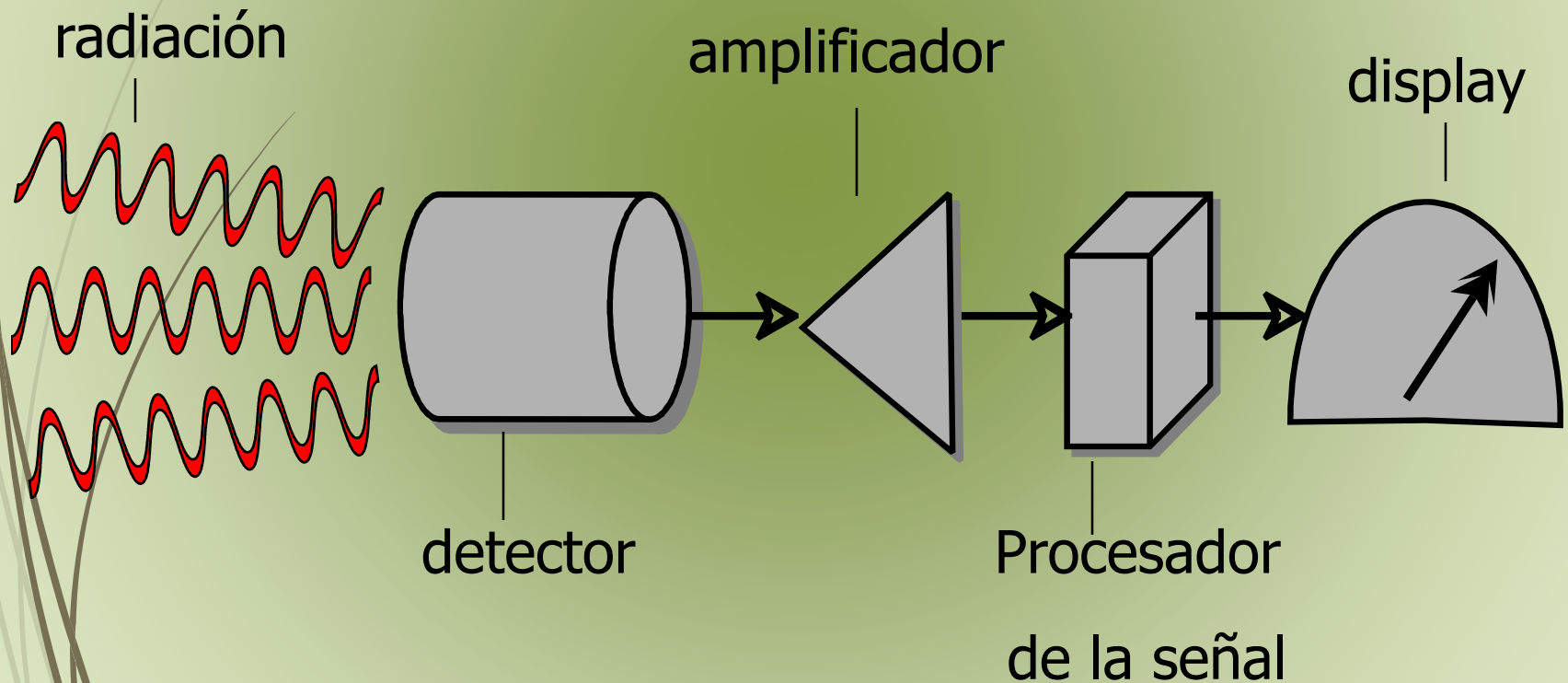
Monitores portátiles de radiación



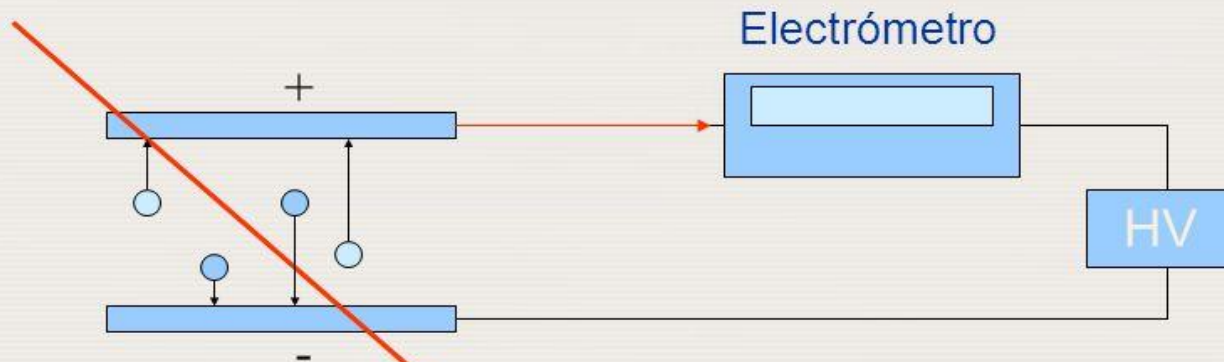
➡ Cualquier detector o monitor basa su funcionamiento en la interacción de la radiación con la materia, y, en consecuencia, existen varios tipos de detectores que satisfacen diversas necesidades. Los métodos de detección de radiación ionizante más empleados son:

- a) Ionización de gases
- b) Centelleo de sustancias
- c) Termoluminiscencia
- d) Película fotográfica
- e) Ionización en materiales semiconductores

2. Detectores (monitores) de Radiación



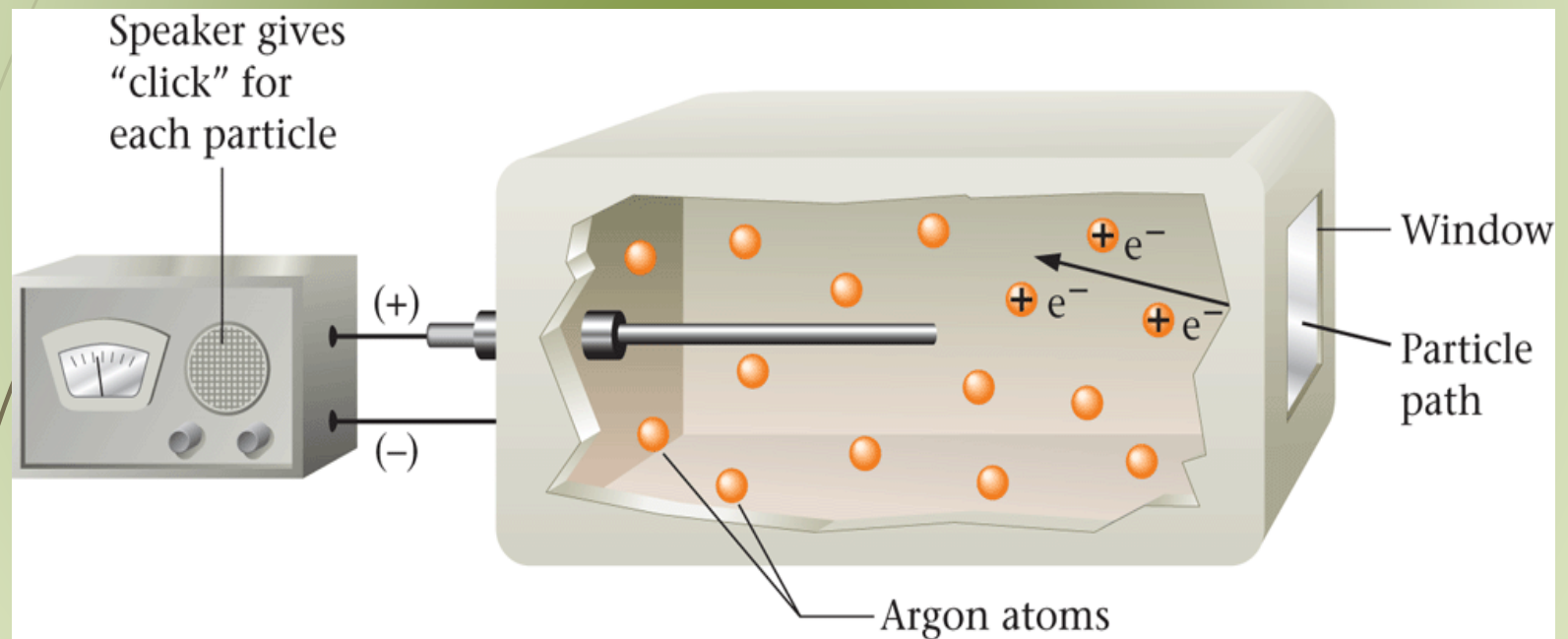
Cámara de ionización



- Ion negativo
- Ion positivo

La respuesta es proporcional a la tasa de ionización (actividad, tasa de exposición)

2.1 Contador Geiger-Müller - Los iones y electrones producidos cuando una partícula radiactiva pasa a través de una cámara llena de gas, generan un voltaje el cual ocasiona en el contador un "click" (registro)



Detectores Geiger de Portal y Portátil

83

- El contador Geiger sensa pulsos eléctricos extremadamente pequeños ocasionados por la radiación ionizante



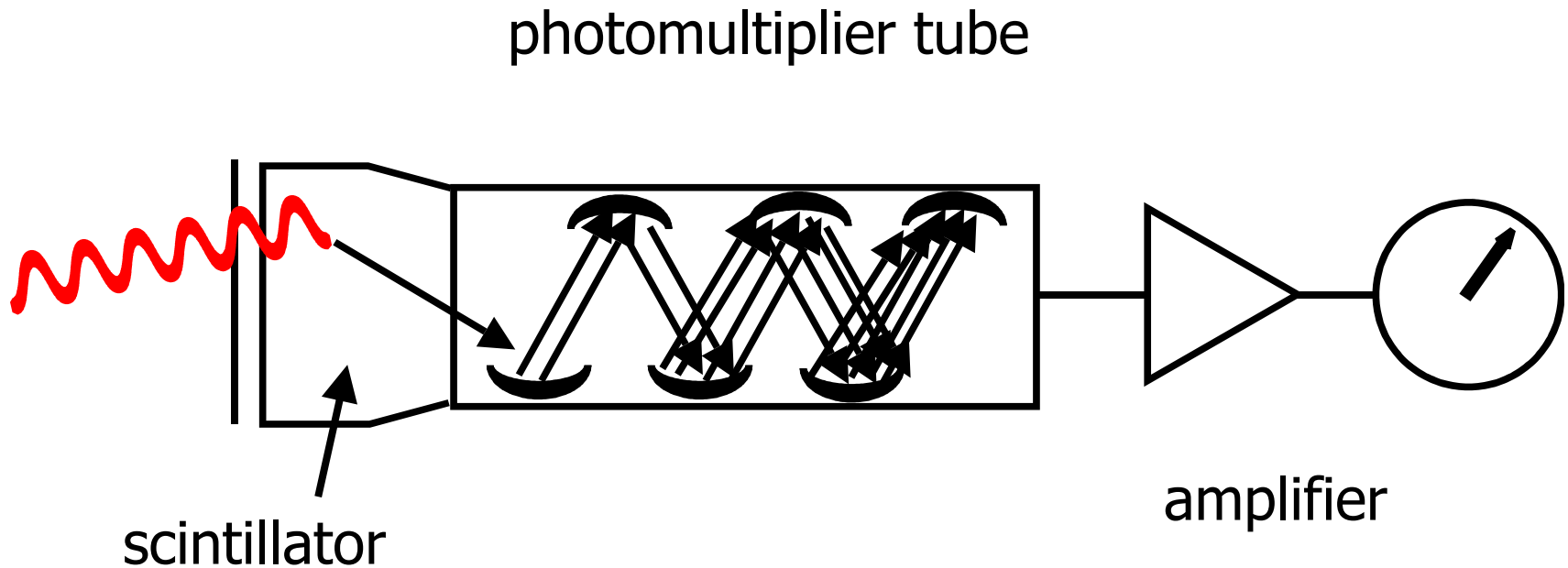
MIAS -ININ-MEX

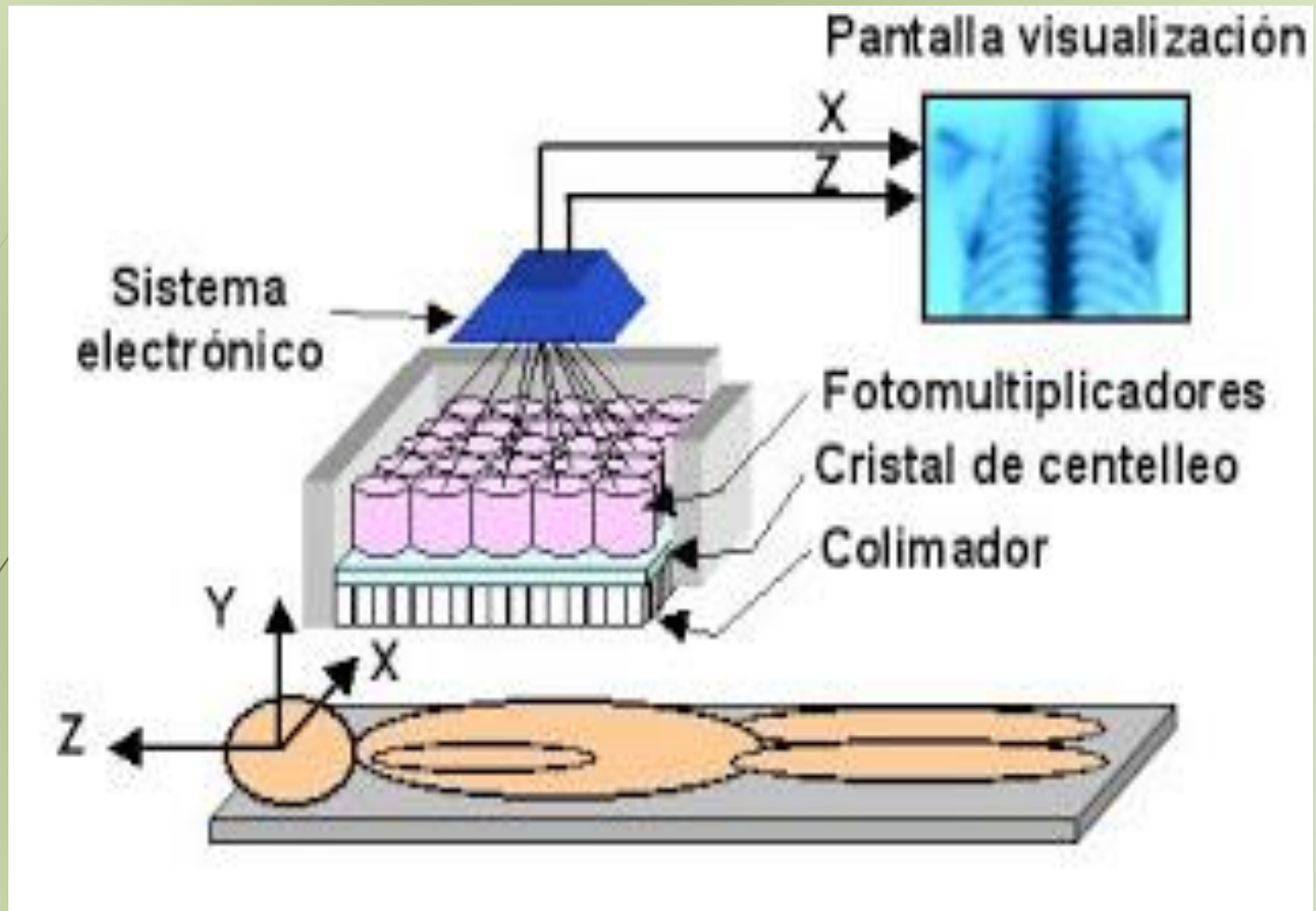


2.2 Detectores de centelleo

- Cualquier detector de centelleo consta de dos componentes básicos:
 - Un centelleador
 - Un tubo fotomultiplicador
- los cuales están contenidos en cubiertas adecuadas.

Detector de centelleo





<https://www.google.com.mx/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwigg6evIvPAhXFRSYKHRh0CG4QjRwIBw&url=http%3A%2F%2Ftecnologia-encasa.blogspot.com%2F2009%2F12%2F1a-gammacamara.html&bvm=bv.132479545,d.eWE&psig=AFQjCNF7Lldh-5f8G3cXzJ6Ln67-xPLqcQ&ust=147382584616684>

- Contador de Centelleo- utiliza un centellador solido, líquido ó gaseoso - es decir un material que al ser excitado por la radiación emite luz. La luz se captura y amplifica por medio de un tubo Fotomultiplicador (PM)- el cual a su vez se convierte en una señal eléctrica.
- Detector Semi-conductor- usa un diodo de unión p-n el cuál produce un pulso eléctrico corto cuando se somete a la radiación

2.3 Dosímetros de bolsillo

88

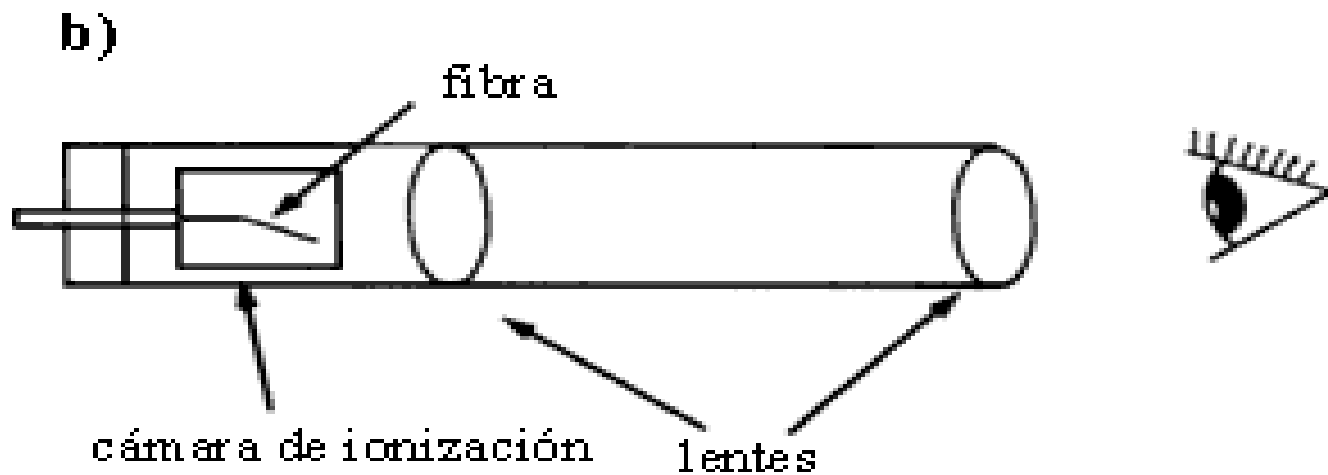
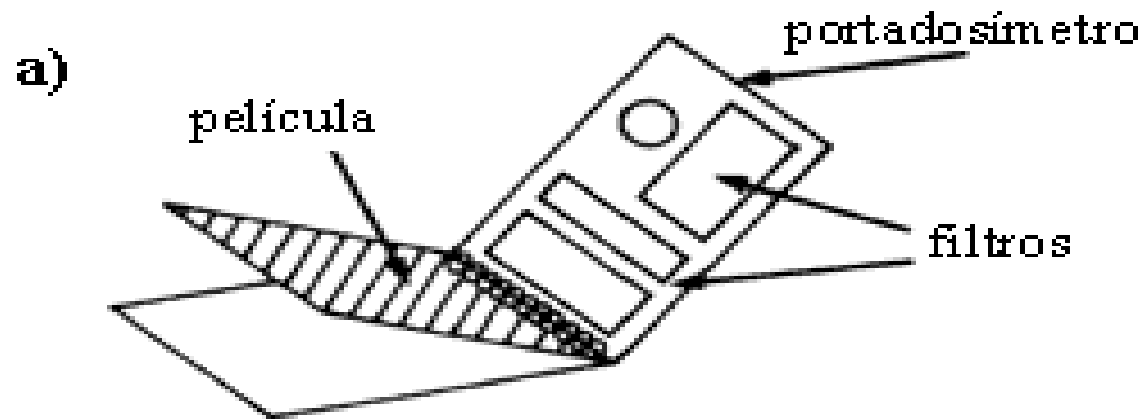
- Es una pequeña cámara de ionización del tipo integrador, de forma cilíndrica (aproximadamente 2 cm^3) llena de aire y provista de electrodo central.
- Pueden ser de dos tipos: de lectura directa y lectura indirecta.
- Se utilizan principalmente en áreas controladas como dosímetros secundarios.



2.4 Dosímetros de película fotográfica

- Este tipo de dosímetros ya no son utilizados con tanta frecuencia.
- Consiste en un paquete de una película fotográfica y varios filtros, que pueden cuantificar la dosis debida a radiación beta, rayos X, gammas y neutrones, protegidas de la luz y colocadas en un chasis.
- Es una película de acetato de celulosa o algún plástico, revestida por ambos lados con una capa gelatinosa fotosensible (emulsión).

Dosímetros de película fotográfica y de bolsillo



2.5 Dosímetros termoluminiscentes

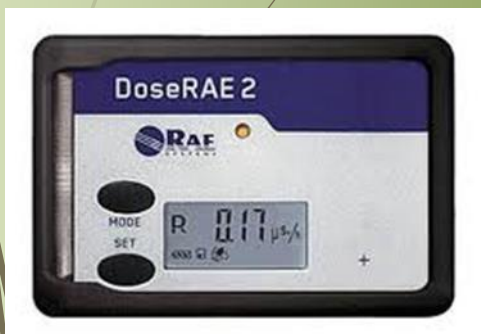
- La irradiación de algunos sólidos da lugar a la formación de electrones libres y «agujeros» los cuales son capturados por estados metaestables de energía, produciendo los llamados «centros de color».
- Los electrones y agujeros pueden permanecer atrapados por períodos de meses y aún años, a temperatura ambiente, a menos que se les proporcione la energía suficiente para liberarlos.
- Una vez liberados, electrones y agujeros se recombinan entre sí emitiendo luz. A este proceso se le conoce como fenómeno de luminiscencia.

- Entre los materiales termoluminiscentes de interés para dosimetría personal, se encuentran el fluoruro de litio, el borato de litio y el sulfato de calcio



2.6 Dosímetros electrónicos

- Los dosímetros electrónicos han demostrado ser de gran utilidad. Este hecho se ha reflejado en el incremento de su uso, el cual a su vez, se ha apoyado en el rápido avance de la tecnología de fabricación de semiconductores (circuitos integrados que efectúan funciones múltiples) lo cual reduce su tamaño y costo. La elección de alguno de ellos dependerá de la aplicación que se le vaya a dar.



3. Dispositivos de Monitoreo de Radiación.

Para la evaluación de las dosis recibidas por el POE durante el desarrollo de su trabajo se pueden utilizar distintas clases de dosímetros.

Dosímetro: es un dispositivo o un material con el cual es posible medir o cuantificar la cantidad de radiación absorbida (Dosis absorbida) por un cuerpo en un periodo de tiempo establecido.



Los registros de dosis se obtienen de la lectura de los dosímetros. Hay de varios tipos, a saber:

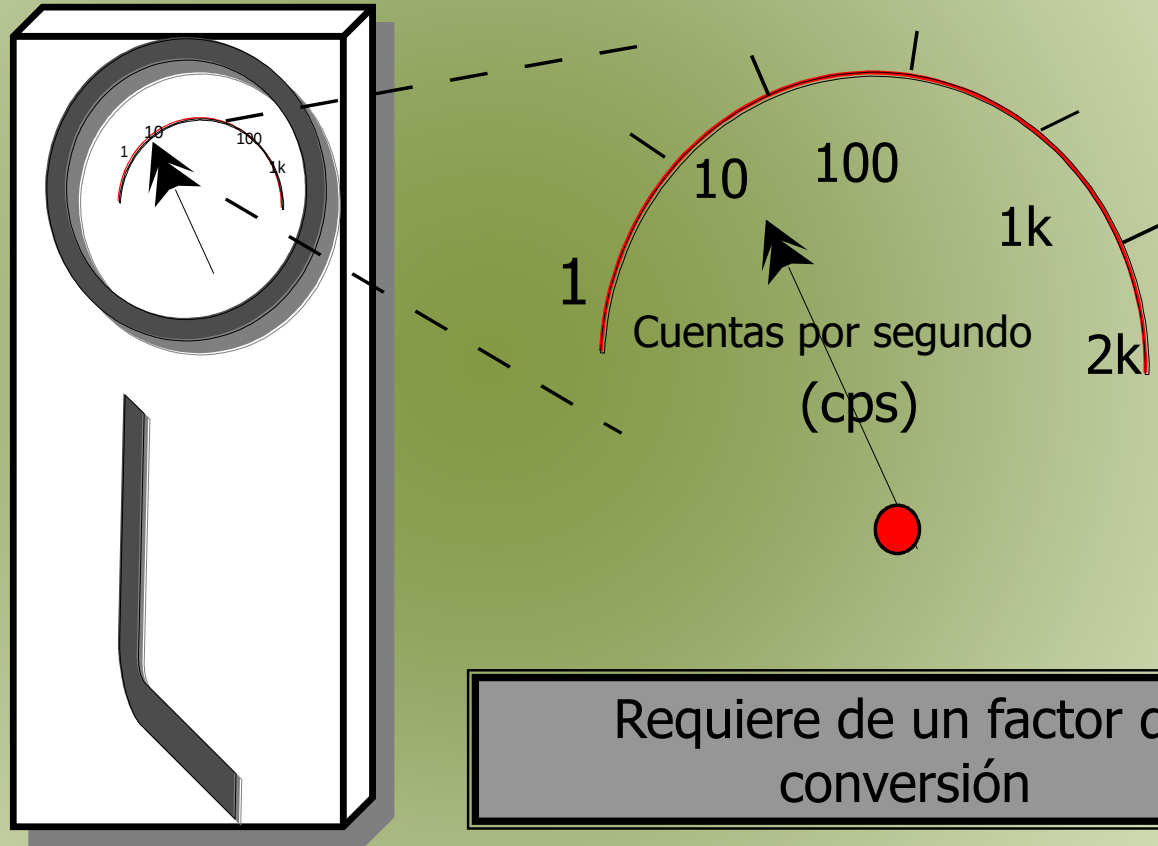
- Dosímetros de Película
- Dosímetros Termoluminiscentes (TLD)
- Dosímetros de Lectura Directa (DLD), tipo pluma y electrónico
- Dosímetros auxiliares

Detector de lectura directa

96



Detector de lectura indirecta





MIAS -ININ-Mex



Importancia y precaución en el uso de los dosímetros

- El Reglamento de Seguridad Radiológica (1988), establece que todo POE debe portar los dosímetros en número y en el lugar preestablecido, así como también el personal que temporalmente lo requiera (dosímetro de bolsillo).
- El POE debe usar los dosímetros para el control individual de la dosis recibida en forma mensual y anual.
- El POE debe cuidar de no golpear, mojar, enfriar ni calentar los dosímetros y sobre todo de no dejarlos expuestos a fuentes de radiación cuando no los porten.
- El uso de los dosímetros es individual, es decir, que no es válido que a dos o más personas se les aplique la lectura de un mismo dosímetro.

4. Midiendo la radiación



- Verificar baterías
- Prender antes de entrar al área de radiación
- Verificar con una Fuente de prueba
 - Mover el monitor suavemente
 - Cambiar la escala de ser necesario



5. Programas de monitoreo

- Identificar la cantidad a ser medida
- Especificar zonas y frecuencias
- Contar con procedimientos para el monitoreo
- Identificar los niveles de referencia
- Especificar los registros y su conservación.



Otros aspectos de los monitoreos

El monitoreo es un elemento esencial en las buenas practicas de trabajo y se debe realizar para:

- Asegurar que las fuentes esten seguras
- Tener control de ellas durante situaciones atípicas
- Si se sospecha de algún daño

Referencias y agradecimientos

- <http://www.physics.isu.edu/radinf/images/halflife.gif>
- www.javierdelucas.es/modeloestandar.pps
- E.B. Podgorsak, Radiation Oncology Physics , IAEA, Vienna ,2005
- Nordion Inc., CIC, Irradiation Facility Management Course, session 2
- Professor Steve Jones Westlakes Scientific Consulting, University of Central Lancashire . Inagural lecture, web version 29 January 2009
- ININ, Curso de protección radiológica, 2011. www.inin.gob.mx
- General electric, Chart of the Nuclides. Twelfth edition, San José California

Fin



Gracias por su Atención



Ing. Miguel Irán Alcérreca Sánchez

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

www.inin.mx