

RADIACIONES

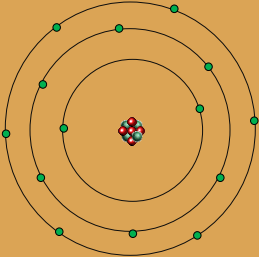
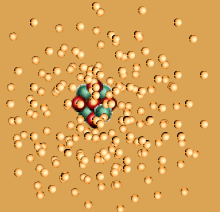


Conceptos de Física Nuclear

MODELOS ATÓMICOS

MODELO	DESCRIPCIÓN	
<i>Dalton (1803)</i>	Ya en los siglos VI y V a. C. los filósofos griegos sostenían que la materia estaba constituida por pequeñas partículas indestructibles a las que llamaron átomos. Dalton los define como partículas muy pequeñas, indivisibles e indestructibles.	
<i>Thompson (1897)</i>	Demostró la existencia de los electrones, cargados negativamente. Los supuso colocados dentro de una distribución uniforme de carga positiva, la cual ocupa una esfera cuyo radio sería de unos 10^{-8} cm.	
<i>Rutherford (1909) (con sus discipulos Geiger y Marsden)</i>	Bombardearon láminas con haz de partículas alfa. Observando que, la mayoría de las partículas la atravesaban sin desviarse, otras se desviaban y unas pocas rebotaban. Concluyeron que los átomos estaban constituidos por un núcleo pequeño de carga positiva rodeado de un espacio vacío mucho mayor con cargas negativas.	

MODELOS ATÓMICOS

MODELO	DESCRIPCIÓN	
Bohr (1913)	Combinó la teoría cuántica de Planck con el modelo atómico de Rutherford. Estableció un núcleo muy pequeño en el centro con cargas positivas, rodeado por los electrones distribuidos en orbitas o niveles de energía.	
Modelo de mecánica cuántica (1950)	Sostiene que los electrones son partículas muy pequeñas (cuánticas). No es posible determinar exactamente su posición y velocidad. Se puede encontrar una probabilidad de ubicarlo en una dada región de la órbita, por lo que se los representa como una “especie de nube” alrededor del núcleo.	

MODELOS ATÓMICOS

Nueva Teoría: Modelo Standard

1964: Murray Gell-Mann y George Zweig sugieren que las partículas conocidas se explican como combinación de 3 fundamentales:

- Quark**
- AntiQuarks**
- Gluones.**

El Modelo Standard establece que la mayoría de las partículas de las cuales tenemos conocimiento están compuestas de partículas más fundamentales llamadas quarks y leptones

MODELOS ATÓMICOS

Nueva Teoría: Modelo Standard

O sea que hay dos clases de partículas:

- Partículas que son materia

electrón

neutrón

protón

quarks

- Partículas que transportan Fuerzas (fotones)

MODELOS ATÓMICOS

Nueva Teoría: Modelo Standard

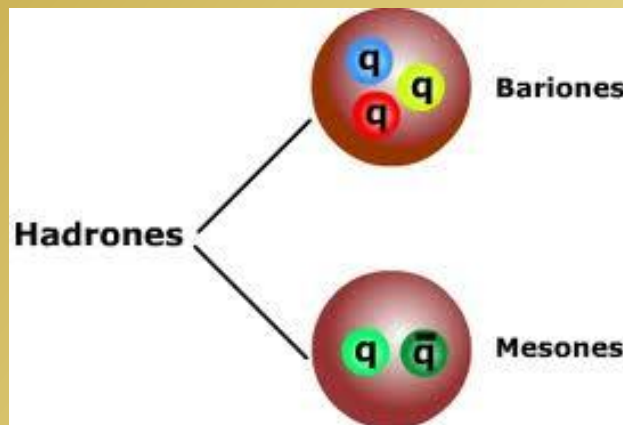
Los leptones
pueden existir
solos

masa→	<2 eV	<0.19 MeV	<18.2 MeV
carga→	0	0	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
nombre→	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino
Leptones	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e electron	106 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ muon	1.78 GeV -1 $\frac{1}{2}$ T tau

MODELOS ATÓMICOS

Nueva Teoría: Modelo Standard

Los quarks sólo se encuentran en grupos, forman partículas compuestas llamadas hadrones:



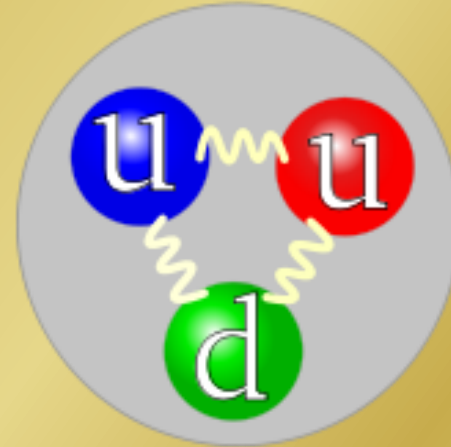
masa →	3 MeV	1.24 GeV	172.5 GeV
carga →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
nombre →	u up	c charm	t top
Quarks	6 MeV	95 MeV	4.2 GeV
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	d down	s strange	b bottom

MODELOS ATÓMICOS



Neutrón

$$q(n) = -1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$$

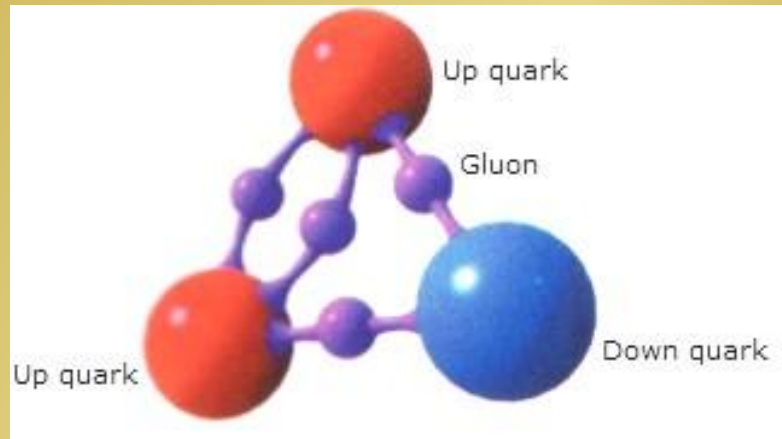


Protón

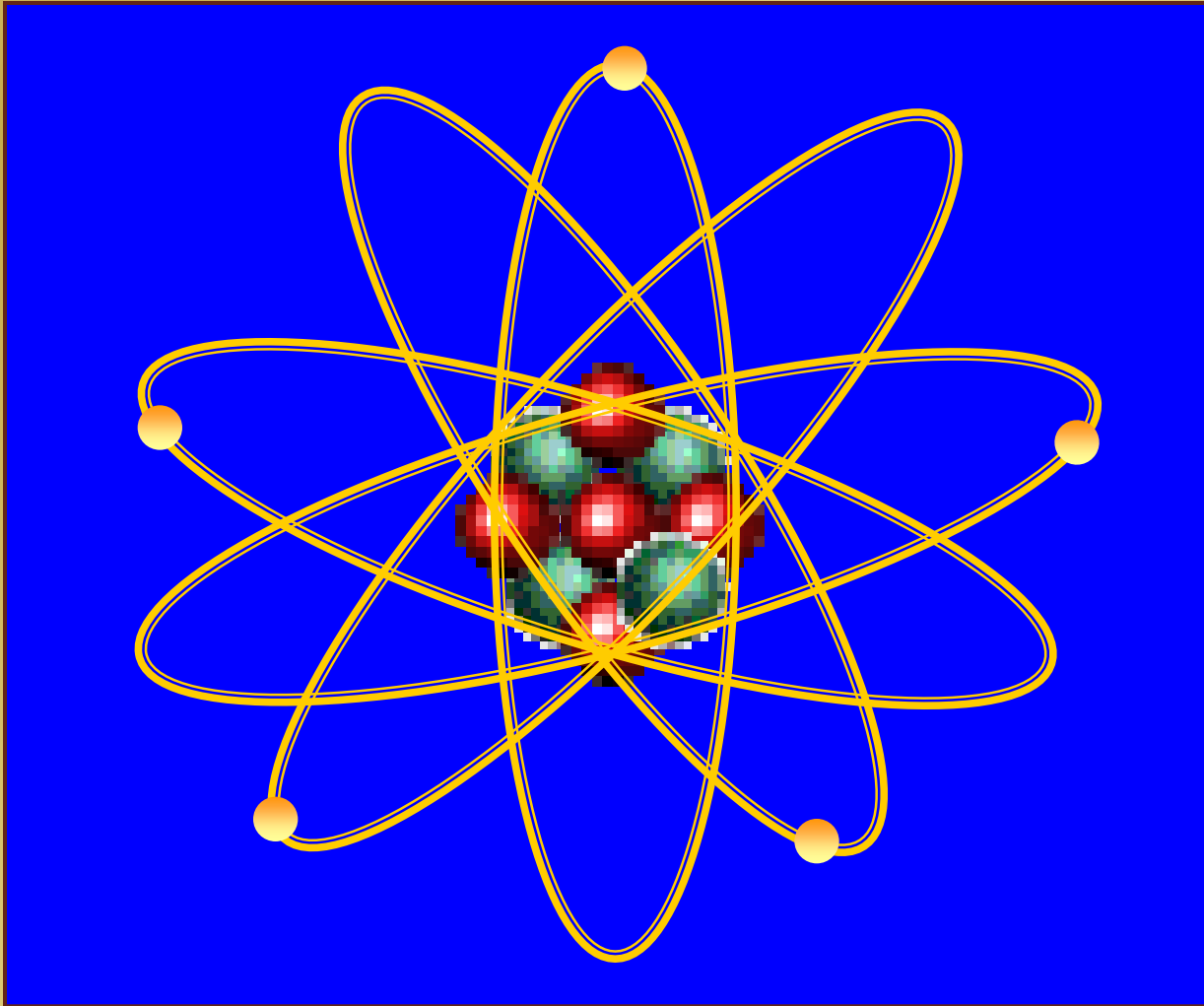
$$\left. \begin{array}{l} q(u) = +2/3 \\ q(d) = -1/3 \end{array} \right\} q(p) = +1$$

MODELOS ATÓMICOS

Los quarks no se pueden aislar, están unidos por los gluones.



Representación mas usual de un átomo:



Número Atómico – Número Másico

- ❖ **Número Atómico** : Es el número de protones (Z) que tiene el núcleo.
Ej. : Oxígeno $Z=8$ Uranio $Z= 92$

- ❖ **Número Másico** : Es la suma de los protones y (A) de los neutrónes que tiene el núcleo.
Ej. : Iodo I-131 ($Z= 53$)
53 protones y 78 neutrones
 $53 + 78 = 131$

Nucleídos

Símbolo :

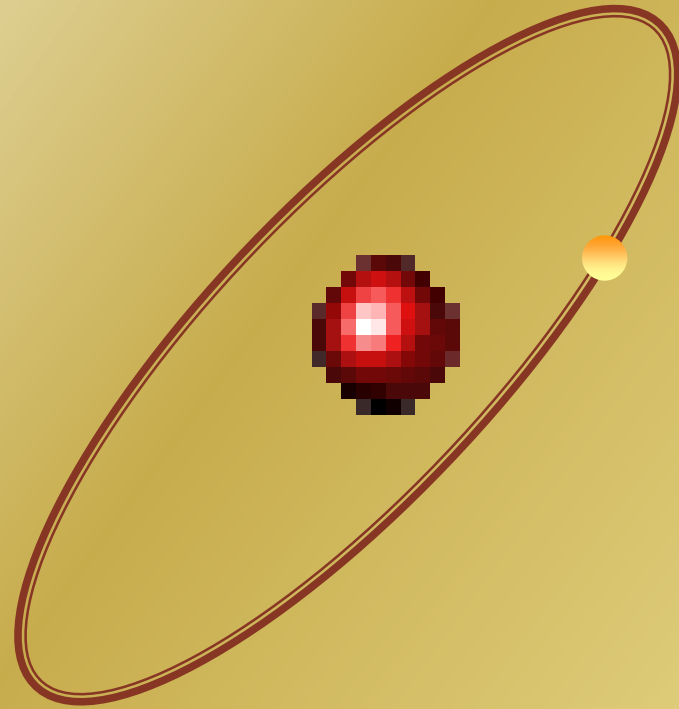


Ej. :

Calcio 40



El hidrógeno



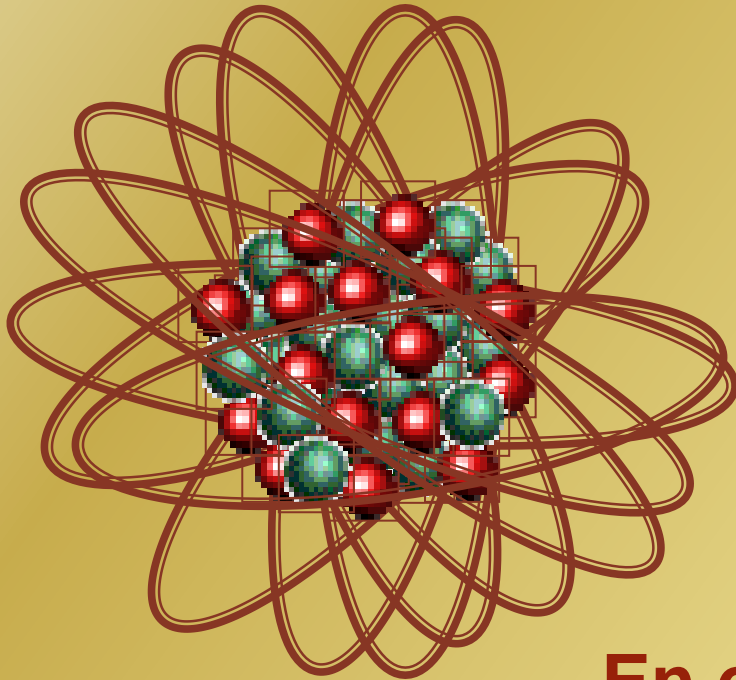
Es el mas liviano de todos los elementos.

Esta formado por un protón (núcleo) y un electrón

Nº atómico $Z = 1$ (1 protones)

Nº másico $A = 1$ (1 protones)

El uranio



Es el elemento natural de mayor número atómico.

Posee 92 protones (núcleo) y 92 electrones

En estado natural el uranio está compuesto en un 97,3 % por el isótopo 238 .

N° atómico $Z= 92$ (92 protones)

ISÓTOPOS

El hidrógeno



H1 (hidrógeno)



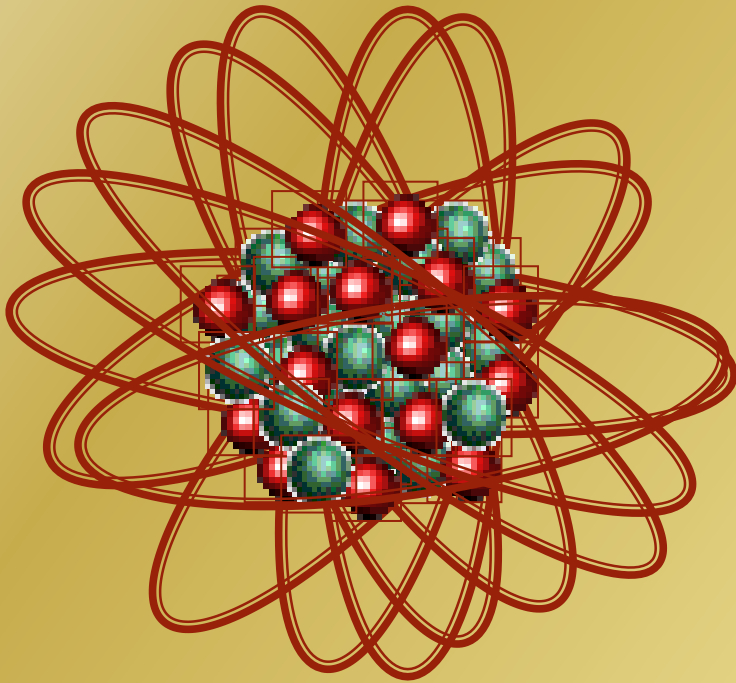
H2 (deuterio)



H3 (tritio)

	Nº Atómico (no varía)	Nº de Masa (aumenta)	
	$Z = 1$	$A = 1$	(1 p)
	$Z = 1$	$A = 2$	(1 p + 1n)
	$Z = 1$	$A = 3$	(1 p + 2 n)

El uranio



En estado natural el uranio está compuesto por el 238 (97,3%), el 235 (0.7%) y el 234 (0.005%)

Artificialmente se pueden obtener 13 isótopos mas, del 226 al 242 (no se forma el 241).

N° atómico $Z= 92$ (92 protones)

N° másico $A=238$ (92 protones +146 neutrones)

ISÓTONOS

Igual número de neutrones, distinto Z y A

Ej:



ISÓMEROS

Igual Z y A, distinto estado energético

Ej:



ISÓBAROS

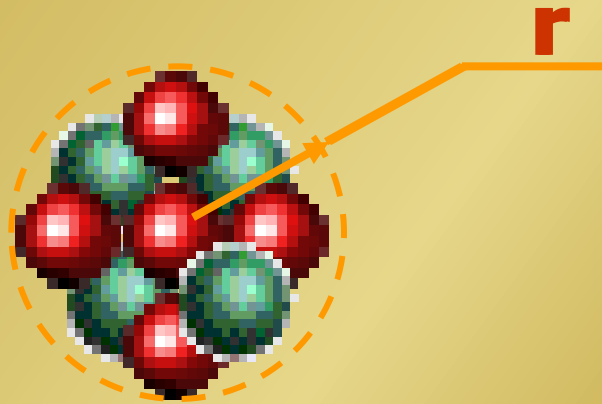
Igual número A, distinto Z y número de neutrones

Ej:



Tamaño de los Nucleos

A partir de las experiencias de Rutherford:



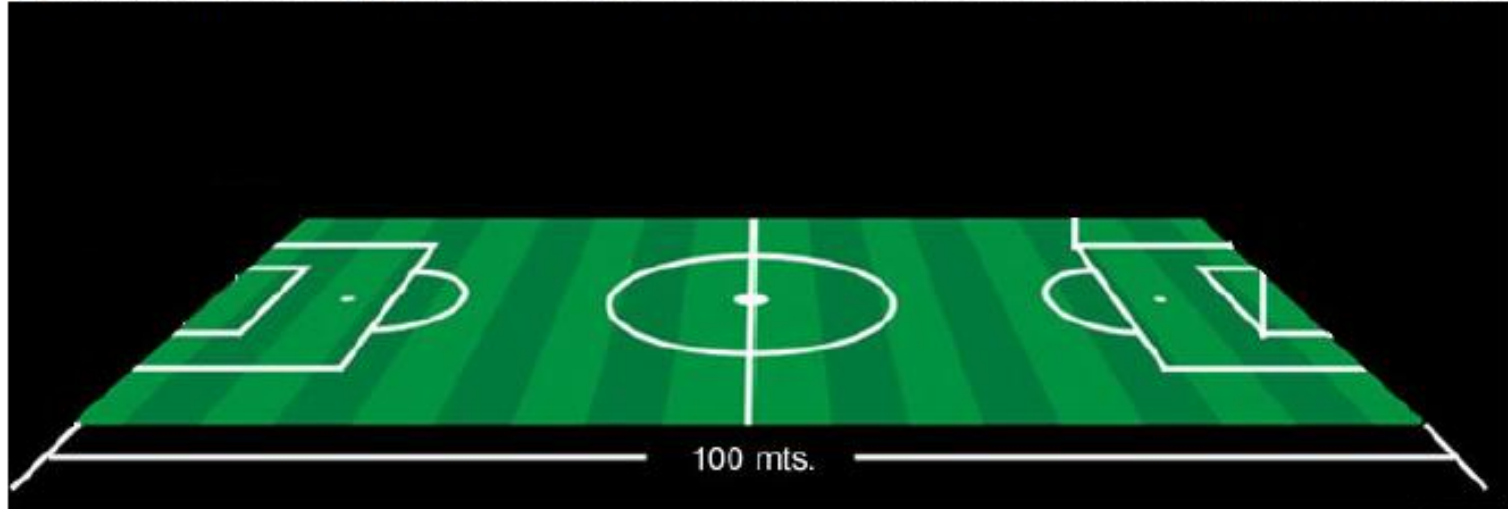
$$r = 1,2 \times 10^{-15} \times A^{1/3} \text{ (m)}$$

$$1 \text{ fm} = 1 \times 10^{-15} \text{ (m)}$$

$$V \propto r^3 \propto A \quad \rightarrow \quad \rho \sim \text{cte}$$

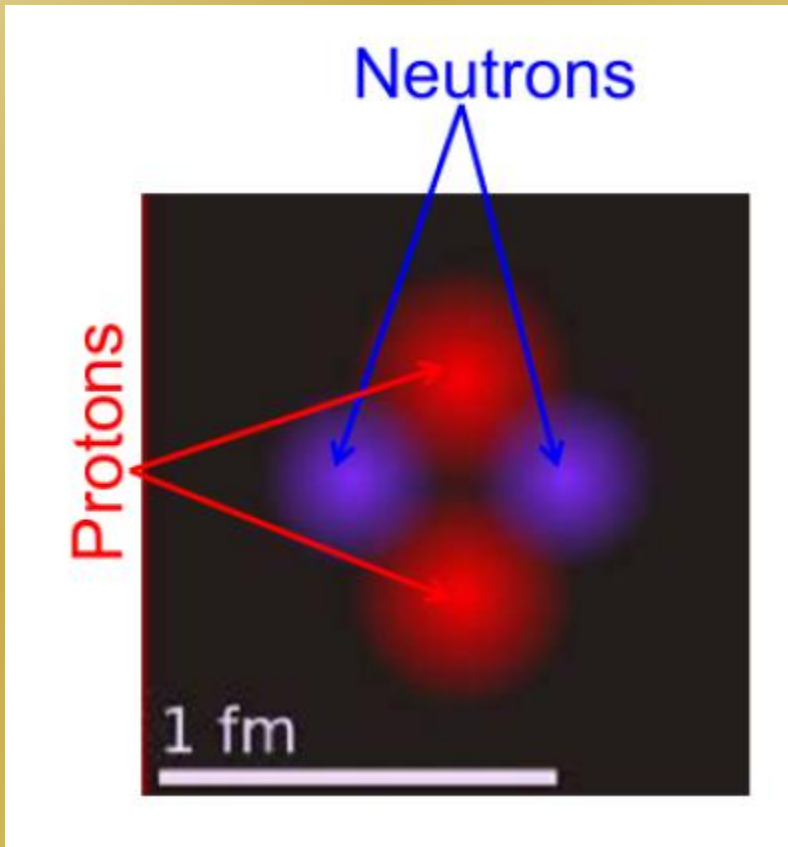
COMPARACIÓN DE TAMAÑOS

Sí el diámetro atómico fuera el de una cancha de fútbol, de 100 m.



El núcleo tendría el diámetro de la punta de la lapicera, 6 mm

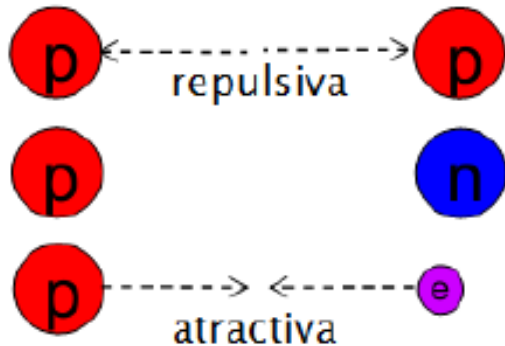




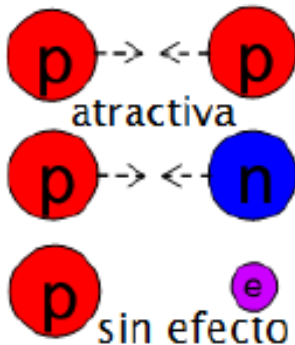
Los protones tienen una carga positiva, por lo tanto se repelen. ¿Cómo es posible mantener el núcleo unido?.

FUERZA NUCLEAR FUERTE

Fuerza Coulombiana



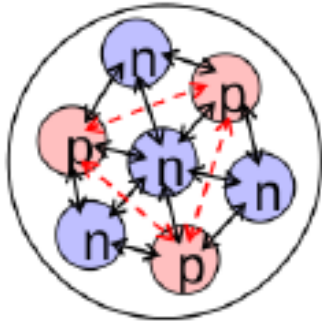
Fuerza Nuclear



- Es una fuerza que afecta solo a protones y neutrones.
- Extremadamente atractiva con un rango máximo de $2 \cdot 10^{-15}$ m (~ 2 diámetros nucleares), más allá se anulan.
- Actúa de la misma forma en neutrones y protones.

ESTABILIDAD NUCLEAR

Núcleo Litio-7

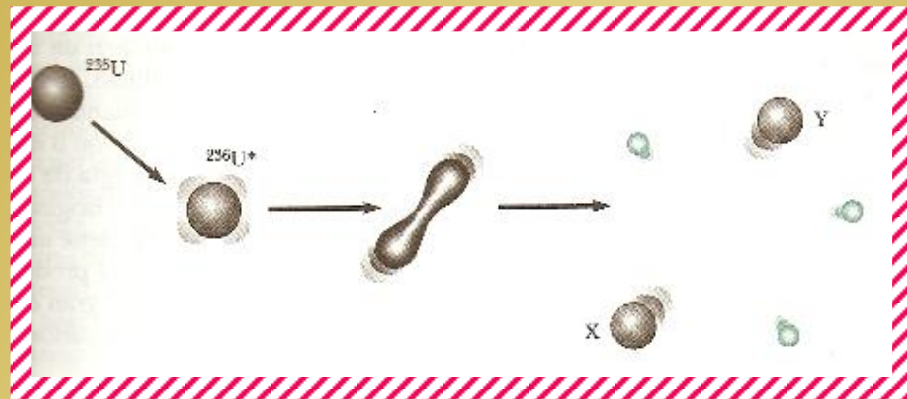


←→ Fuerza Nuclear (Atractiva)
←- - - -> Fuerza Coulombiana (Repulsiva)

- En un núcleo estable la fuerza nuclear atractiva y la fuerza coulombiana repulsiva están totalmente balanceadas.
- Cualquier cambio en la composición del núcleo cambiará el balance de fuerzas.

Modelos Nucleares

© Modelo de la Gota Liquida (Bohr)



Modelos Nucleares

- **Modelo de Capas**
 - **Los nucleones están situados en capas dentro del núcleo**
 - **Se explica con los números mágicos de protones y/o neutrones**

UNIDADES DE MASA

Mol:

Un mol es el número de átomos o moléculas de una sustancia o elemento igual a $6,022 \cdot 10^{23}$ (Número de Avogadro, N_A).

P. ej.:

- 1 mol de uranio son $6,022 \times 10^{23}$ átomos de uranio.
- 1 mol de moléculas de agua son $6,022 \times 10^{23}$ moléculas de agua.

UNIDADES DE MASA

Mol:

Para una masa m (g), el número de moles es:

$$n = \frac{m(g)}{M(g)}$$

M (masa molar) es el peso atómico en gramos.

Por ej.: En 300 g de I-131 tendremos:

$$n = 300 \text{ g} / 131 \text{ g} = 2,3 \text{ moles}$$

UNIDAD DE MASA ATÓMICA

Masa del ^{12}C = 12 uma

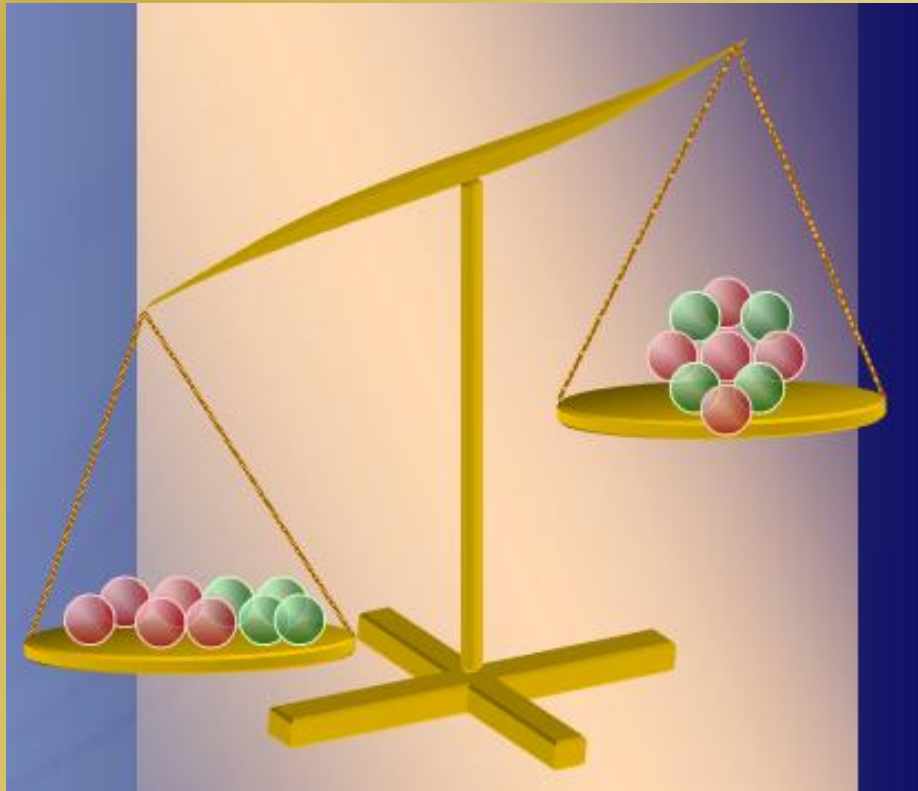
1 uma = $1,660559 \times 10^{-27}$ Kg

Masa del protón = 1,007276 uma

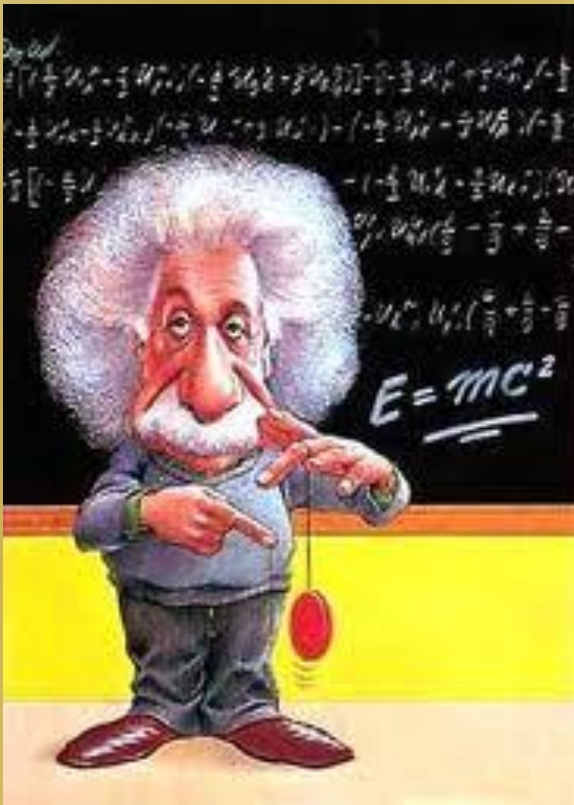
Masa del neutrón = 1,008665 uma

Masa del electrón = 0,0005486 uma

EQUIVALENCIA MASA Y ENERGÍA

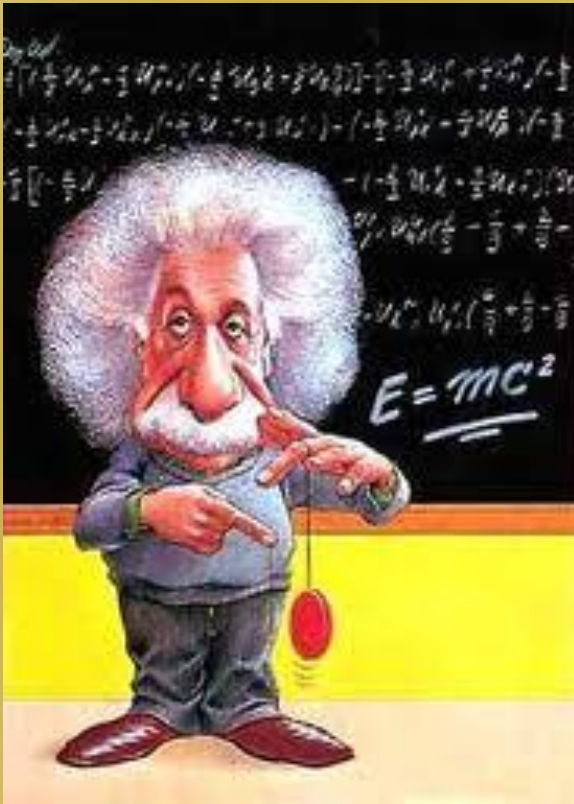


EQUIVALENCIA MASA Y ENERGÍA



Cuando se enlazan los nucleones transforman una pequeña parte de su masa en energía, para mantener el núcleo unido.

EQUIVALENCIA MASA Y ENERGÍA



$$E = mc^2$$

$$E = (1,6605 \times 10^{-27} \text{ Kg})(2,997 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$1 \text{ uma} \equiv 931,5 \text{ MeV}$$

$$E \text{ (MeV)} = 931,5 \times m \text{ (uma)}$$

ATOMO-GRAMO - MOLÉCULA-GRAMO

Atomo-gramo: cantidad de sustancia simple expresada en gramos, que numéricamente es igual al peso atómico del elemento.

Molécula-gramo: cantidad de una sustancia pura (en gramos) que numéricamente es igual a la masa molecular de la misma.

Elemento	Masa precisa	A
P31	30,9737	31
Cs133	132,9054	133
Pb206	205,9744	206

Energía de Enlace

$$\Delta M = [Z (m_p + m_e) + (A-Z) m_n] - M > 0$$

ΔM = Defecto másico

$$\Delta M = Z \cdot 1,007825 + (A-Z) 1,008665 - M$$

$$\Delta M = Z \cdot m_H + N \cdot m_n - M \equiv E_u$$

E_u : Energía para separar el núcleo en sus nucleones constitutivos.

La energía de enlace por nucleón es la energía de enlace que aporta, en promedio, cada nucleón.

$$\text{Energía de enlace por nucleón} = \frac{E_u}{A}$$

- ❖ Da una idea de la fuerza que actúa sobre cada nucleón.**
- ❖ Es la energía en promedio que se le debe entregar al núcleo para poder arrancar un nucleón.**

Ej.:

Núcleo de ${}_2\text{He}^4 = 2 \text{ neutrones} + 2 \text{ prot.}$

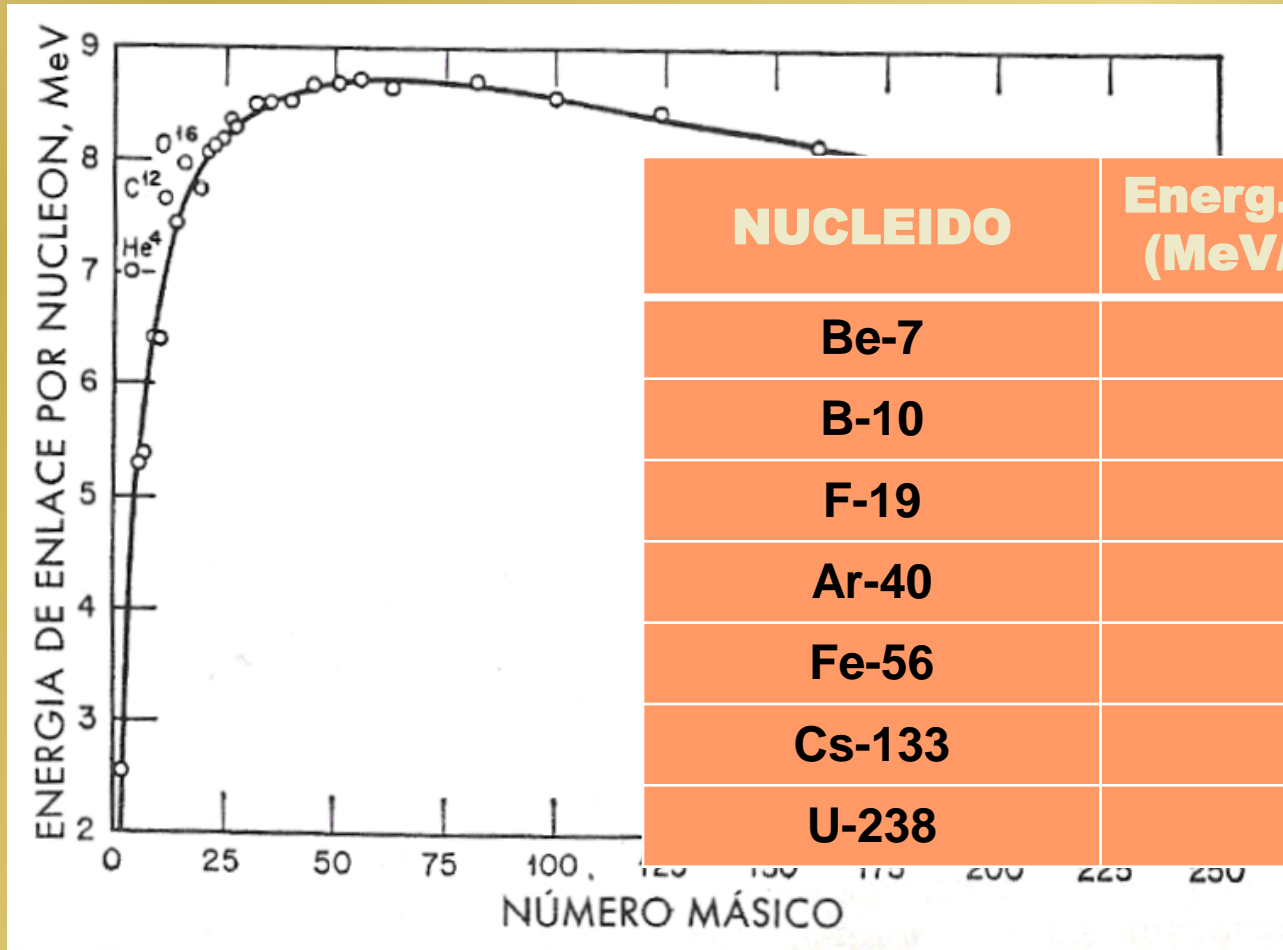
$$\begin{aligned} \text{Masa} &= 2 \text{ } {}_1\text{H}^1 = 2,01628 \text{ uma} \\ &+ 2 \text{ } {}_0\text{n}^1 = 2,01796 \text{ uma} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 4,03424 \text{ uma} \\ \text{Masa } {}_2\text{He}^4 \quad 4,00387 \text{ uma} \end{array}$$

$$\Delta m = 0,003037 \text{ uma !!!}$$

$$E = \Delta m C^2 = 0,003037 \times 931,5 = 2,83 \text{ MeV}$$

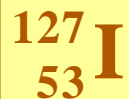
Energía de Enlace por nucleón



NUCLEIDO	Energ./ Nucleón (MeV/nucleón)
Be-7	5,37
B-10	6,47
F-19	7,78
Ar-40	8,59
Fe-56	8,79
Cs-133	8,41
U-238	7,57

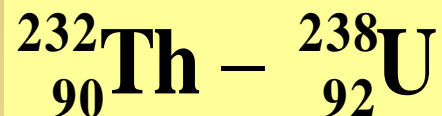
***DESINTEGRACIÓN
RADIATIVA***

Estables:

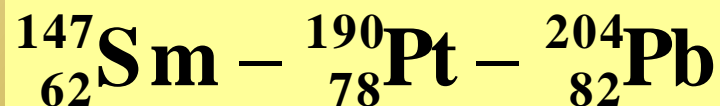
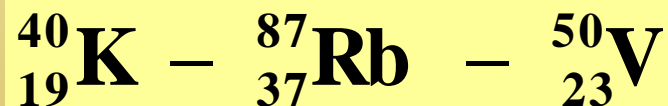


Naturales:

Z > 83 :

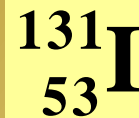


Z < 83 :



Inestables:

Artificiales:



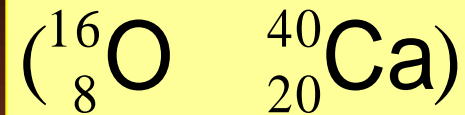
CRITERIOS DE ESTABILIDAD

a) Paridad

A	Z	N	Casos
I	I	P	50
I	P	I	55
P	I	I	4
P	P	P	165
Total			274

b) Números mágicos :

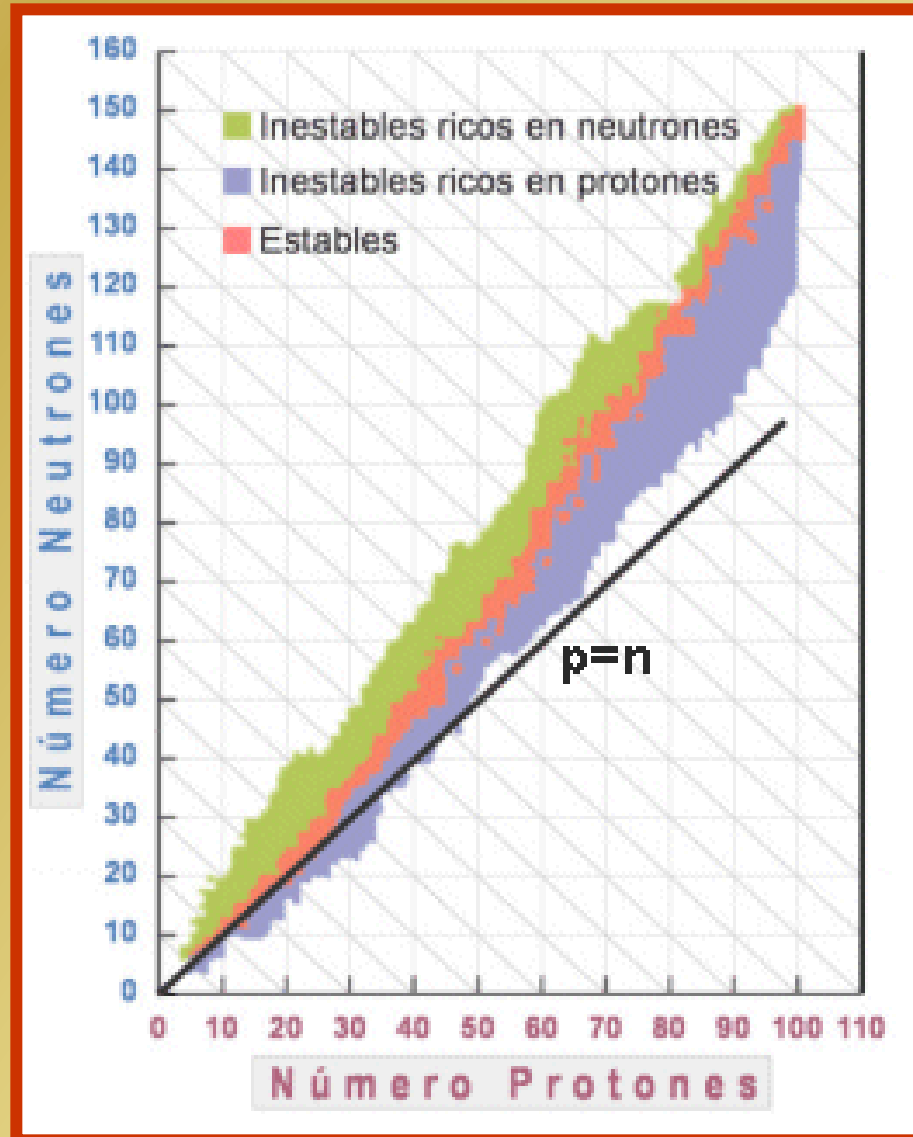
2, 8, 20, 28, 50, 82, 126



c) Adecuada relación :

N / Z (neutrónes / protones) ≈ 1 a 1,36 ó más

CURVA DE ESTABILIDAD



PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN:

$$T \Rightarrow N = \frac{N_0}{2}$$

U238 : $4,47 \times 10^9$ años

R226 : 1600 años

Bario144 : 11,9 seg

Ej: ${}_{53}^{131}\text{I}$

10^6 8,05 días 5×10^5

16,1 días $2,5 \times 10^5$

64,4 días 3905

$({}_{54}^{131}\text{Xe})$

SÍNTESIS

LA RADIOACTIVIDAD ES:

- UN PROCESO PURAMENTE NUCLEAR
- UN PROCESO ESPONTÁNEO
- UNA REACCIÓN OPUESTA A LA ESTABILIDAD
- UNA REACCIÓN EXOENERGÉTICA
- UN PROCESO PROBABILÍSTICO
- UN PROCESO DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS



**Símbolo
internacional
de radiación**

Tabla de Radionucleidos

31	Ga 69,72 εabs 2,80				Ga 63 3 s β ⁺	Ga 64 2,6 m β ⁺ 2,9; 6,1... γ 0,99; 3,37; 1,39; 0,81; 2,20...	Ga 65 15 m β ⁺ 2,1; 2,2... γ 0,12; 0,06; 0,75; 0,15...	Ga 66 9,3 h β ⁺ 4,2... γ 1,04; 2,75; 0,83; 2,19; 4,30...	Ga 67 78 h ε kein β ⁺ γ 0,09; 0,18; 0,30...	Ga 68 68,3 m β ⁺ 1,9... γ 1,08; 0,80...	Ga 69 60,4 σ 1,9	Ga 70 21,1 m β ⁻ 1,7... γ ...	Ga 71 39,6 σ 5	
	30	Zn 65,37 εabs 1,10	Zn 60 3,1 m β ⁺	Zn 61 1,5 m β ⁺ 4,4... γ 0,48; 1,64...	Zn 62 9,13 h β ⁺ 0,1... γ 0,04; 0,60; 0,51; ...55...	Zn 63 38,4 m β ⁺ 2,3... γ 0,67; 0,96...	Zn 64 48,89 σ 0,47	Zn 65 245 d β ⁻ 0,3 γ 1,115	Zn 66 27,81	Zn 67 4,11	Zn 68 18,57 σ 0,095+1,0	Zn 69 13,9 h 13,9 h β ⁻ 0,9 kein γ	Zn 70 0,62 σ 0,015+0,10	
	29	Cu 63,54 εabs 3,8	Cu 58 3,20 s β ⁺ 7,4... γ 1,45	Cu 59 81 s β ⁺ 3,7... γ 1,31; 0,87...	Cu 60 23 m β ⁺ 2,0; 3,9... γ 1,33; 1,72; 0,83...	Cu 61 3,3 h β ⁺ 1,1... γ 0,28; 0,66; 0,067; 1,19...	Cu 62 9,76 m β ⁺ 2,9... γ ...	Cu 63 69,09 σ 4,51	Cu 64 12,8 h β ⁻ 0,6 β ⁺ 0,7 γ ...	Cu 65 30,91 σ 2,3	Cu 66 5,1 m β ⁻ 2,6... γ 1,04... r* 130	Cu 67 61,9 h β ⁻ 0,4; 0,6... γ 0,18; 0,09...	Cu 68 30 s β ⁻ 3,5... γ 1,08; 1,26; 0,80...	Cu 69 3,0 m β ⁻ 2,5... γ 1,01; 0,83;
	Ni 56 6,1 d ε kein β ⁺ γ 0,16; 0,81; 0,75; 0,48; 0,27...	Ni 57 36,0 h β ⁺ 0,9 γ 1,38; 1,92; 0,13...	Ni 58 67,88 σ 4,4	Ni 59 7,5·10 ⁴ a kein β ⁺ kein γ	Ni 60 16,23 σ 2,6	Ni 61 1,19 σ 2,0	Ni 62 3,66 σ 15	Ni 63 92 a β ⁻ 0,07 kein γ	Ni 64 1,09 σ 1,52	Ni 65 2,56 h β ⁻ 2,1... γ 1,48; 1,12; 0,37...	Ni 66 55 h β ⁻ 0,2 kein γ	Ni 67 50 s β ⁻ 4,1... γ 0,90; 0,69; 1,26		
	Co 54 194ms 1,5 m β ⁺ 7,3 β ⁻ 4,3 γ 0,41; 1,13; 1,41	Co 55 18 h β ⁺ 1,5... γ 0,93; 1,41; 0,48...	Co 56 77,3 d β ⁺ 1,5... γ 0,85; 1,24; 2,60; 1,77; 1,04...	Co 57 270 d β ⁺ 0,12; 0,14...	Co 58 9,15 h 71 d β ⁺ 0,5; 1,3 γ 0,81...	Co 59 100 σ 20-17	Co 60 5,26 a 1,5 m β ⁻ 0,3; 1,5... β ⁺ ... 1,173; γ ... 1,32... σ 100 σ 6	Co 61 1,6 h β ⁻ 1,2 γ 0,067	Co 62 1,5 m 13,9 m β ⁻ 2,9... β ⁺ 0,6 γ 1,17; 1,47; 1,74...	Co 63 33 s β ⁻ 3,6 γ 0,088	Co 64 28 s ? 13,9 m β ⁻ ~4 13,9 m			
	Fe 52 8,2 h β ⁺ 0,8 0,17	Fe 53 2,5 m 8,51 m β ⁺ 0,70; β ⁻ 2,8... γ 1,01; 1,33; 2,34	Fe 54 5,82 σ 2,8	Fe 55 2,60 a kein γ	Fe 56 91,66 σ 2,7	Fe 57 2,19 σ 2,5	Fe 58 0,33 σ 1,4	Fe 59 45 d β ⁻ 0,5; 1,6... γ 1,10; 1,29...	Fe 60 10 ⁵ a β ⁻ 0,1	Fe 61 6,1 m β ⁺ 2,6; 2,8... γ 1,20; 1,03; 0,30...				
	Mn 51 46,5 m β ⁺ 2,2	Mn 52 21 m 5,7 d β ⁺ 2,6 γ 1,43 β ⁻ 0,6 γ 1,43; 0,94; 0,74...	Mn 53 1,9·10 ⁶ a kein γ r=170	Mn 54 303 d γ 0,835	Mn 55 100 σ 13,3	Mn 56 2,57 h β ⁻ 2,9... γ 0,85; 1,81; 2,11...	Mn 57 7,7 m β ⁻ 2... γ 0,1... 0,14...	Mn 58 1,1 m β ⁻ γ 0,36-2,8						
	Cr 50 15,9	Cr 51 27,8 d β ⁺ 0,32	Cr 52 83,76 σ 0,76	Cr 53 9,55 σ 18,2	Cr 54 2,38 σ 0,38	Cr 55 3,6 m β ⁻ 2,5... γ ...	Cr 56 9,9 m β ⁻ 1... γ 0,0,6; 0,083							

Isotopos
(igual Z)

Isobaros (igual A)

Isotonos
(igual n)

Tipos de desintegración: colores y símbolos

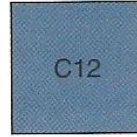
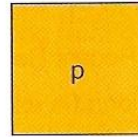
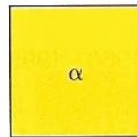
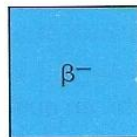
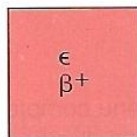
Núclidos estables



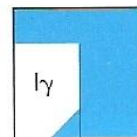
Radionúclidos primordiales, o sea, los producidos durante la formación de la materia terrestre y presentes en ella hasta el presente



β^+ : Desintegración β^+
 ϵ : Captura electrónica
 β^- : Desintegración β^-
 α : Desintegración α
 sf : Fisión espontánea
 p : Desintegración p
 $C12$: Emisión de partículas compuestas



Los datos de la columna izquierda se refieren al estado metaestable y los de la derecha al estado fundamental. I_γ indica fotones γ emitidos en la transición al estado fundamental.



Indica que la asignación de datos de desintegración al estado metaestable o al estado fundamental es dudosa.



Los isómeros de período corto que se desintegran exclusivamente por fisión espontánea, se indican mediante un rectángulo vertical verde.



Modes de désintégration: couleurs et symboles

Nuclides stables

Nuclides radioactifs primordiaux, c.-à-d. nuclides générés lors de la formation de la matière terrestre et existant encore dans la nature

β^+ : Désintégration β^+
 ϵ : Capture d'électrons
 β^- : Désintégration β^-
 α : Désintégration α
 sf : Fission spontanée
 p : Désintégration p
 $C12$: Emission d'amas

Les indications figurant dans la partie gauche concernent l'état métastable et celles dans la partie droite l'état fondamental. I_γ dénote les photons γ produits pendant la désintégration vers l'état fondamental du même nuclide (désintégration isomérique).

L'attribution des données de désintégration à un état métastable ou à l'état fondamental est incertaine.

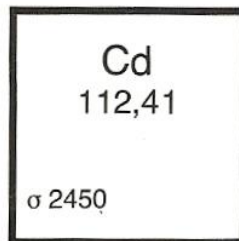
Les isomères se désintégrant par fission spontanée sont marqués par un rectangle vert vertical.

Clasificación de los símbolos y datos

Elementos

símbolo del elemento
peso atómico standard basado en $^{12}\text{C} = 12$

sección eficaz de absorción para neutrones térmicos (b)



Disposition des symboles et valeurs

Éléments

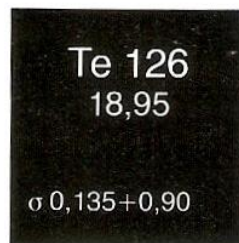
symbole de l'élément
masse atomique standard dans le système $^{12}\text{C} = 12$

section efficace d'absorption de neutrons thermiques (b)

Núclidos estables

símbolo del elemento y número de nucleones
abundancia isotópica en el elemento natural en por
ciento atómico

secciones eficaces de los procesos (n, γ) para la forma-
ción del $^{127\text{m}}\text{Te}$ y del $^{127\text{g}}\text{Te}$ con neutrones térmicos (b)



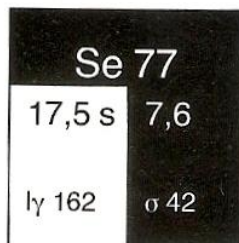
Nuclides stables

symbole de l'élément et nombre de nucléons
teneur isotopique naturelle en pourcent atomique

sections efficaces de formation, pour les neutrons
thermiques, du $^{127\text{m}}\text{Te}$ et du $^{127\text{g}}\text{Te}$

símbolo del elemento y número de nucleones
lado izquierdo: período de semidesintegración del
estado metaestable
energía del fotón γ emitido durante la transición
isomérica en keV

lado derecho: abundancia isotópica en el elemento
natural en por ciento atómico; sección eficaz (n, γ)
para neutrones térmicos (b)



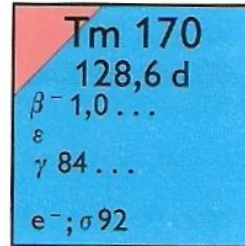
symbole de l'élément et nombre de nucléons

partie gauche: période de l'état métastable
énergie du photon γ émis dans la transition isomérique
en keV

partie droite: teneur isotopique naturelle en pourcent
atomique; section efficace (n, γ) pour les neutrons
thermiques (b)

Núclidos inestables

símbolo del elemento y número de nucleones
 período de semidesintegración
 formas de desintegración; energía máxima de la radiación β^- en MeV, energía del fotón γ en keV
 electrones de conversión y sección eficaz (b) del proceso (n, γ) para neutrones térmicos

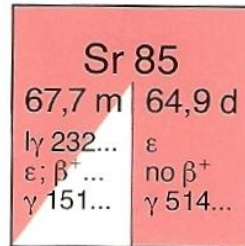


Nuclides instables

symbole de l'élément et nombre de nucléons
 période
 modes de désintégration et énergie maximale du rayonnement β^- en MeV et énergie du photon γ en keV
 électrons de conversion et section efficace pour la réaction (n, γ) des neutrons thermiques (b)

símbolo del elemento y número de nucleones
 períodos

ambos estados se desintegran por captura electrónica, pero el estado metaestable también pasa parcialmente al estado fundamental.
 $5\% < I_\gamma < 95\%$

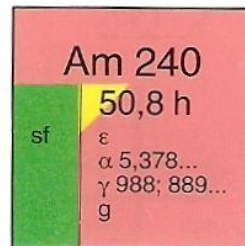


symbole de l'élément et nombre de nucléons
 périodes
 les deux états se désintègrent par capture d'électrons, l'état métastable aussi à l'état fondamental.
 $5\% < I_\gamma < 95\%$

símbolo del elemento y número de nucleones

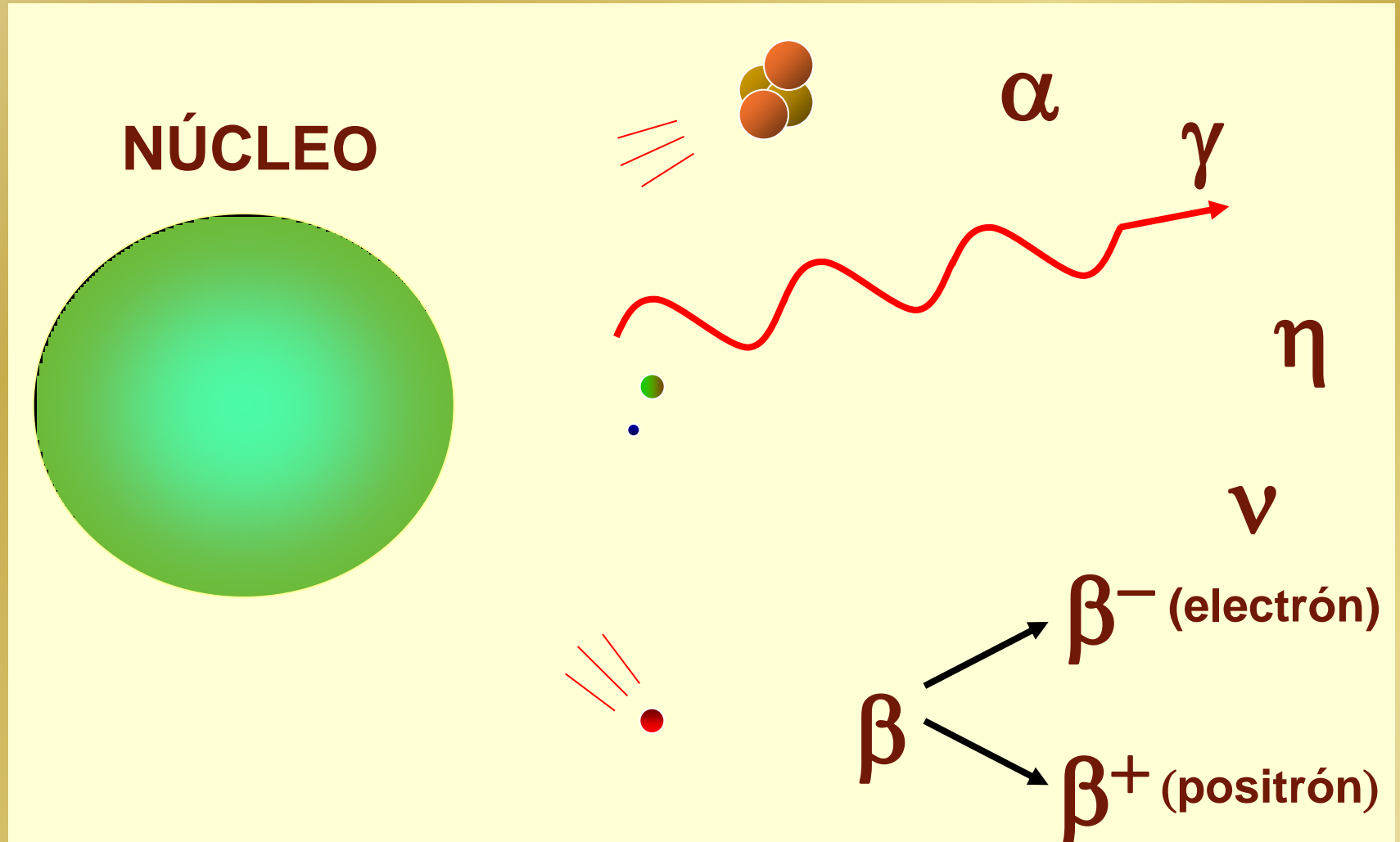
lado izquierdo: isómero que se desintegra espontáneamente por fisión

lado derecho: datos sobre la desintegración del estado fundamental. «g» indica que el hijo ^{240g}Pu se forma en por lo menos 95% y el ^{240m}Pu hasta 5%.

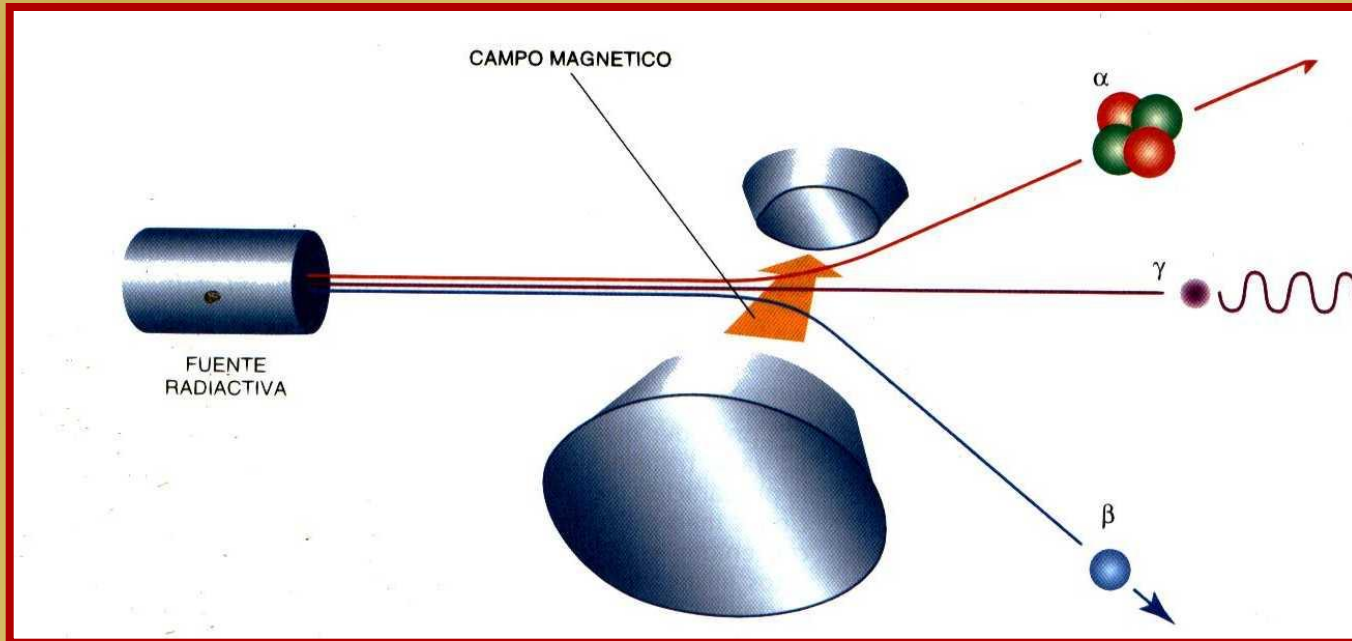


symbole de l'élément et nombre de nucléons
 partie gauche: isomère se désintégrant par fission spontanée
 partie droite: données de désintégration de l'état fondamental. «g» indique que le descendant ^{240g}Pu se forme au moins à 95%; l'état métastable peut être présent dans des proportions pouvant atteindre 5%.

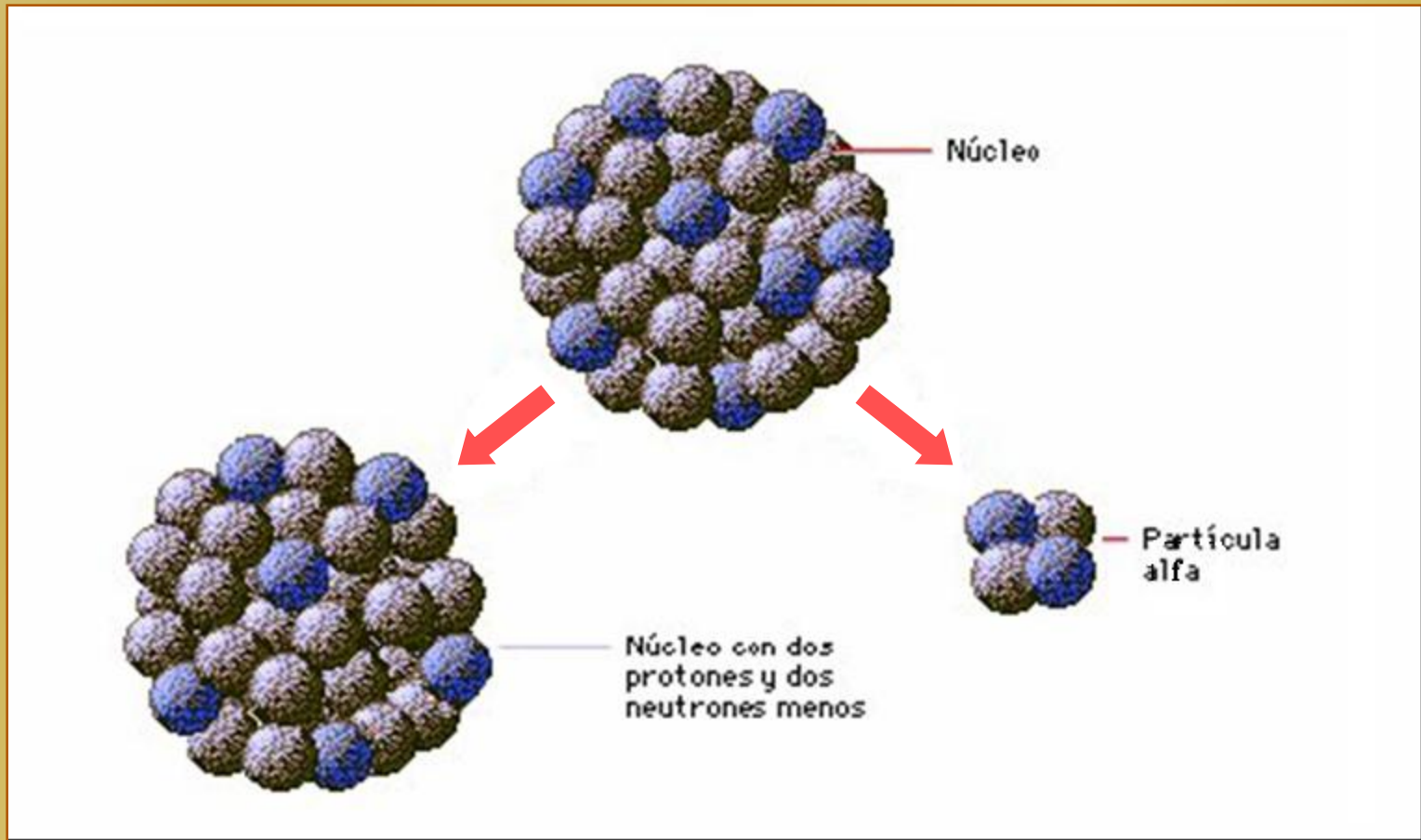
RADIACIONES



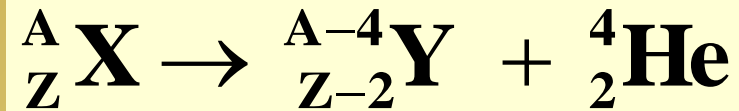
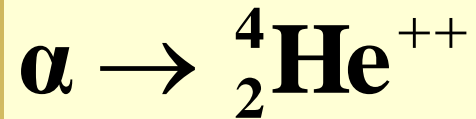
RADIACIONES



Desintegración ALFA (α)



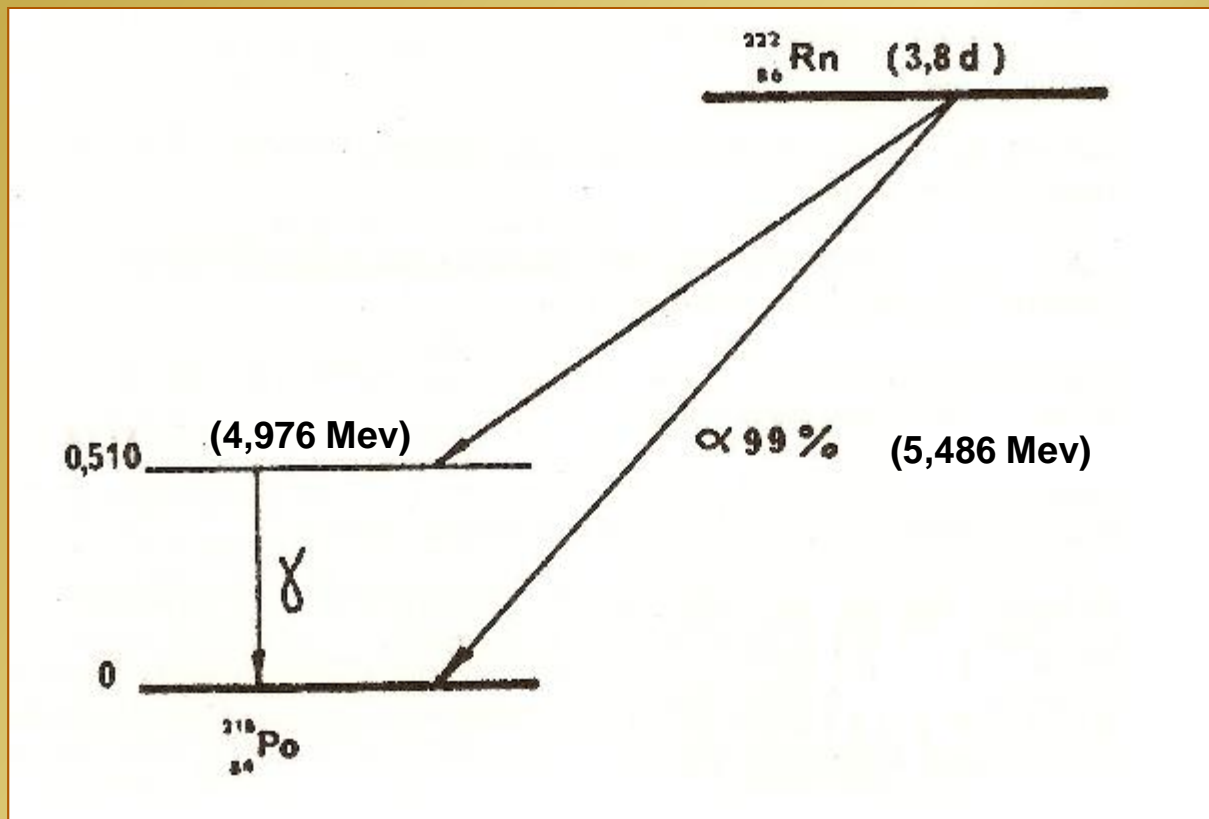
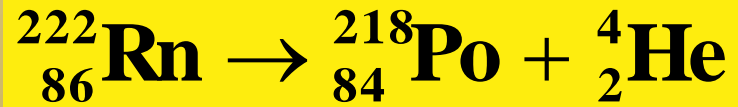
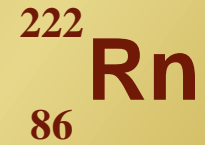
Desintegración ALFA (α)



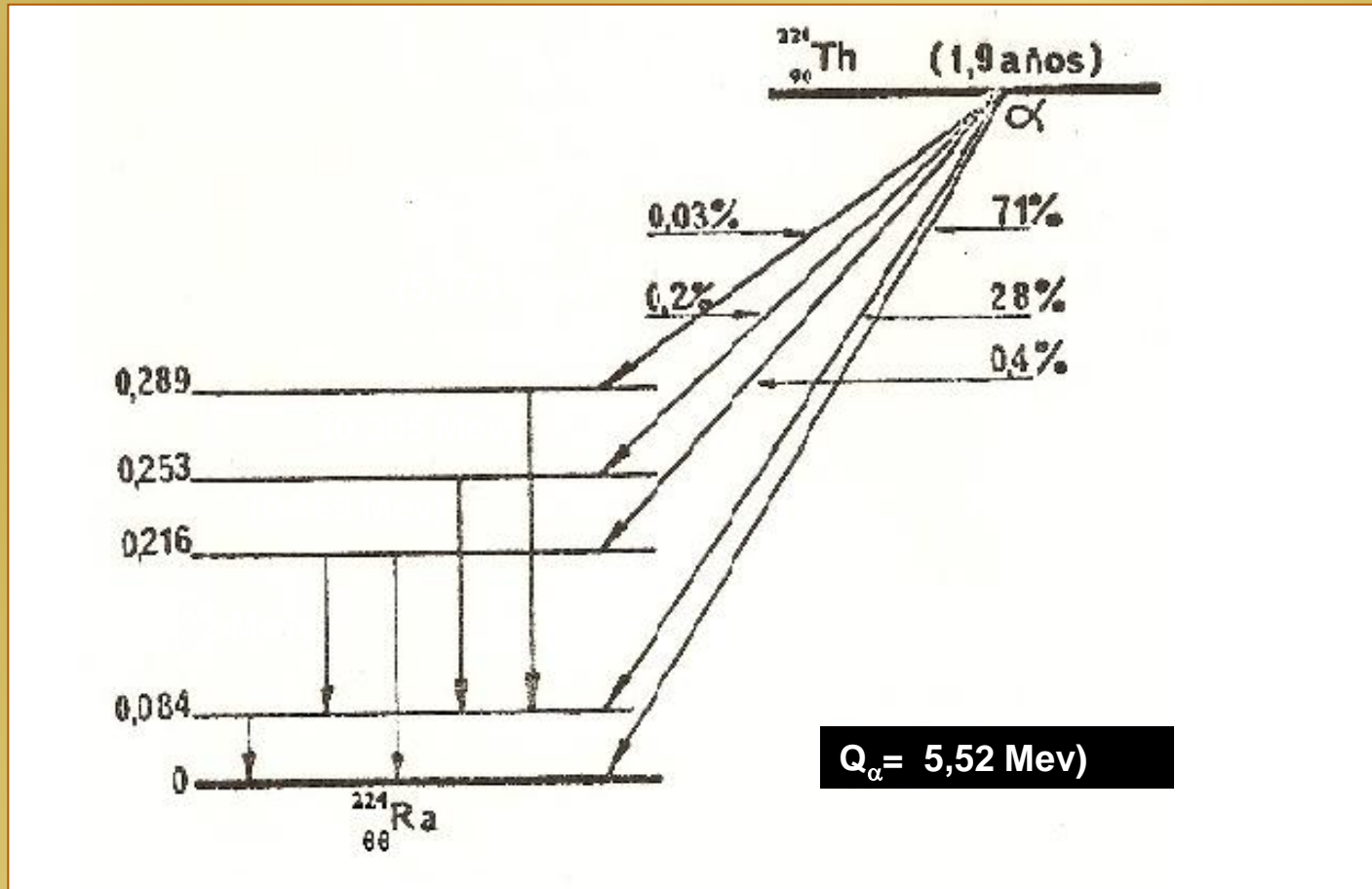
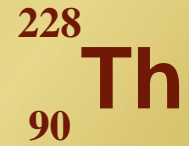
Ej.:



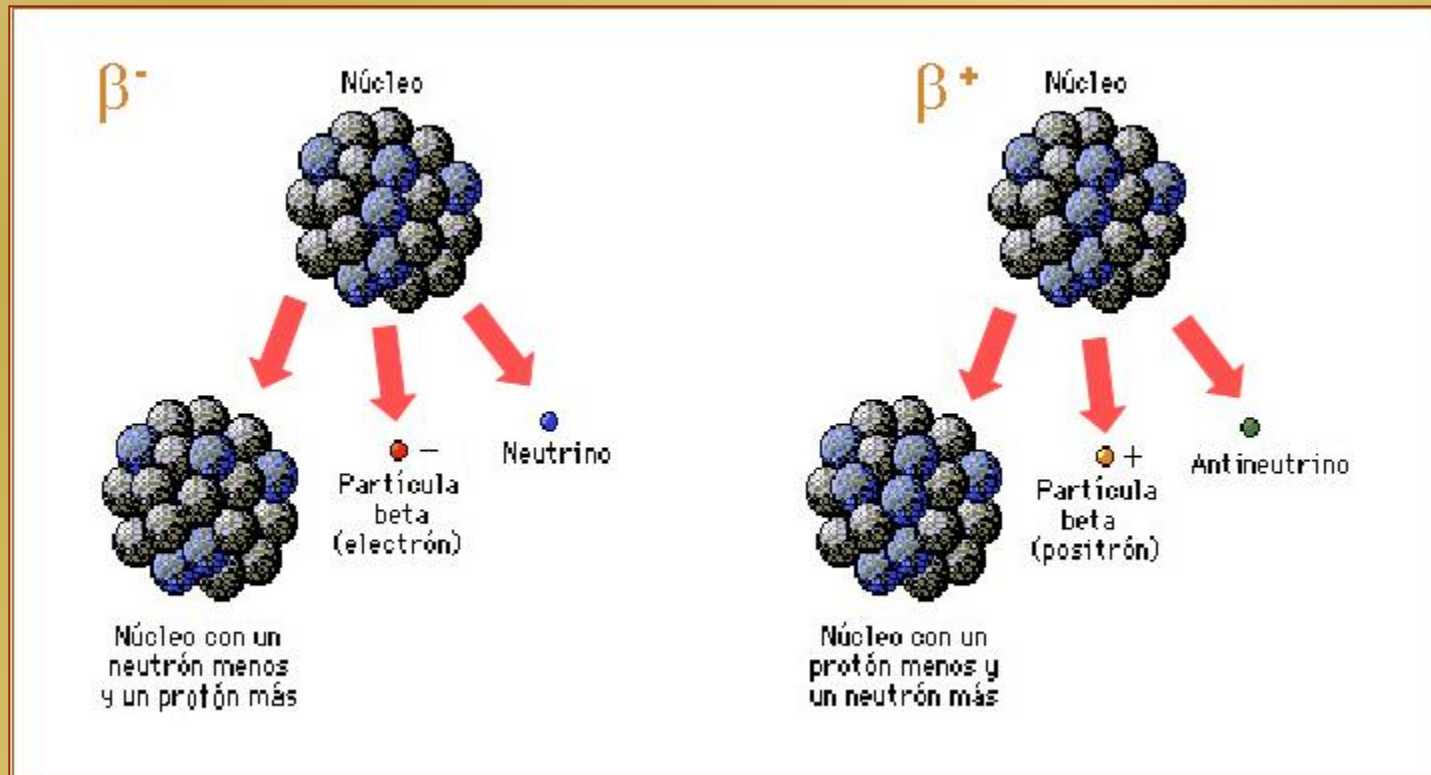
Esquema de desintegración del



Esquema de desintegración del



Desintegración BETA (β)

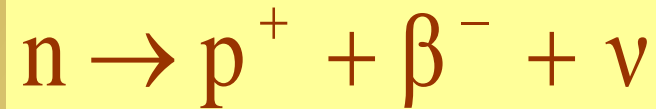
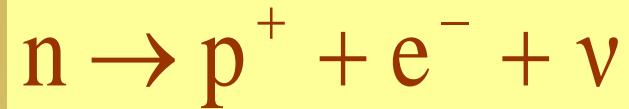


$$\frac{N}{Z} > \text{corresp.estab.}$$

$$\frac{N}{Z} < \text{corresp.estab.}$$

Desintegración BETA neg. (β^-)

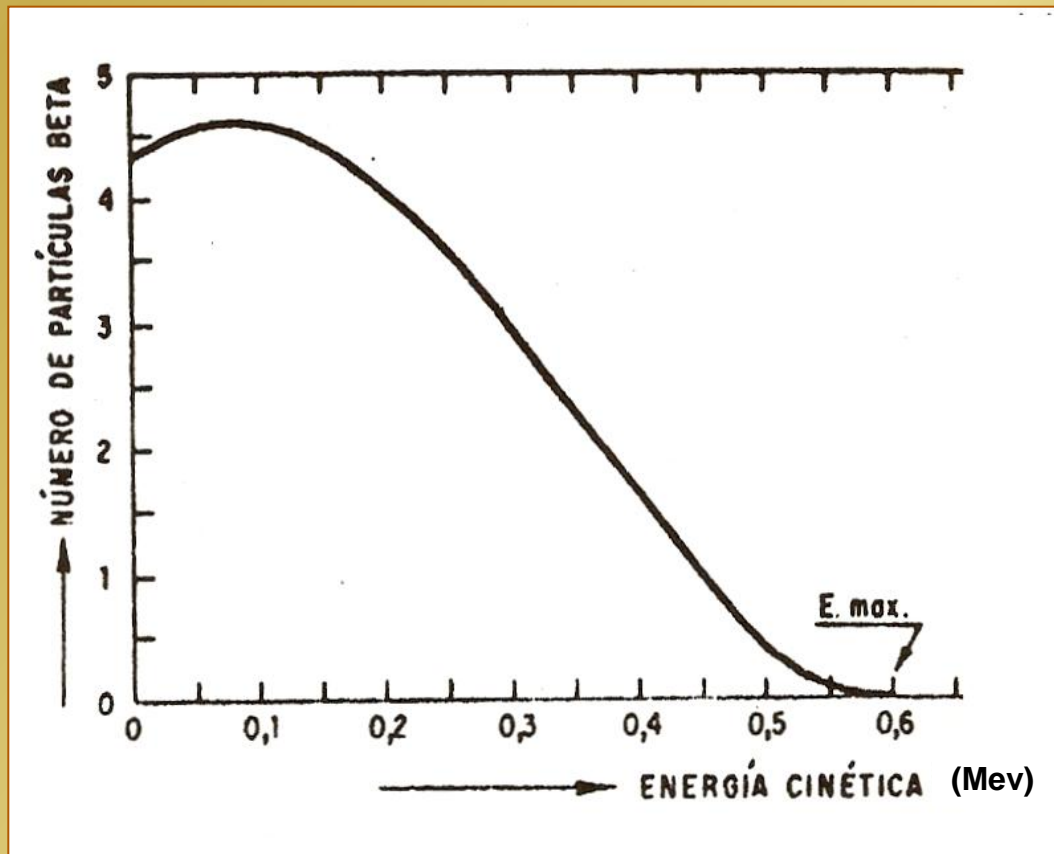
$\frac{N}{Z} > \text{corresp. estab.}$



Ej.:

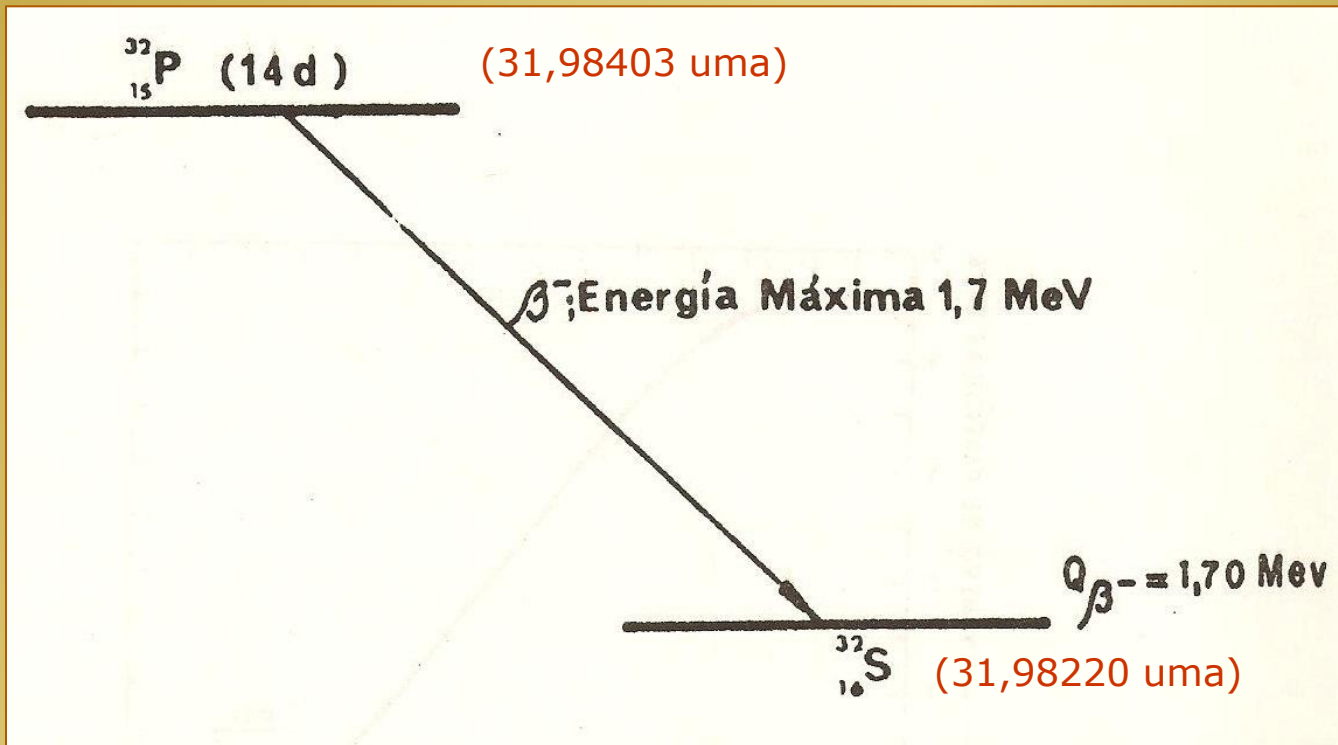


Energía de las Partículas β^-

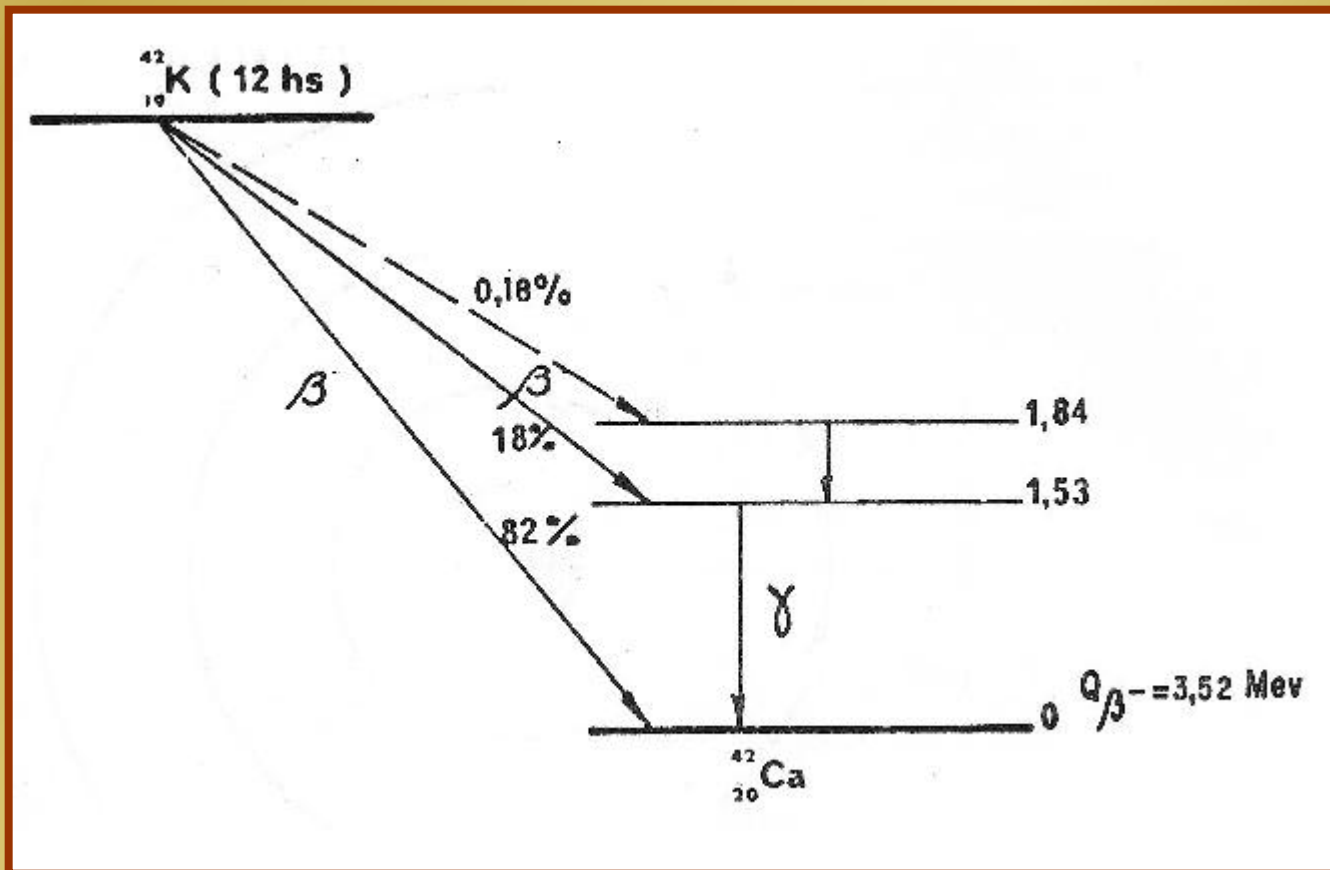


Esquema de desintegración del

$^{32}_{15}\text{P}$



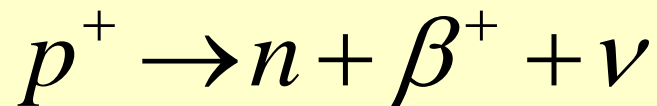
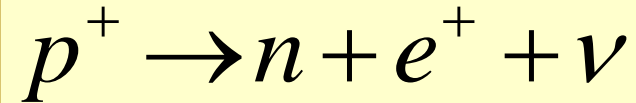
Esquema de desintegración del ${}^{42}_{19}\text{K}$



Desintegración BETA pos. (β^+)

$$\frac{N}{Z} < \text{corresp. estab.}$$

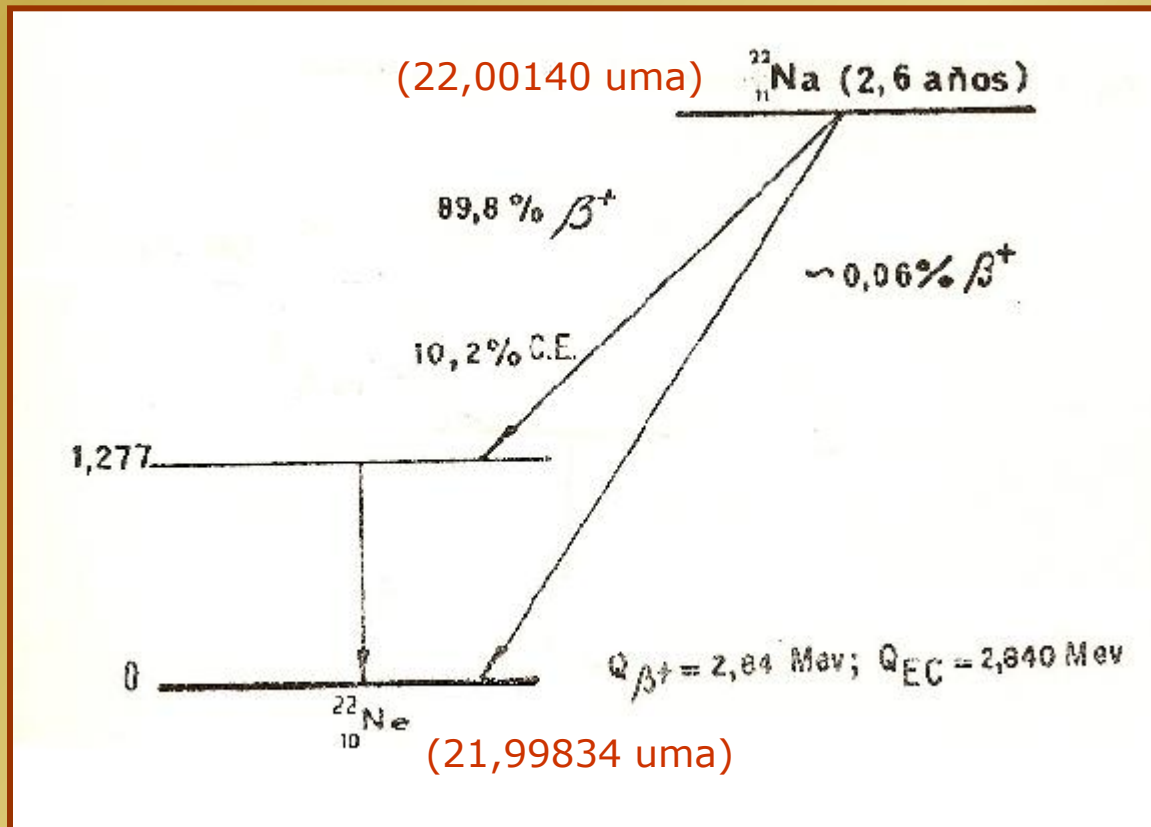
(No hay naturales – solo por acciones de α ó η)



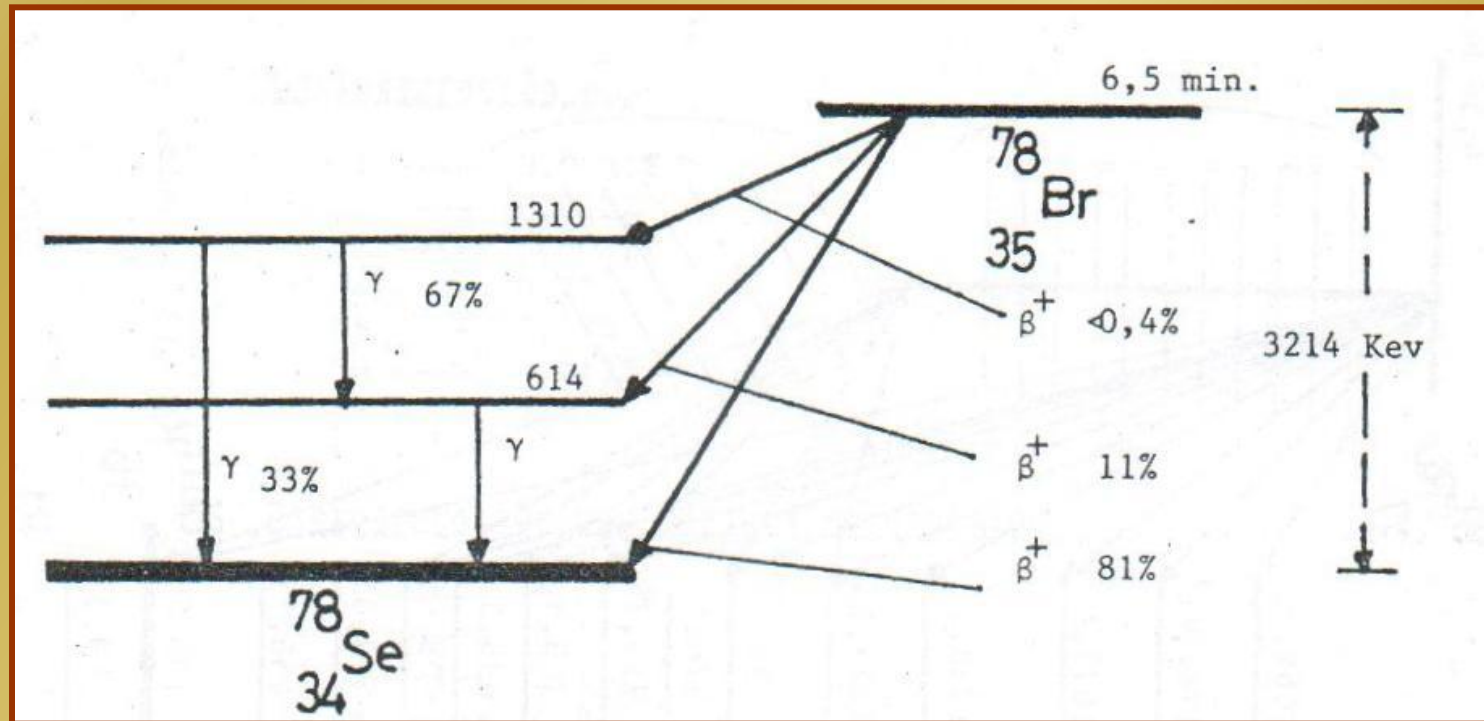
Ej.:



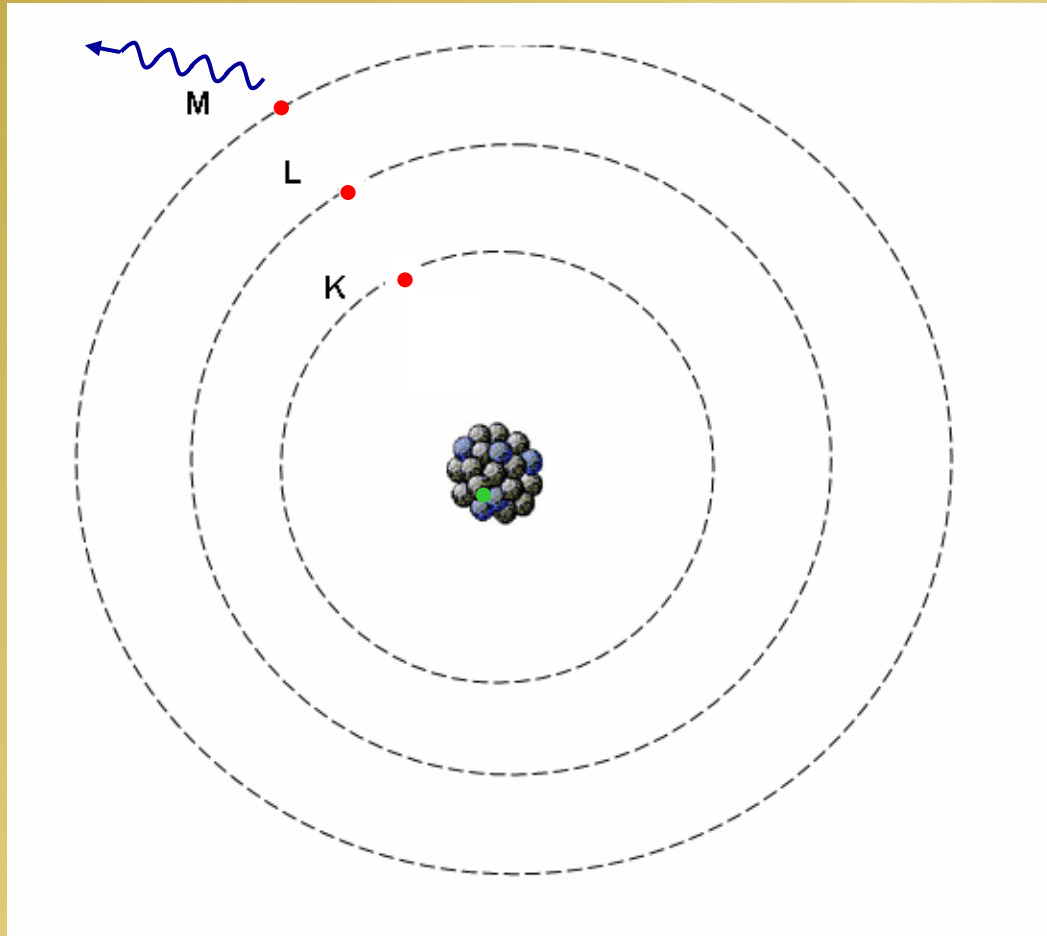
Esquema de desintegración del $^{22}_{11}\text{Na}$



Esquema de desintegración del $^{78}_{35}\text{Br}$



Desintegración por Captura Electrónica (captura K)

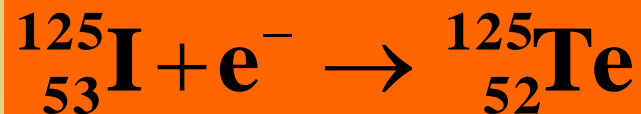


Desintegración por Captura Electrónica (captura K)

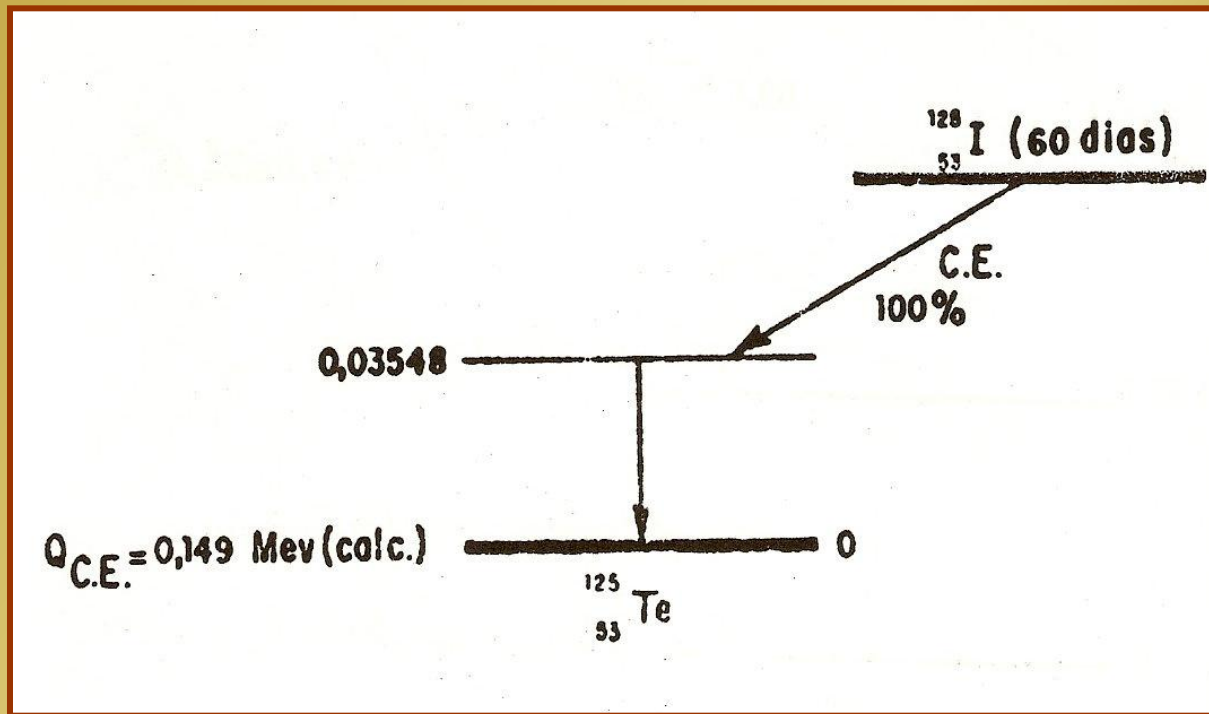


- ν son monoenergéticos
- Hay emisión de rayos X
- Electrónes Auger

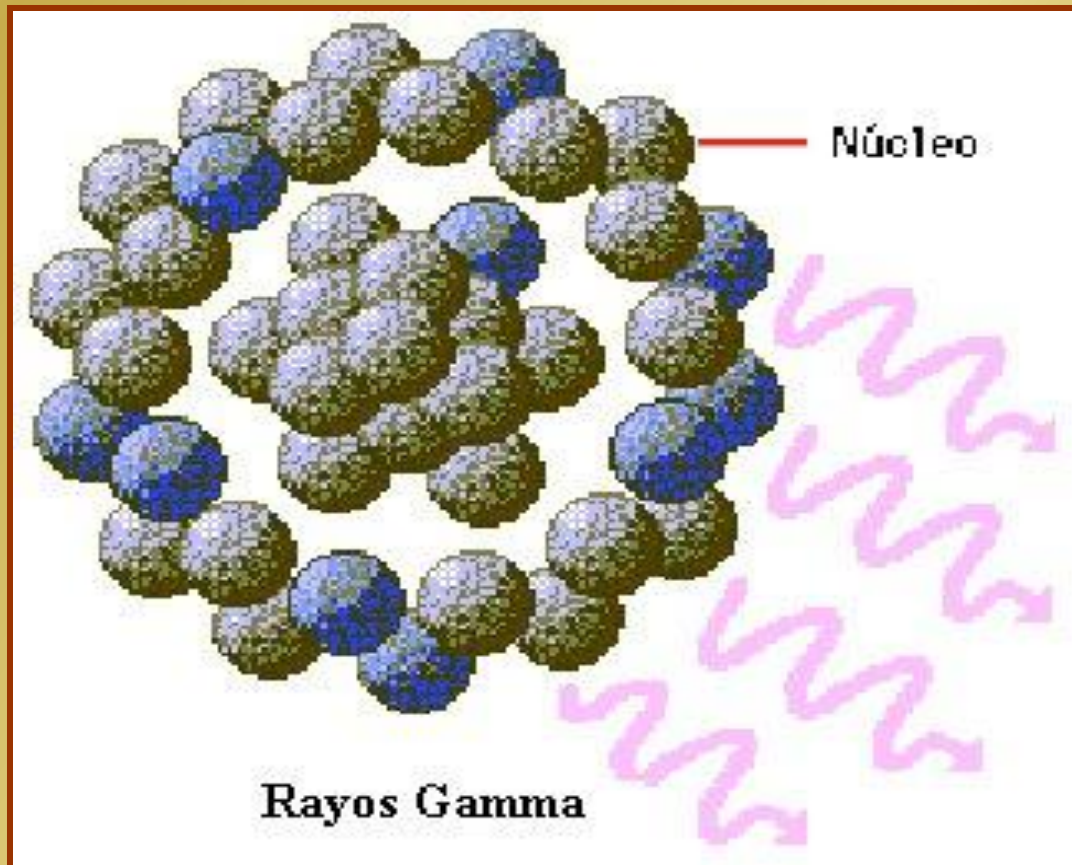
Ej.:



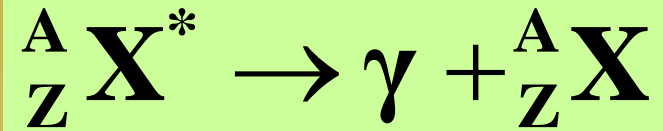
Esquema de desintegración del $^{125}_{53}\text{I}$



Desintegración Gamma (γ)



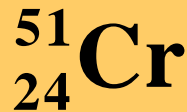
Desintegración Gamma (γ)



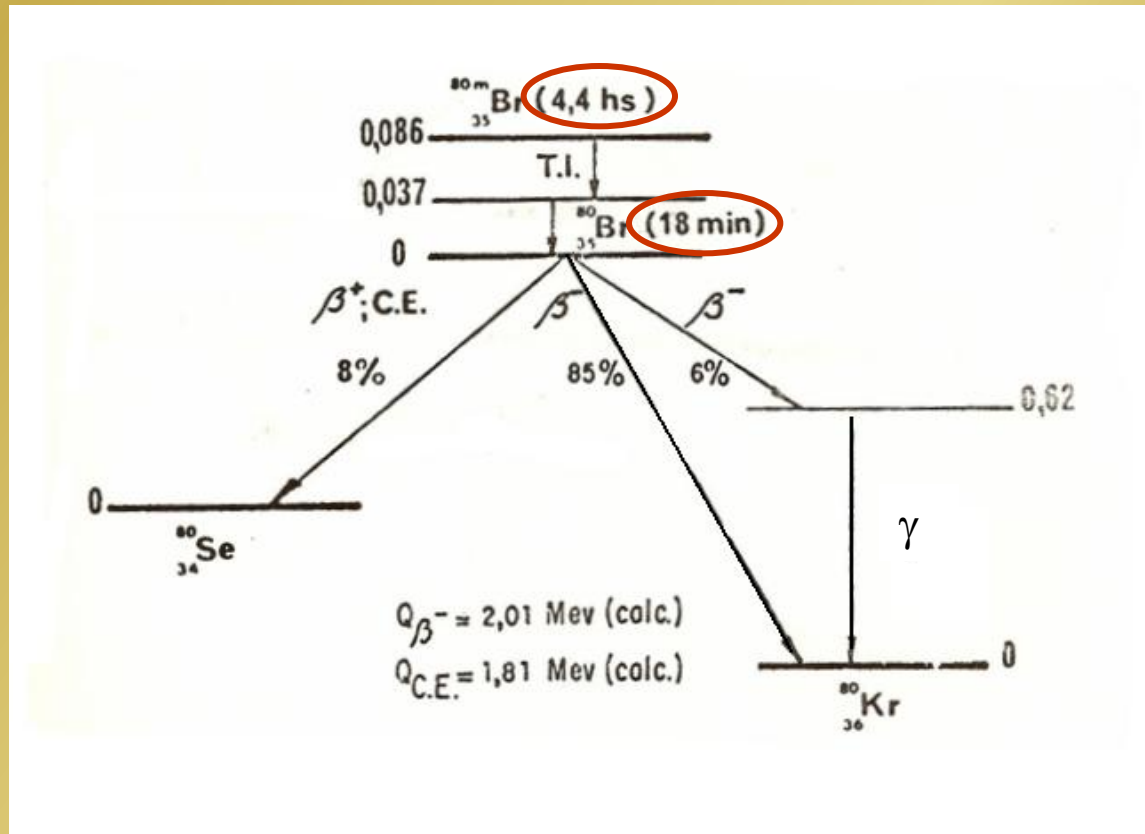
$$\mathbf{E} = \mathbf{h} \cdot \mathbf{f} = \mathbf{h} \cdot \frac{\mathbf{c}}{\lambda}$$

$$\mathbf{h} = 6,624 \times 10^{-34} \text{ (J} \cdot \text{seg)}$$

Ej.:

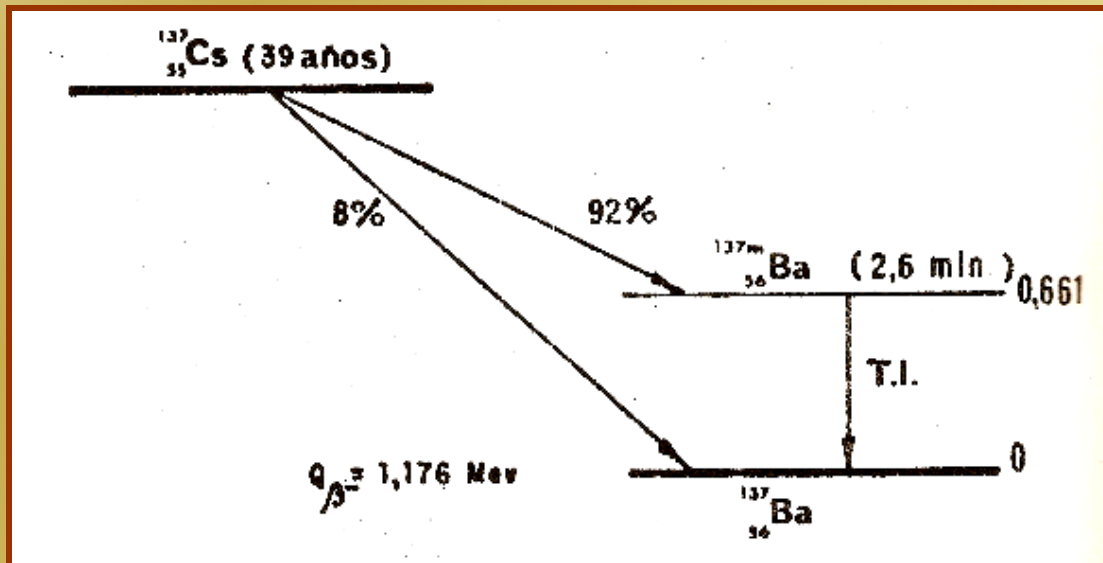


TRANSICIÓN ISOMÉRICA



CONVERSIÓN INTERNA

$$\alpha = \frac{\text{número de electrones de Conv. Interna emitidos}}{\text{número de rayos gamma emitidos}}$$



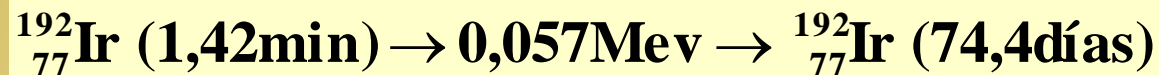
$$\alpha_K = 5,5$$

$$\alpha_L = 1,0$$

$$\alpha_M = 0,27$$

$$\alpha = 0,14$$

Ej:



$$\alpha_L = 400$$

RADIACIONES NUCLEARES

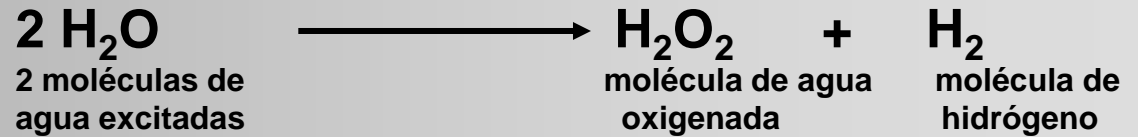
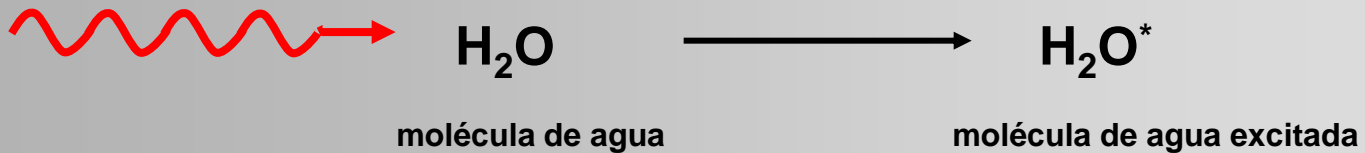
Radiación	Naturaleza	Masa en reposo	Carga	Energía
α	Nucleos de He	4 uma	2 unidades de carga positiva	Hasta 12 MeV
β^-	electrones	$9,11 \times 10^{-31}$ Kg 0,511 MeV	1 unidad negativa	0,018 a 14 MeV
β^+	antielectrones	$9,11 \times 10^{-31}$ Kg 0,511 MeV	1 unidad positiva	0,33 a 14 MeV
γ	Cuantos de energía electromagnética	0	0	0,0008 a 8,88 MeV
ν	Desconocida	0,0005 a 250 eV	0	hasta 14 MeV

***ITERACCIÓN DE
LAS RADIACIONES
CON LA MATERIA***

Radiaciones Ionizantes

(Interacciones de partículas α y β)

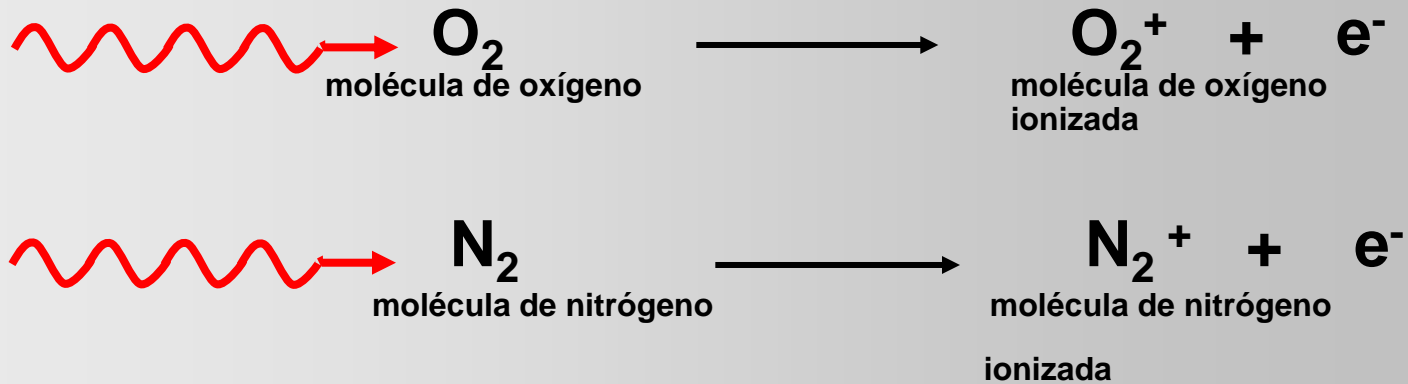
Excitación



Radiaciones Ionizantes

(Interacciones de partículas α y β)

Ionización



$$\text{Ionización específica} = \frac{\text{número de pares iónicos}}{\text{cm de trayectoria}}$$

Ej. Aire : α (4 uma) : 50.000 a 100.000 pares iónicos/cm
 β (0,00055 uma) : 30 a 300 pares iónicos/cm

Interacción de las Radiaciones α



Curva de Bragg

Pérdidas en el aire : ~ 34 eV por par

Ej:

α de 5 Mev $\Rightarrow 5 \times 10^4$ pares/cm \Rightarrow alcance 3 cm

Interacción de las Radiaciones α

○ **PODER DE FRENADO** =
$$\frac{\text{alcance de } \alpha \text{ en el aire}}{\text{alcance de } \alpha \text{ en el material absorbente}}$$

(relativo)

Agua = 1000

Aluminio = 1600

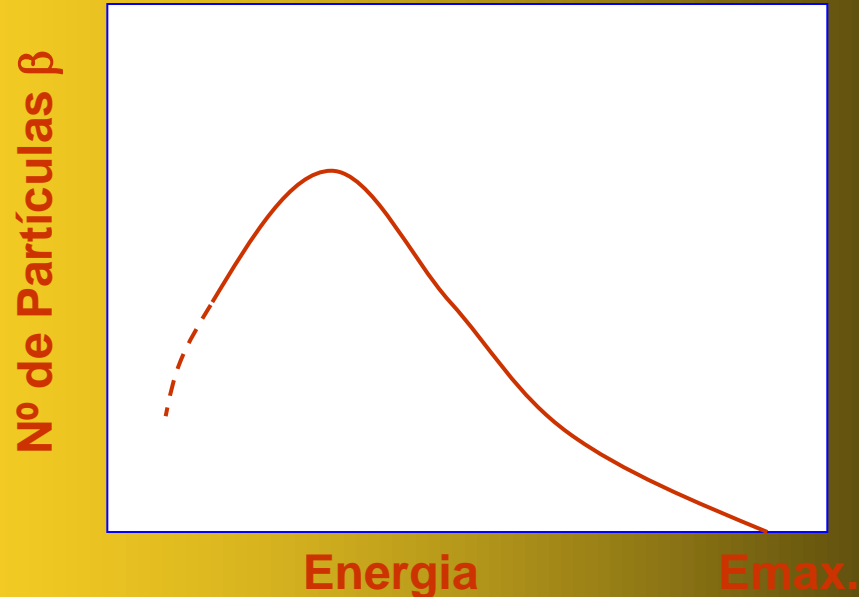
Plomo = 5000

Ej: aire → 5 cm
 papel ó tejido vivo → 0,005 cm

○ **Densidad- espesor = 1000R x ρ (mg/cm)**

Interacción de las Radiaciones β

- Pérdidas en el aire : ~ 34 eV por par
- Distribución continua de energía



Interacción de las Radiaciones β

⊙ Experimentan dispersión

⊙ Absorción

$$N(x) = N_0 \cdot e^{-\mu x}$$

⊙ Radiación de frenado
(bremsstrahlung)

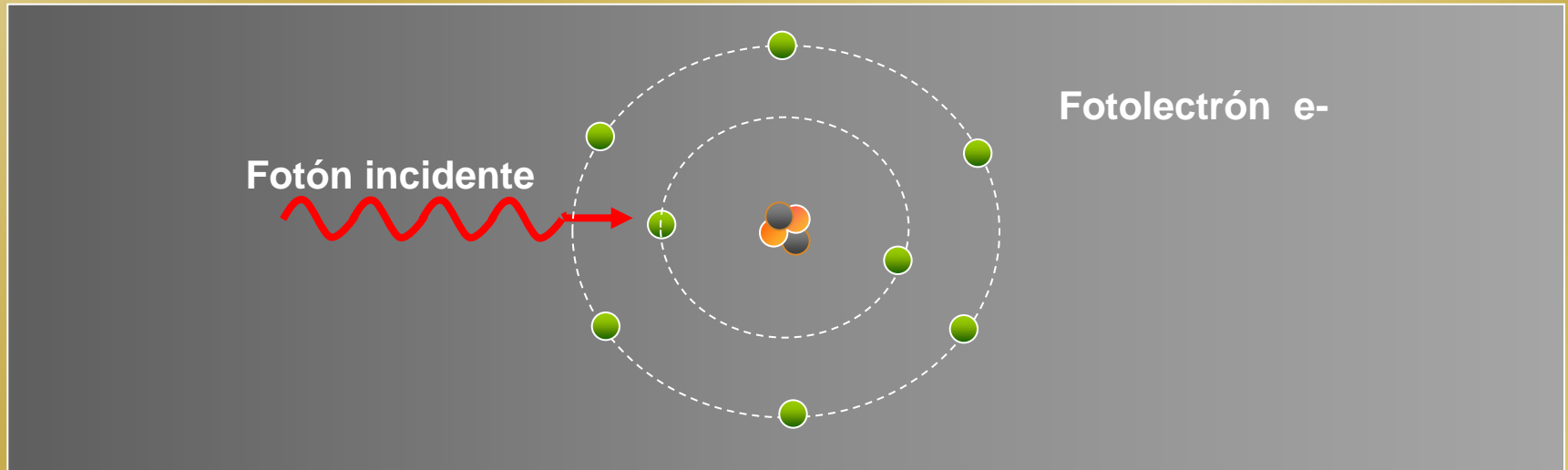
es aprox. proporcional a Z^2 y la energía

⊙ Radiación de aniquilamiento (β^+). La masa de ambas positrón y electrón es aprox. $0,0011 \text{ uma} \equiv 1,02 \text{ Mev}$

Interacción de los rayos X y γ

- Interacción de rayos X y Gamma con electrones :
 - ❖ Efecto fotoeléctrico
 - ❖ Efecto COMPTON
- Interacción de rayos Gamma con núcleos :
 - ❖ Creación de pares

Efecto Fotoeléctrico

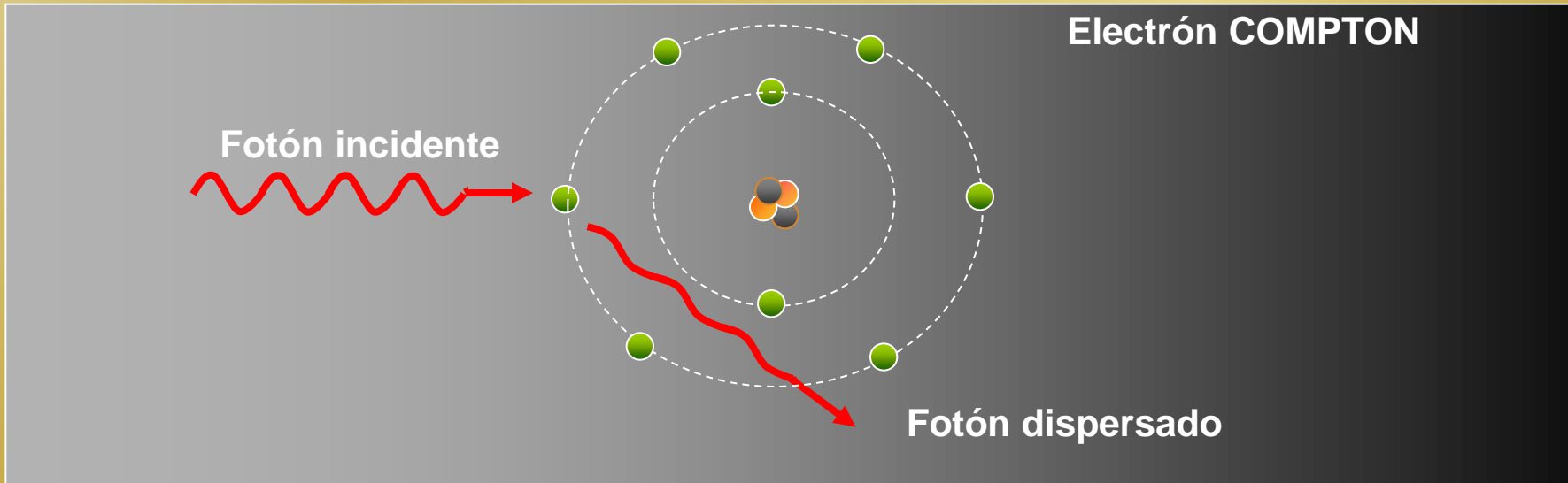


Proceso : Interacción entre un rayo γ y un electrón interno del material que penetran

Consecuencias :

- El rayo γ cede toda su energía al electrón
- Si $h \cdot f > E_{\text{enlace}}$ el electrón sale despedido con $E_c = h \cdot f - E_{\text{enlace}}$
- Probabilidad de interac. Fotoeléctrica $\approx \text{Cte.} \times Z^n / E^3$ ($n \approx 3 \sim 5$)

Efecto COMPTON

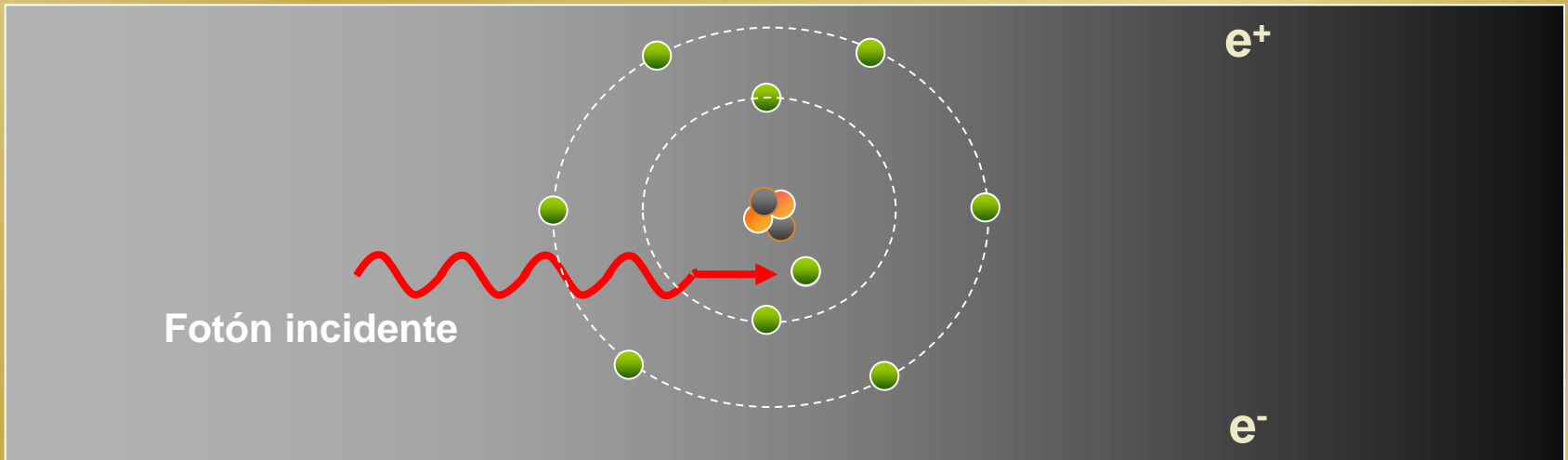


Proceso : Interacción entre un rayo γ y un electrón externo

Consecuencias :

- El rayo γ cede parte de su energía al electrón y es dispersado.
- El fotón dispersado prosigue con energía reducida
- El electrón dispersado recibe la diferencia de energía entre la del fotón incidente y el dispersado $E_c = hf - hf'$
- Probabilidad de interac. Compton $\approx \text{Cte.} \times Z / E$

Formación de Pares



Proceso : Interacción entre un rayo γ en las proximidades del núcleo atómico ($E \geq 1,02 \text{ Mev}$)

Consecuencias :

- El fotón se convierte en un electrón y un positrón
- $E_c + E_{c'} = h.f - 2 m c^2$
- Probabilidad de producción de pares $\approx \text{Cte.} \times Z^2 \cdot (E - 1,02)$

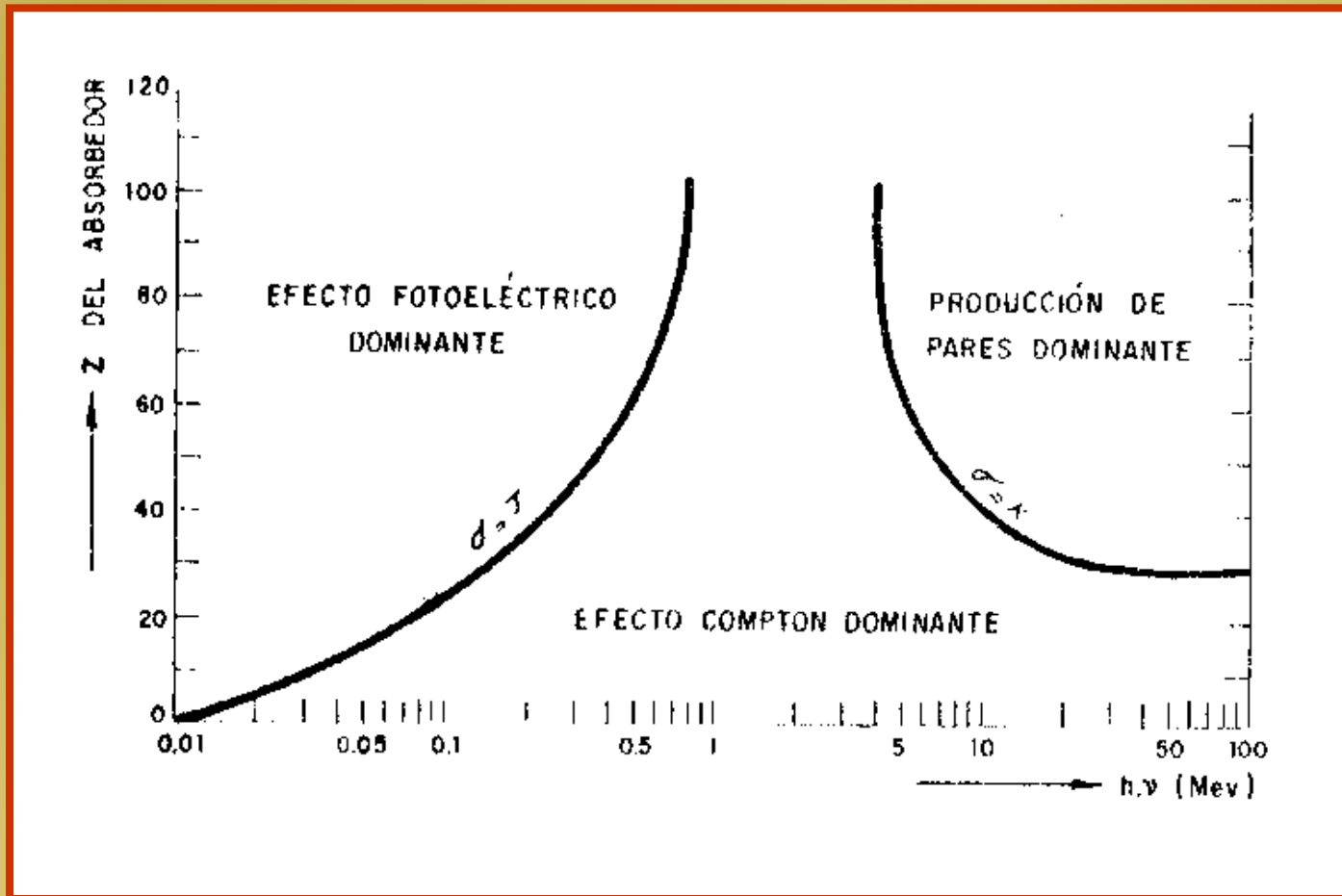
Atenuación de los rayos γ

Ley exponencial de atenuación :

$$I_x = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$
$$\log (I_x / I_0) = 0,4343 \mu x$$

μ : coeficiente de atenuación lineal
 x : espesor del material

Efecto dominante según Z del absorbedor y Energía del fotón



Alcance de la Radiaciones

	RADIACION	Alcance aprox		Se originan en
		Aire	Agua	
<p>α</p> <p>Las radiaciones α (alfa) recorren una distancia muy pequeña y son detenidas por una hoja de papel o la piel del cuerpo humano.</p>	Alfa	2-8 cm	20-40 μ	Núcleos pesados
	Beta negativa	0-10 m	0-1 mm	Núcleos con alta relación n/p
	Beta positiva	0-10 m	0-1 mm	Núcleos con baja relación n/p
<p>β</p> <p>Las radiaciones β (beta) recorren en el aire una distancia de un metro aproximadamente, y son detenidas por unos pocos centímetros de madera o una hoja delgada de metal.</p>	Neutrón	0-100 m	0-1 m	Reacciones nucleares
	Rayos X	mm- 10 cm	μ - cm	Transiciones entre electrones orbitales
<p>γ</p> <p>Las radiaciones γ (gamma) recorren cientos de metros en el aire y son detenidas por una pared gruesa de plomo o cemento.</p>	Rayos Gamma	cm-100 m	mm-10 cm	Transiciones nucleares

Partículas

Ondas electromagnéticas

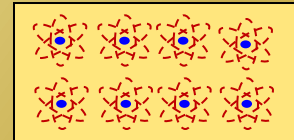
Interacción de Neutrones con la materia

η \longrightarrow no tiene carga eléctrica

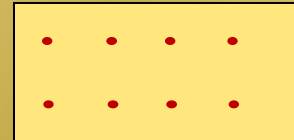
a) No interacciona con electrones

b) Materia vista por η

Partículas cargadas

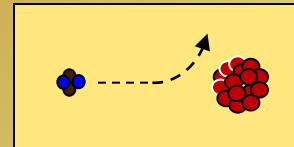


Neutrones

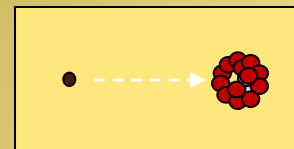


c) No tiene repulsión del núcleo

Partículas cargadas

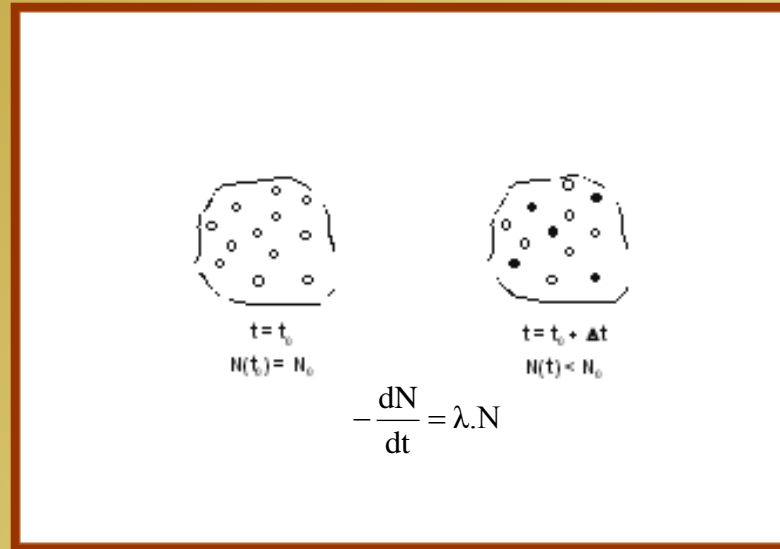


Neutrones



***LEYES DE
DESINTEGRACIÓN
RADIATIVA***

Ley de Desintegración



$$- \Delta N = \lambda N \Delta t$$

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N = \textit{Actividad}$$

Ley de Desintegración

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

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

λ : Constante de desintegración

Probabilidad por unidad de tiempo de que un núcleo cualquiera se desintegre.

N_0 : número de átomos de un radionucleido en el instante $t=0$

N : número de átomos de un radionucleido en el instante t

Actividad (A): Es el número de desintegraciones que se producen por unidad de tiempo

$$A = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

Unidades :

1 Curie (Ci) = $3,7 \times 10^{10}$ desintegración/segundo

1 Becquerel (Bq) = 1 desintegración/segundo

1 Curie (Ci) = $3,7 \times 10^{10}$ Bq

PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN:

Tiempo necesario para que un número estadísticamente significativo de átomos se reduzca a la mitad

$$\frac{N_0/2}{N_0} = e^{-\lambda T} \quad \Rightarrow \quad \text{Ln}\left(\frac{N_0/2}{N_0}\right) = -\lambda T$$

$$\text{Ln}2 = \lambda T \quad \Rightarrow \quad T = \frac{\text{Ln}2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

$$A = \lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = \frac{0,693}{T} \cdot N = \frac{0,693}{T} \cdot N_0 \cdot e^{-\frac{0,693}{T}t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{0,693}{T}t}$$

PERÍODO DE SEMIDESINTEGRACIÓN Y λ

Nucleido Radiactivo	Período T	Constante de Desintegración λ
${}_{92}^{238}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ años	$4,9 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$
${}_{88}^{226}\text{Ra}$	1620 años	$1,3 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$
${}_{53}^{131}\text{I}$	8,05 días	$10 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$
${}_{33}^{76}\text{As}$	26,5 horas	$7,3 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
${}_{84}^{218}\text{Po}$	3,05 minutos	$3,78 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
${}_{85}^{218}\text{At}$	3,05 minutos	$0,4 \text{ seg}^{-1}$
${}_{84}^{214}\text{Po}$	$1,64 \cdot 10^{-4}$ segundos	$4,23 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$

VIDA MEDIA: Tiempo promedio que viven los átomos de una fuente

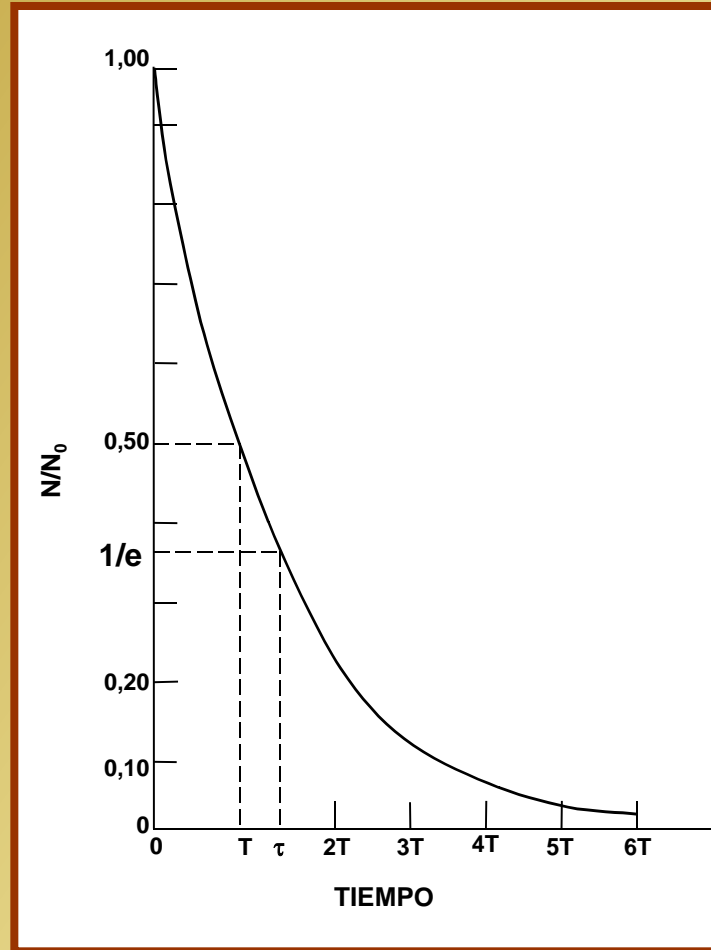
$$\tau = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_n t_n}{N_0} \rightarrow \tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \cdot dN$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0,0693} = 1,44 \cdot T$$

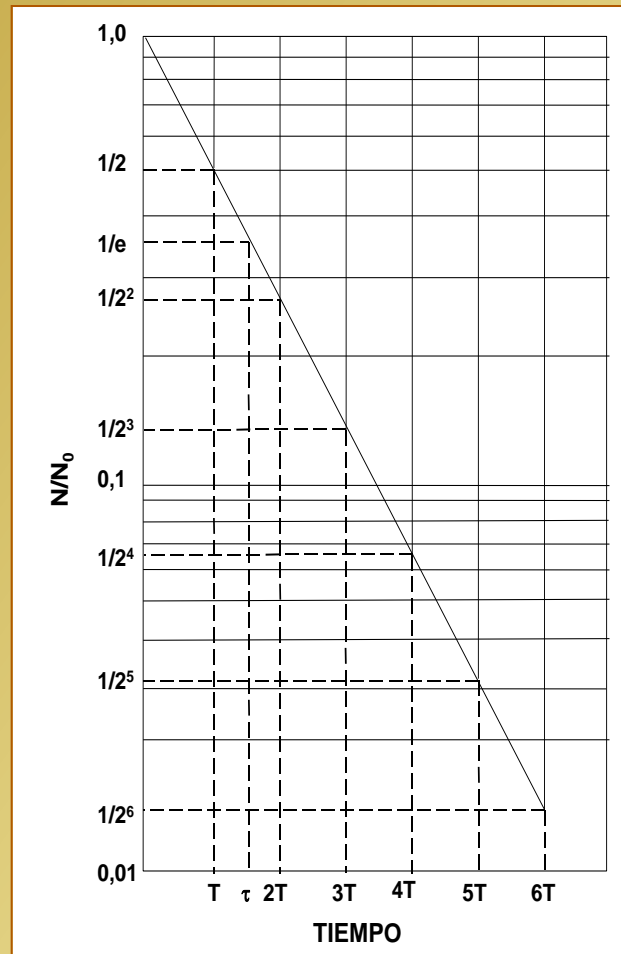
Ej.:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda \tau} = N_0 \cdot e^{-\frac{0,693}{T} \cdot \frac{T}{0,693}} = N_0 \cdot e^{-1} = \frac{N_0}{e}$$

Curva de Decaimiento



Curva de Decaimiento



Series Radiactivas Naturales

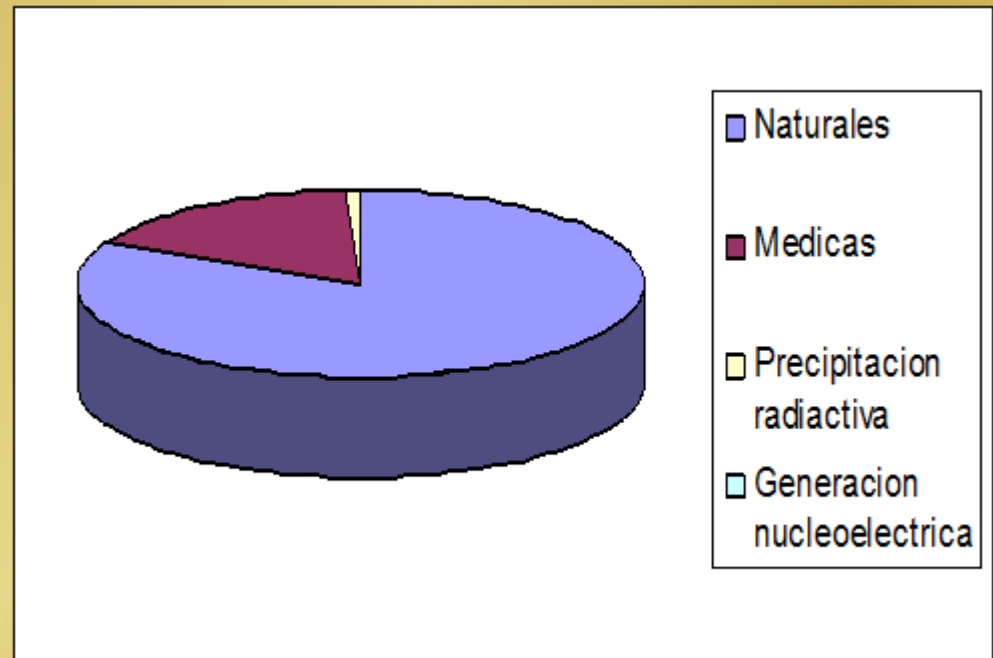
Primero	Familia Período (años)	Último	A	Denominación
${}_{90}^{232}\text{Th}$	$T=13.9 \times 10^9$	${}_{82}^{208}\text{Pb}$	$4n$	Torio
${}_{92}^{238}\text{U}$	$T=4.5 \times 10^9$	${}_{82}^{206}\text{Pb}$	$4n + 2$	Uranio-Radio
${}_{92}^{235}\text{U}$	$T=7 \times 10^8$	${}_{82}^{204}\text{Pb}$	$4n + 3$	Actinio

Cadena o Serie de desintegraciones



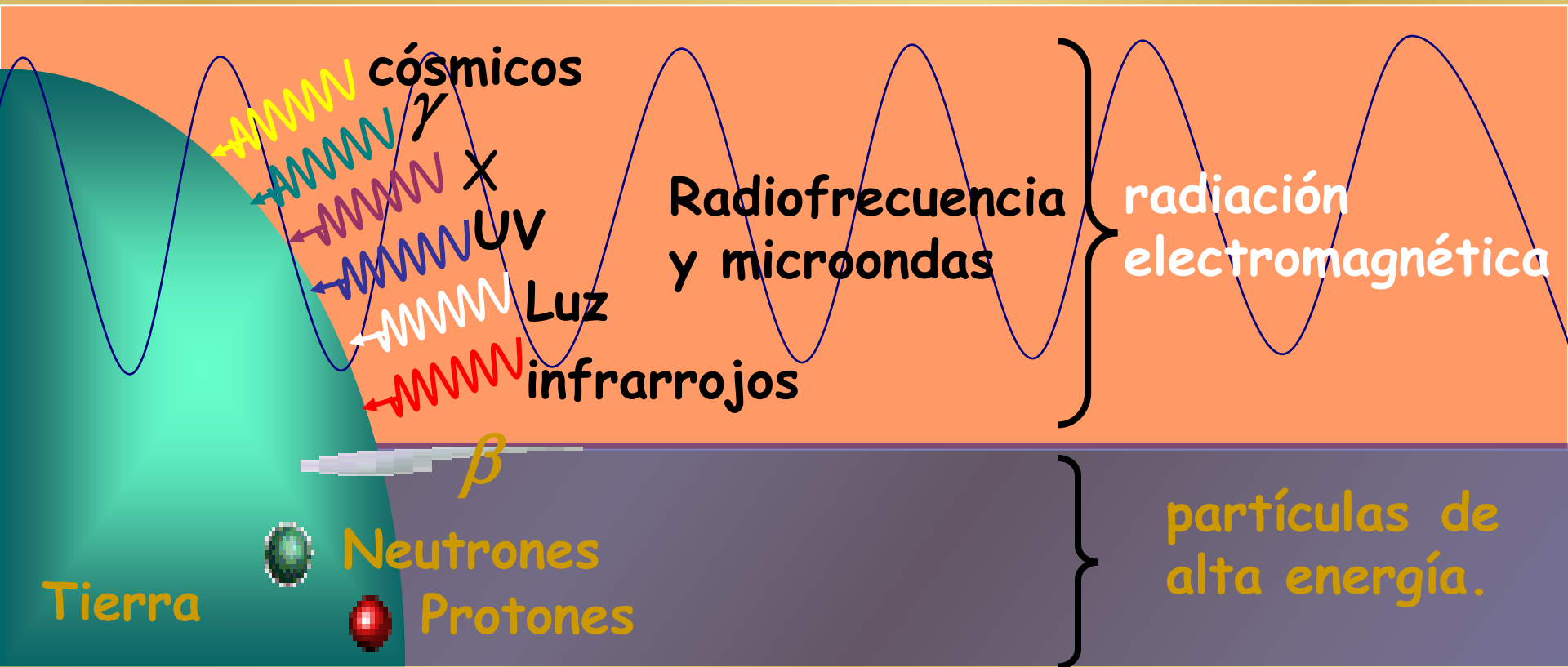
Radiaciones Naturales y Artificiales

- **Naturales** :
provenientes de fuentes de radiación que se encuentran en la naturaleza
- **Artificiales** :
provenientes de fuentes de radiación creadas por el hombre



RADIACIÓN NATURAL DE FONDO

Cotidianamente estamos expuestos a radiaciones ionizantes. Desde el espacio la tierra es bombardeada por radiación electromagnética de muy alta energía (rayos cósmicos), rayos γ , X, ultravioleta, microondas, radiofrecuencia, etc. y partículas de alta energía (protones, neutrones, etc)



En la tierra los elementos radiactivos están desde sus comienzos, como por ejemplo el Radón 220 (decaimiento del torio 232) y 222 (decaimiento del U238) que es un gas disuelto en el agua o que emana del suelo, Potasio 40, Rubidio 87 y las series del Uranio 238 y del Torio 232

Potasio 40
(paredes)



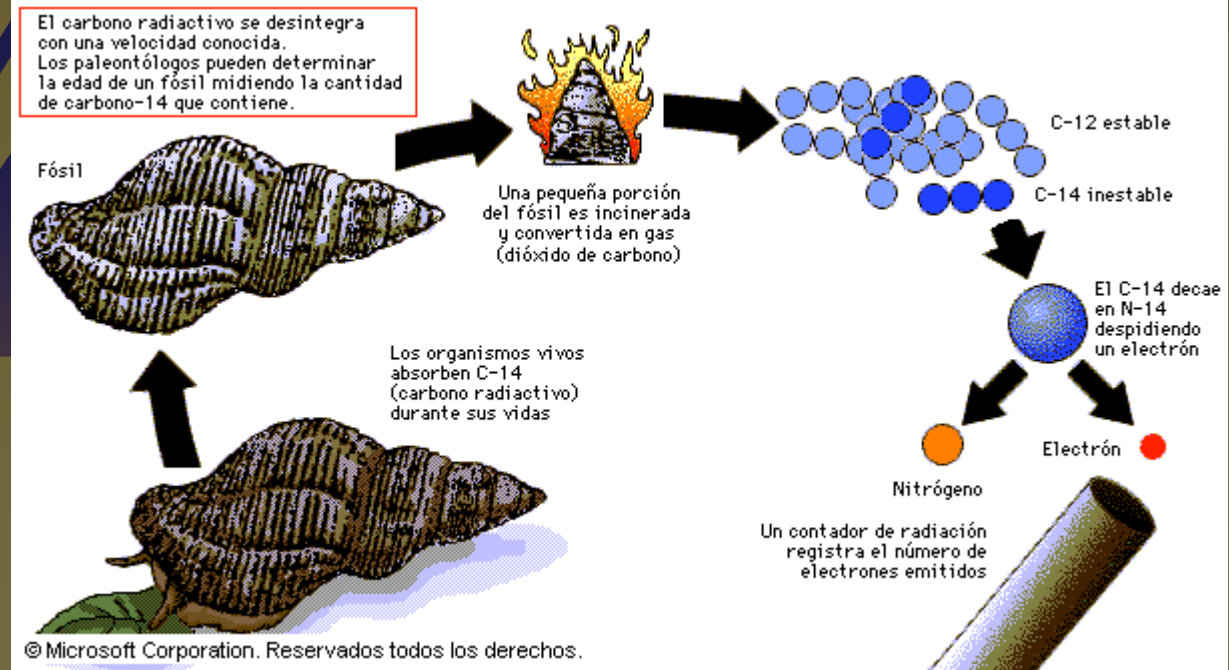
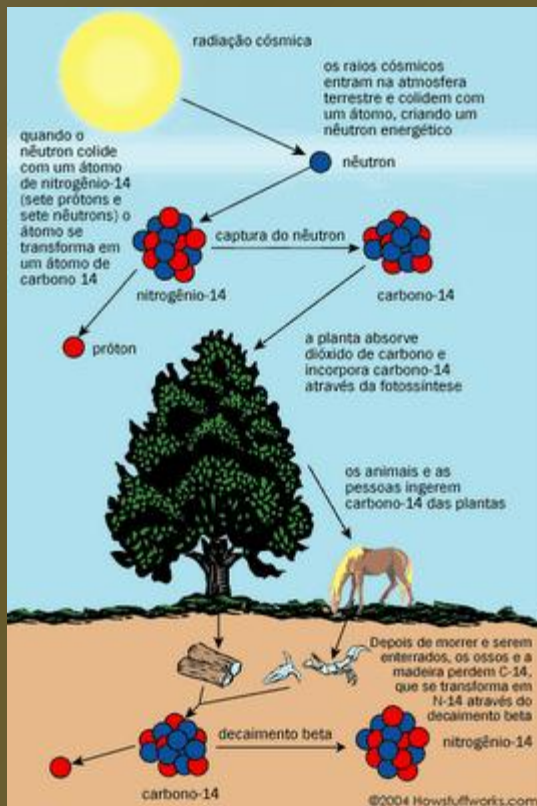
Radón 220
y 222
(suelo)

En los materiales de construcción (morteros, maderas, aislantes, cerámicas, granito, lajas, etc).

Radiación Natural de fondo

Los seres vivos somos radiactivos.

Nuestros propios cuerpos son levemente radiactivos.



Radiación Natural de fondo

Los niveles de radiación natural varían con la ubicación geográfica y la altura debido a la concentración de materiales radiactivos (zonas aledañas a yacimientos de materiales radiactivos) y la protección atmosférica a los rayos cósmicos (a mas altura menor protección, los vuelos en avión están mas expuestos).

El sol es una gran fuente radiactiva.

Radiación Natural de fondo

La radiación ionizante puede romper moléculas de las células y matarlas, o modificar su ADN, con lo cual, si pueden llegar a reproducirse lo harán probablemente con alguna mutación.

Como los seres vivos nos desarrollamos en un ambiente levemente radiactivo, estamos adaptados y toleramos estos niveles bajos. Pero a niveles mas altos, los daños sobrepasan los mecanismos de regeneración.

Es lo que ocurre por ejemplo en nuestra piel con los rayos ultra violeta (UV) cuando nos exponemos al sol del medio día con la protección de la capa de ozono disminuida.

Reacciones Nucleares

Fueron observadas por Rutherford en 1919



Reacciones

Nucleares

Energía de reacción:

$$Q = (M_a + M_x - M_y - M_b) \cdot c^2$$

$$Q > 0 \Rightarrow \textit{exotérmica}$$

$$Q < 0 \Rightarrow \textit{endotérmica}$$

Reacciones

Nucleares

- Obedecen a la ley de conservación del momento lineal
- La carga total y el número de nucleones se conserva

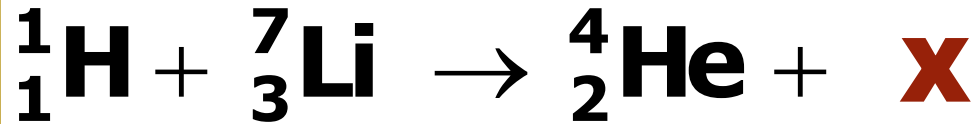


Nucleones: $1 + 19 = 20 = 16 + 4$

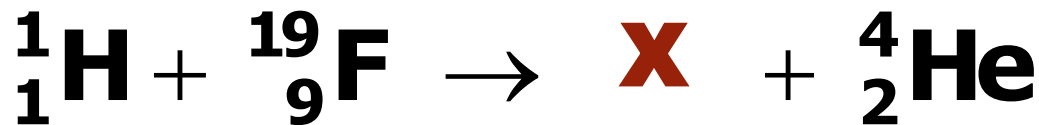
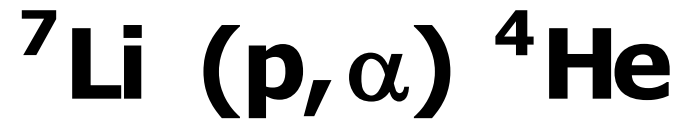
Carga total : $Z = 10$

Reacciones Nucleares

Ej:



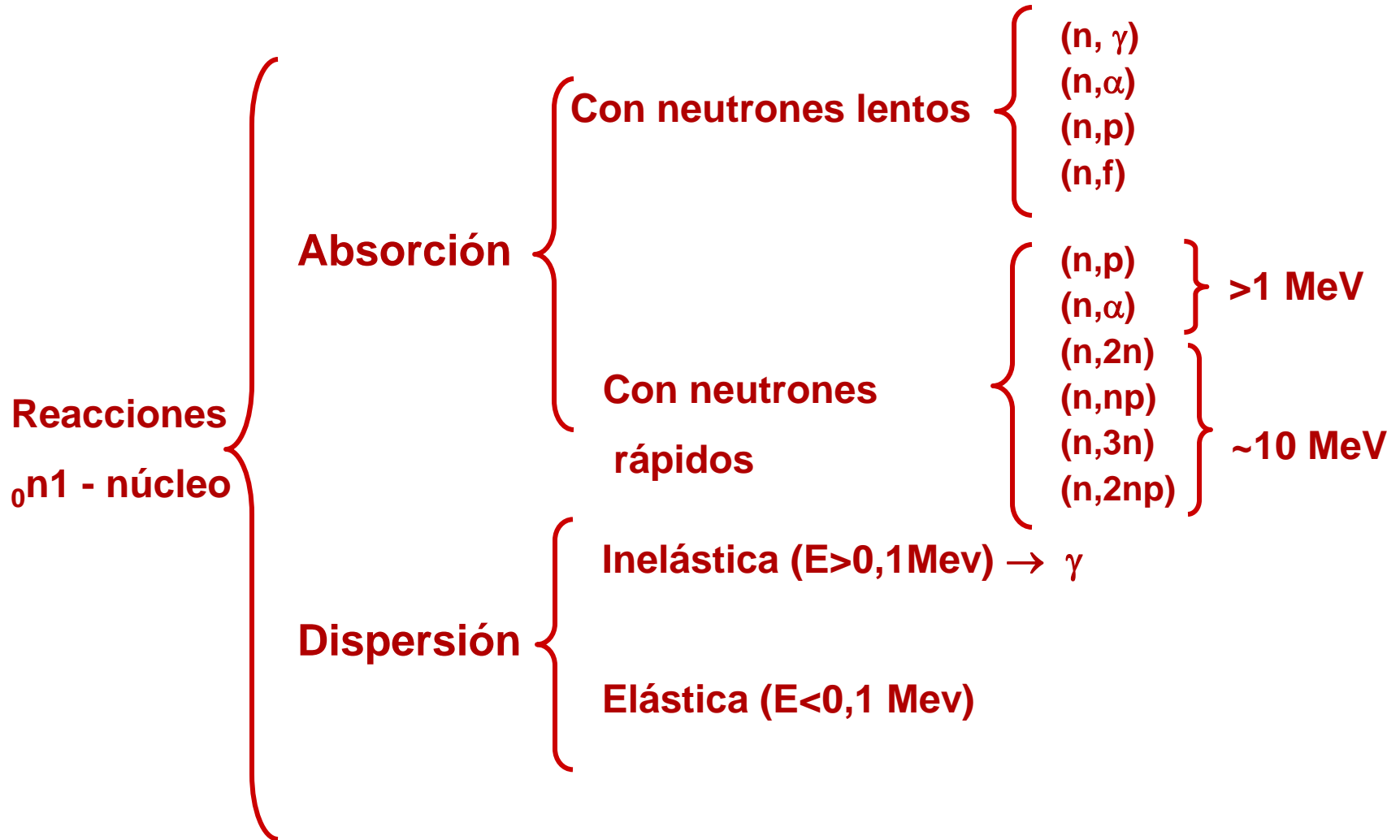
(17,3 MeV)



(8,124 MeV)

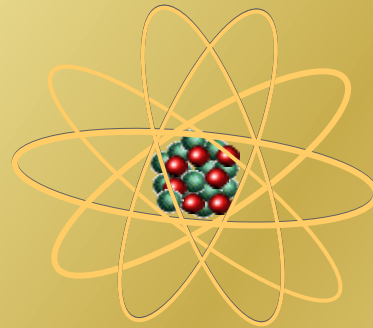


Reacciones Neutrónicas

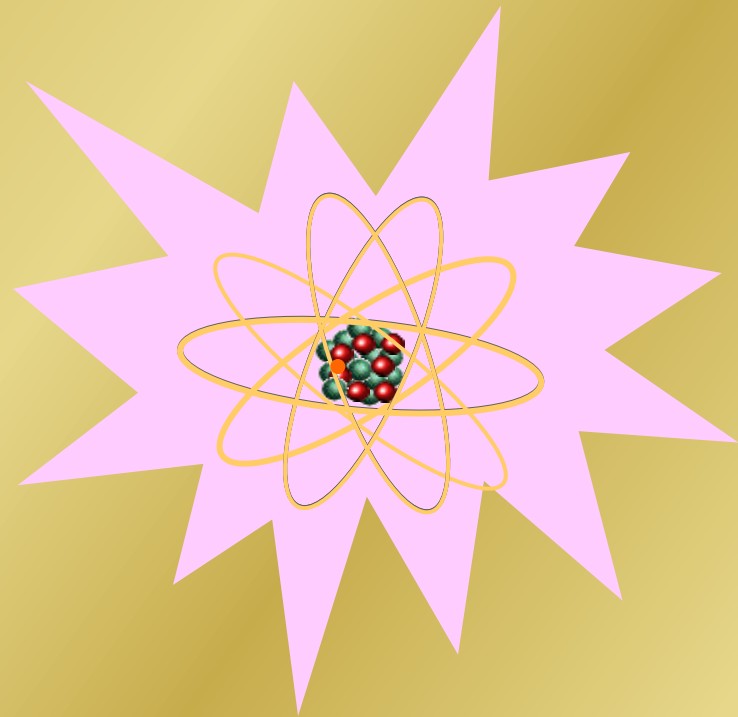


La fisión

Se produce cuando un neutrón (con la energía adecuada) se acerca a un átomo fisionable de los últimos de la tabla periódica.



El neutrón es capturado por el núcleo que aumenta su número másico (A) en uno, quedando excitado



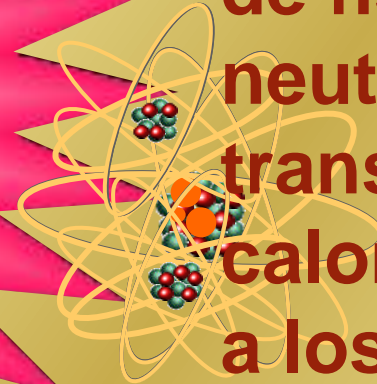
El núcleo se rompe en fragmentos más pequeños (productos de fisión) y se liberan neutrones de alta energía.



Fragmento liviano

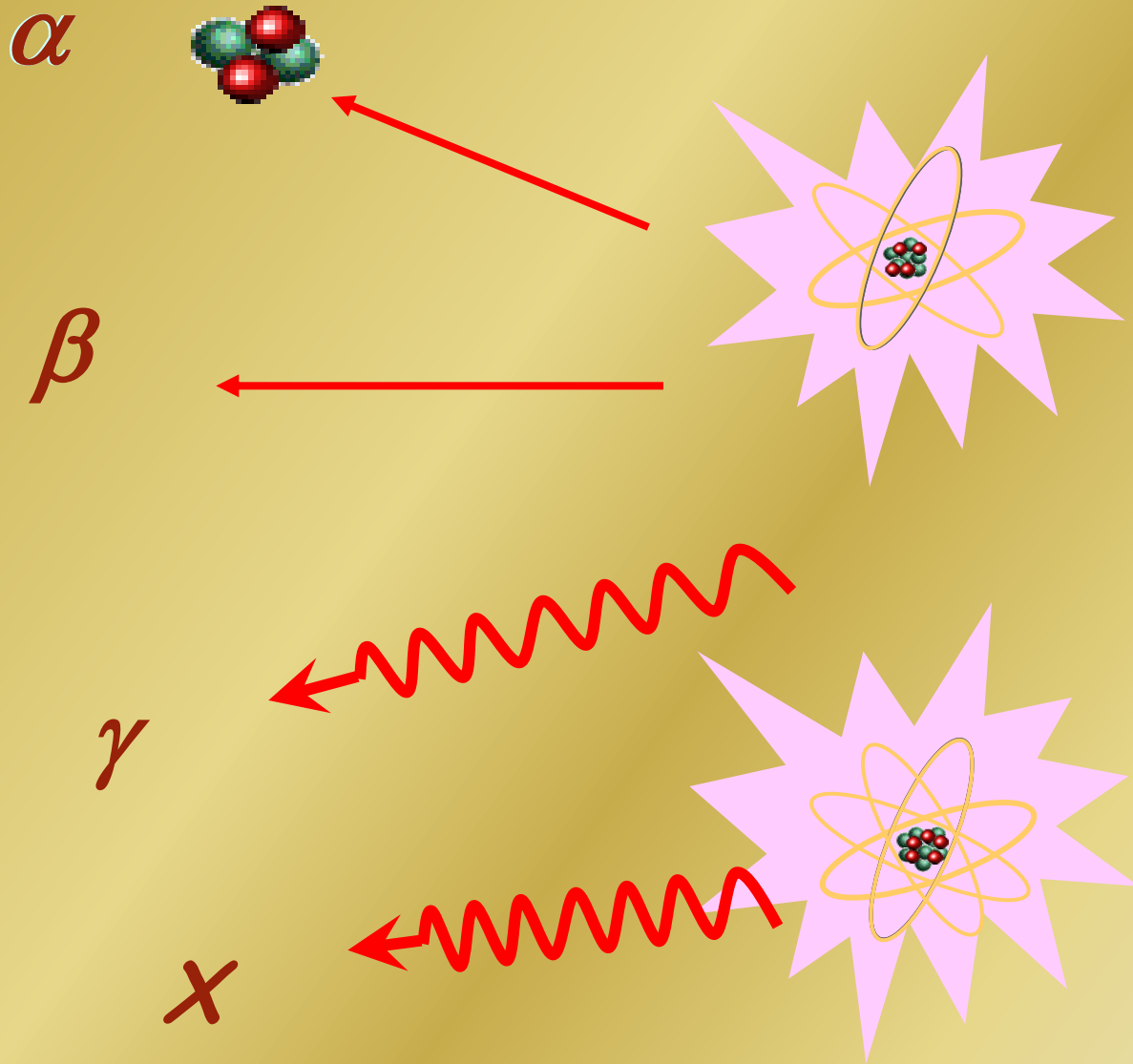
Neutrones instantáneos

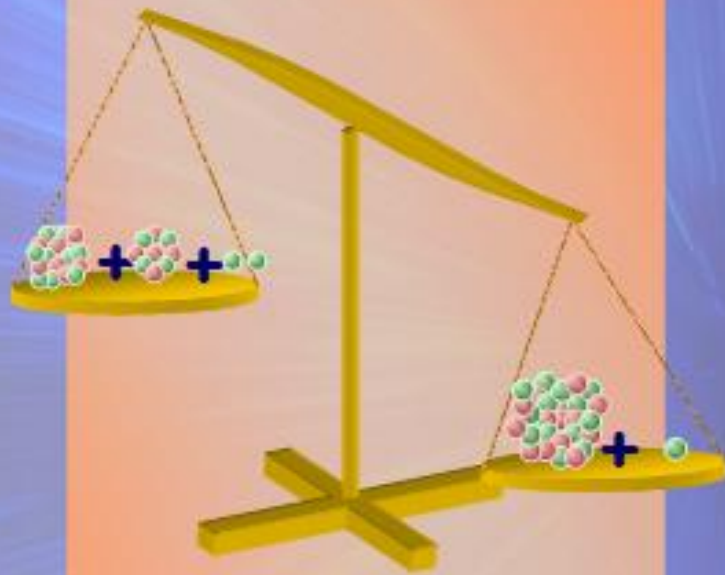
Fragmento pesado



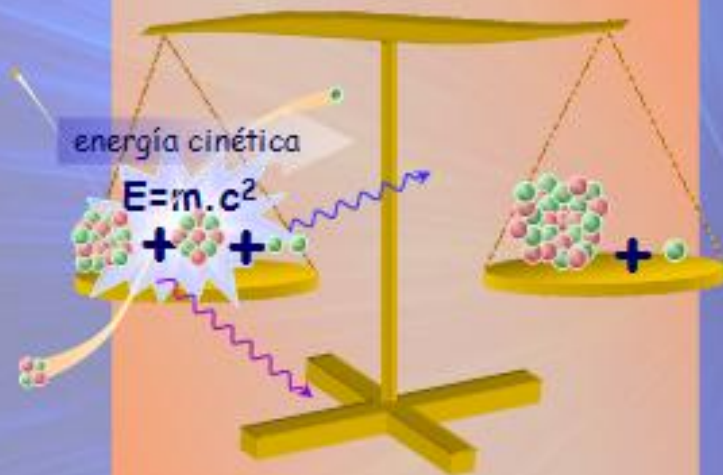
La energía cinética de los fragmentos de fisión y los neutrones se transforma en calor debido a los choques con átomos vecinos.

Los nuevos núcleos excitados decaen liberando energía en forma de radiación α , β , γ y neutrones (retardados)





La suma de las masas, del núcleo más el neutrón, es mayor que la suma de las masas de los productos de la fisión.



La cantidad de masa faltante es equivalente a la cantidad de energía liberada en la fisión.

$$E = m \cdot c^2$$

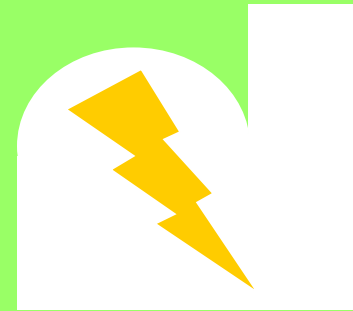
La reacción en cadena

Video

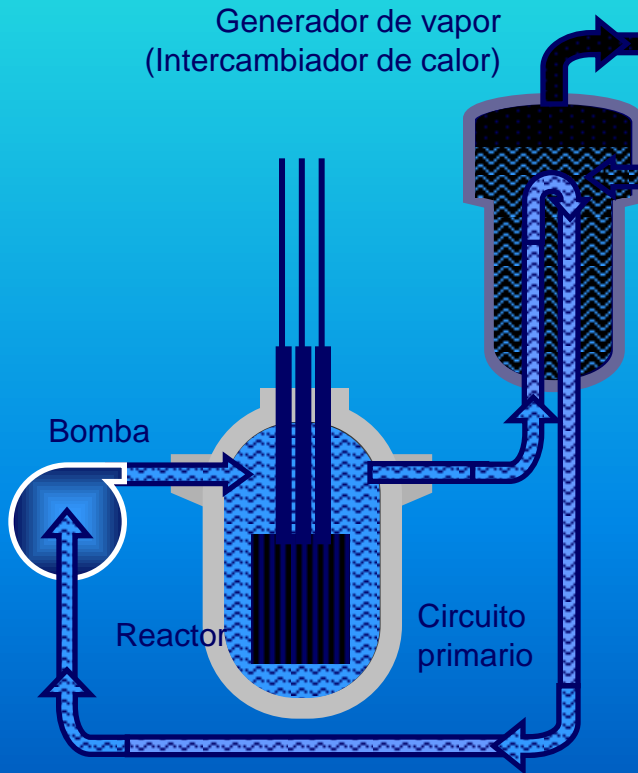
***Usos de la
Energía
Atómica***

El calor de las reacciones nucleares

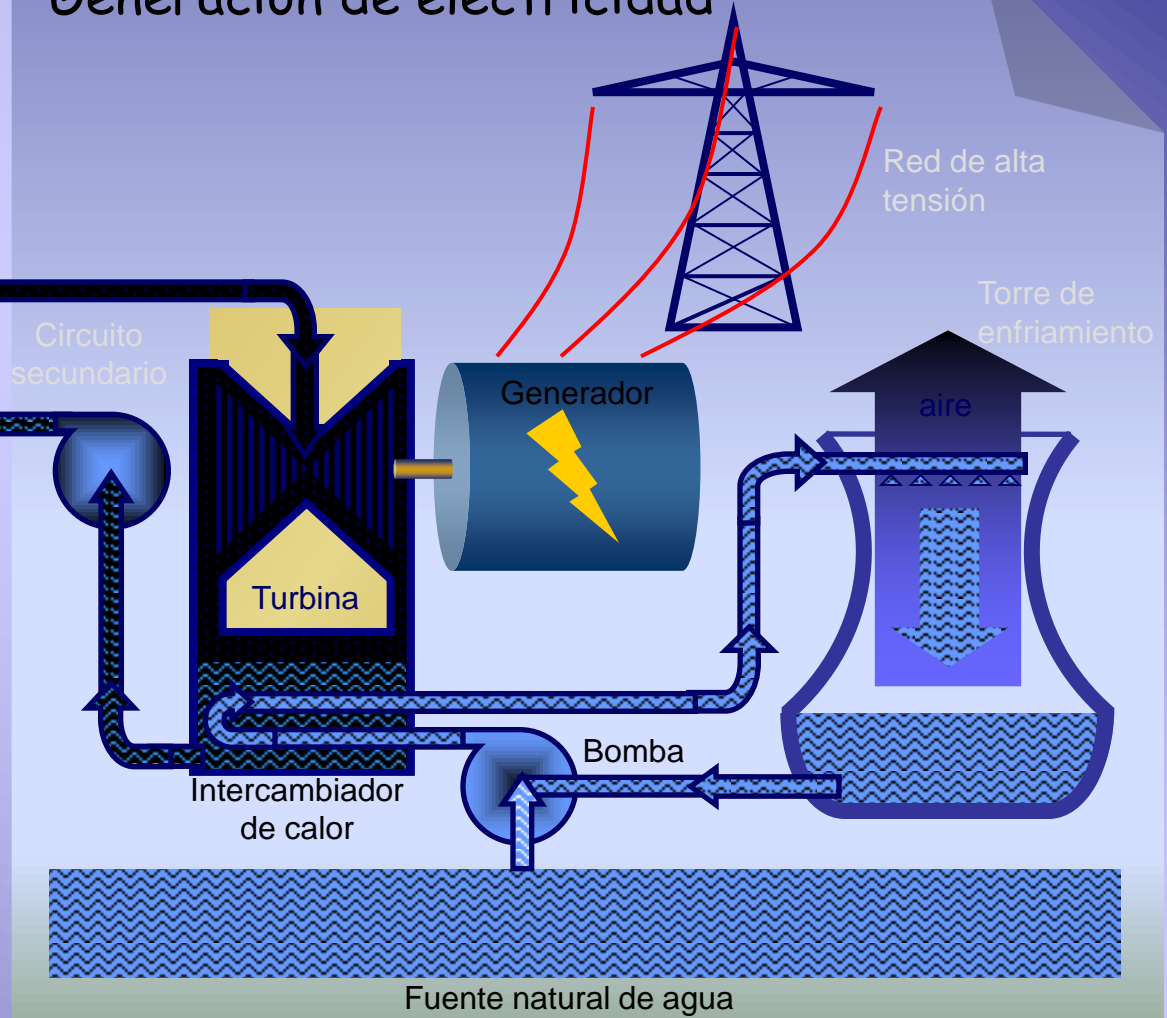
Con el calor liberado en las reacciones nucleares se genera vapor de agua para mover turbinas que accionan generadores de energía eléctrica en centrales nucleares, barcos y submarinos.



Reactor nuclear



Generación de electricidad

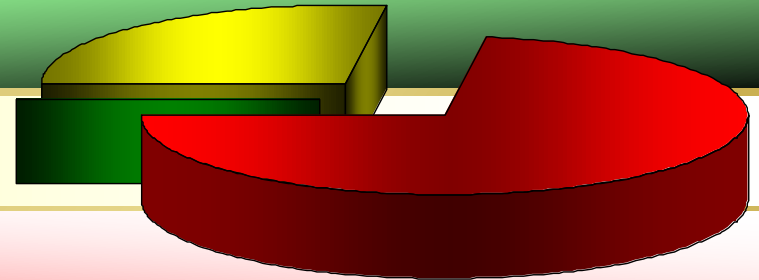


Para la producción de 164.000 Kw./h se necesitan:

Uranio natural 1 Kg.

Fuel oil 41.000 Kg.

Carbón 109.333 Kg.



La cantidad de contaminantes y residuos es proporcional a la cantidad de combustible quemado.

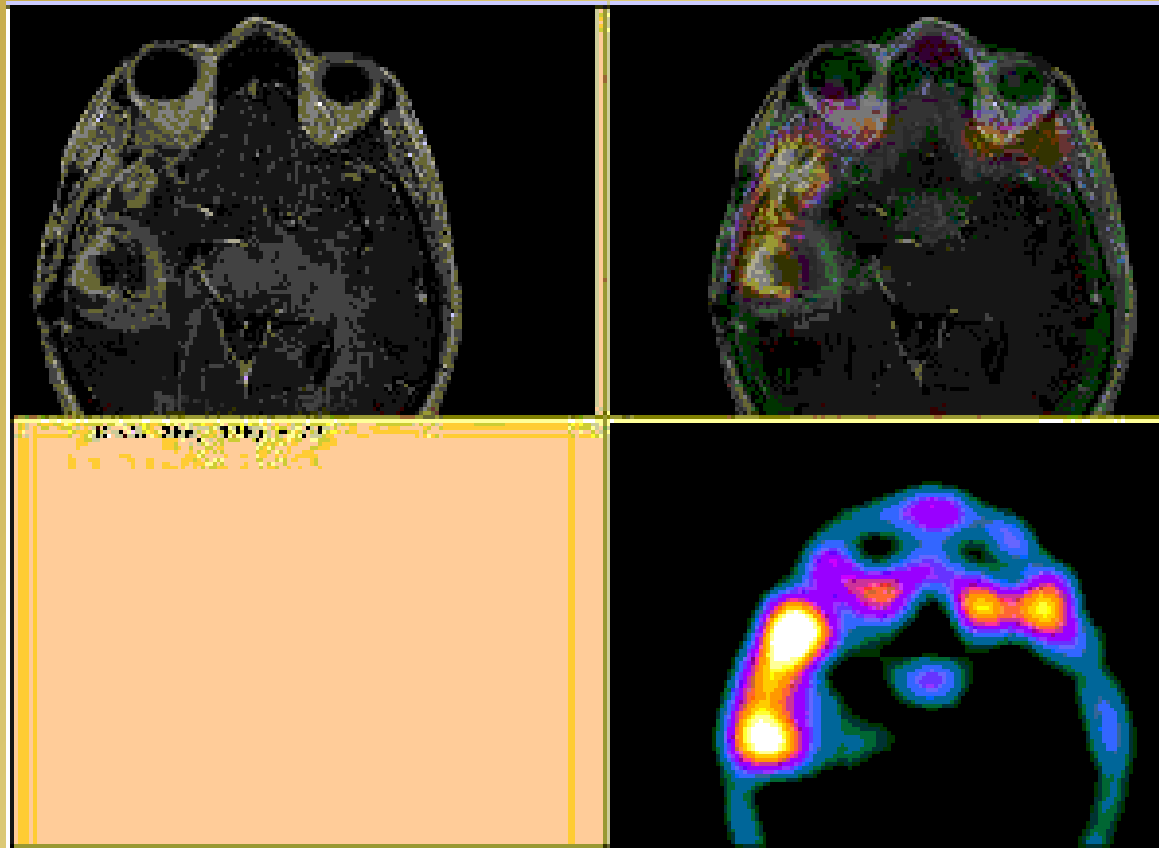
Los residuos nucleares quedan confinados dentro del elemento combustible, gran parte de ellos, luego de ser reprocesados se utilizan nuevamente.

Las cenizas y los gases generados por la combustión de combustibles fósiles, que son liberados a la atmósfera, contienen radionucleidos.

APLICACIONES DE RADIOISÓTOPOS Y RADIACIONES

- ⦿ **MEDICINA**
- ⦿ **AGRONOMÍA**
- ⦿ **INDUSTRIA**
- ⦿ **APLICACIONES TECNOLÓGICAS**
- ⦿ **CONSERVACION DE ALIMENTOS**
- ⦿ **ARQUEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA**
- ⦿ **HIDROLOGÍA**
- ⦿ **INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA**

Ejemplo de Diagnóstico por Imágenes



Lesión tumoral recurrente. Tumor de alto grado con hipercaptación

CENTELLÓGRAFO



TOMÓGRAFO POR EMISIÓN DE POSITRONES (PET)



EQUIPOS DE RAYOS X



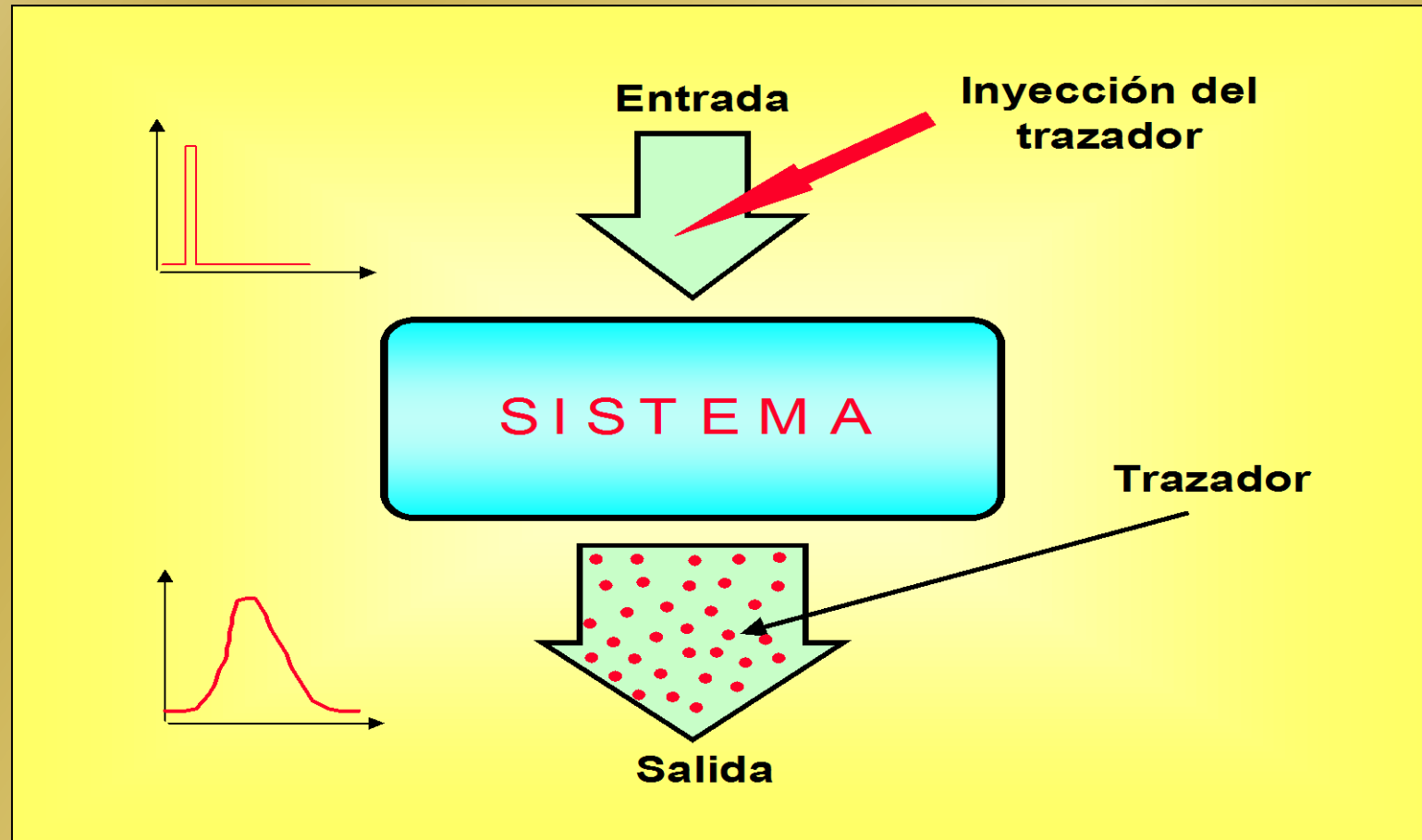
Aplicaciones en Industria

Estudio de procesos

Instrumentos de medición y control

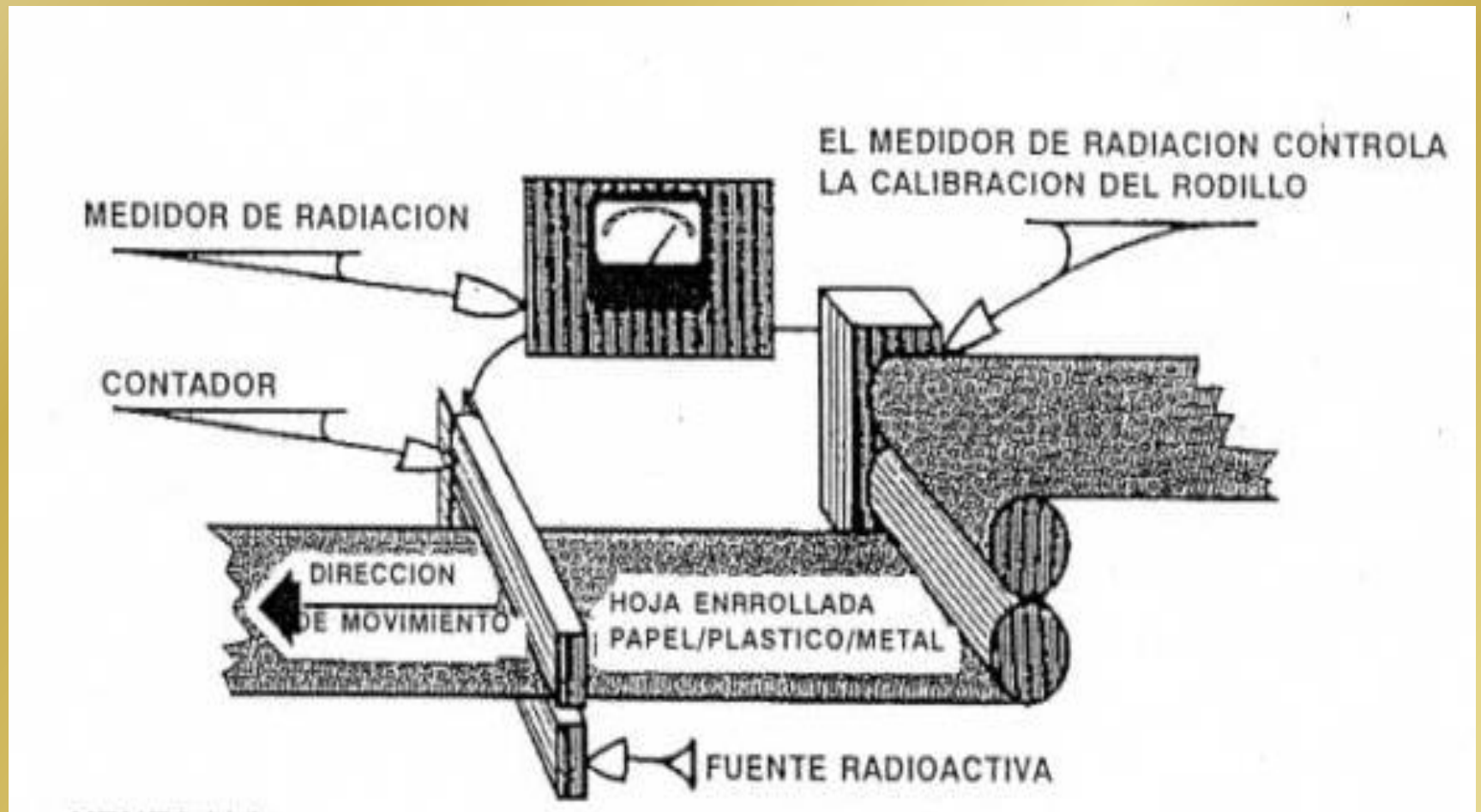
Modificación y generación de nuevos materiales

Esquema de Estudio de Procesos



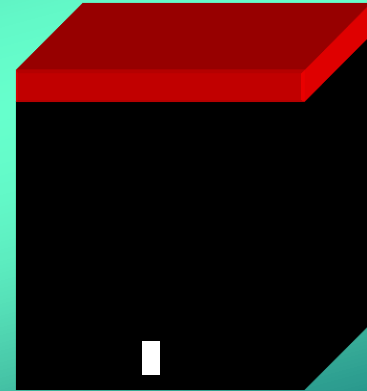
Procesos: cerrados (mezcla por tandas, recirculación de productos) o continuos (circulación de fluidos)

Medición de Espesor



Radiación γ (gama) Control de plagas.

- Se irradian distintos componentes de las colmenas para el control de parásitos.



- Inspección radiográfica de componentes diversos. Industria pesada, liviana y obras de arte.



Radiación γ (gamma) Control de plagas.



● **Técnica del Insecto Estéril.** Se esterilizan por radiación gama a crisálidas de la especie a controlar, soltándolas en su hábitat natural. Los adultos estériles, al copular con especímenes de la plaga disminuyen progresivamente el crecimiento vegetativo. Mediante aplicaciones sucesivas se logra controlar la población sin contaminar cultivos, suelos, napas, ríos, aire y sin afectar a otras especies o a sus depredadores naturales como sucede con los plaguicidas químicos.

Radiación γ (gama)

● Conservación de alimentos.



Radiación γ (gama)

● Conservación de alimentos.

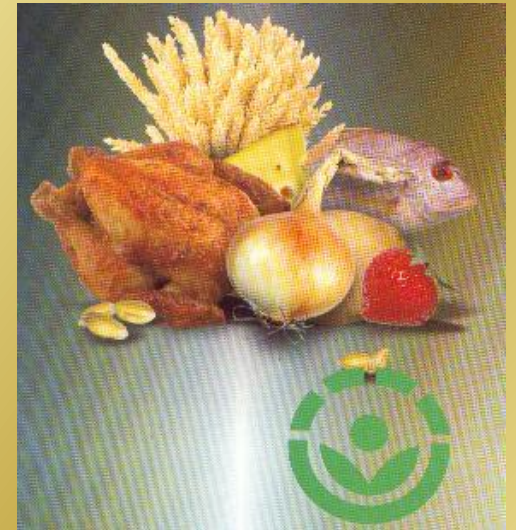
El uso de las radiaciones ionizantes para la conservación de alimentos tiene ya varios años de aplicación en el mundo. Las dosis de tratamiento varían de acuerdo con el producto y el objetivo buscado.

- Dosis bajas: inhiben la brotación, controlan la presencia de insectos y la infestación con parásitos, retrasan la maduración.**
- Dosis medias: pasteurizan en frío, reducen la carga microbiana, prolongan la vida útil.**
- Dosis altas: esterilizan, eliminan virus.**

Ventajas: No contamina el medio ambiente, no afecta el valor nutritivo ni la digestibilidad del alimento, no modifica las características sensoriales, no genera residuos, provee resultados inmediatos, asegura la calidad higiénico-sanitaria. Permite el tratamiento en el envase final sellado.

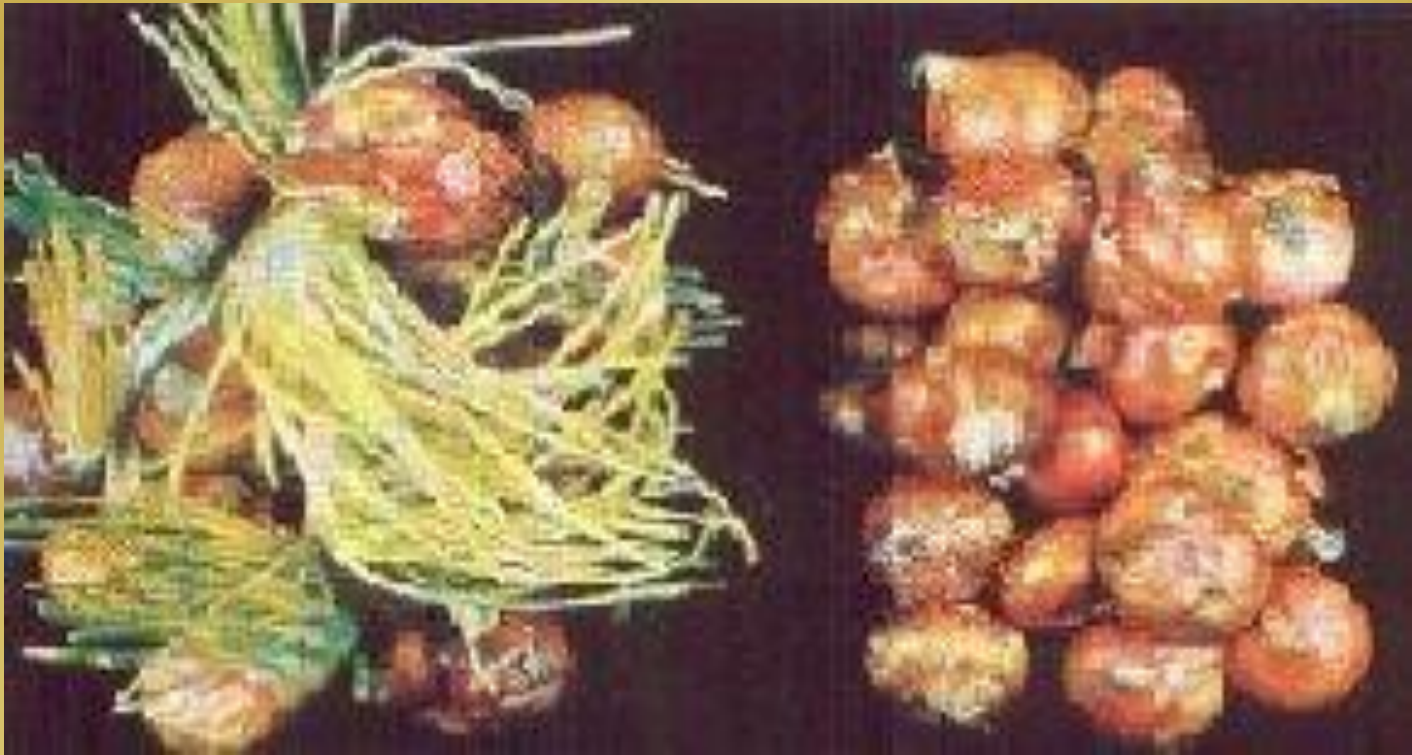
Radiopreservación de alimentos

- **RADIOINHIBICIÓN**
- **RADIODESINFECCIÓN**
- **RADIODESINFESTACIÓN**
- **RADIOPASTEURIZACIÓN**
- **RADIOESTERILIZACIÓN**
- **MEJORA DE PRODUCTOS**



Radiopreservación de alimentos

Ejemplo: Cebollas



Radiopreservación de alimentos

Ejemplo : Frutillas



Sin irradiar



Irradiadas

MEJORA DE PRODUCTOS



Tubérculos y raíces : ñame



Cultivo de tejidos in vitro



Mutante de Manzana



Alga *Azolla*



Mutante de Arroz

*Esto ha sido todo
estimados alumnos.
Hasta la próxima clase*

