

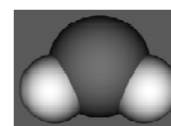
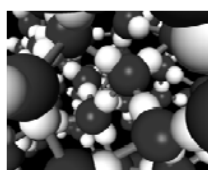


Radiaciones ionizantes

Carlos Sainz

El desarrollo histórico y reciente de la Física,
la Química y la Tecnología, y del conocimiento escolar
MASTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Estructura de la materia



ELECTRÓN

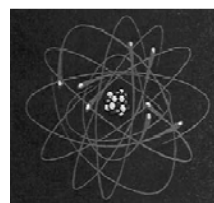
$m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $q = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

PROTÓN

$m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = +e$

NEUTRÓN

$m = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
 $q = 0$



10^{-10} m
 $Q = 0$

$$m_p \approx m_n \approx 1836 \cdot m_e$$

Estructura de la materia

NÚMERO ATÓMICO (Z) → Comportamiento químico
Nº PROTONES

NÚMERO MÁSCICO (A)
Nº PROTONES + Nº NEUTRONES

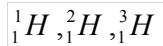


Nomenclatura nuclear

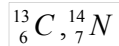
NÚMERO NEUTRONES (N)
 $N = A - Z$

Tipos de nucleidos

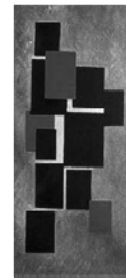
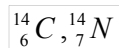
Isótopos (Igual Z, diferente A)



Isótonos (Igual N, diferente Z)



Isóbaros (Igual A, diferente N y Z)



Estructura de la materia

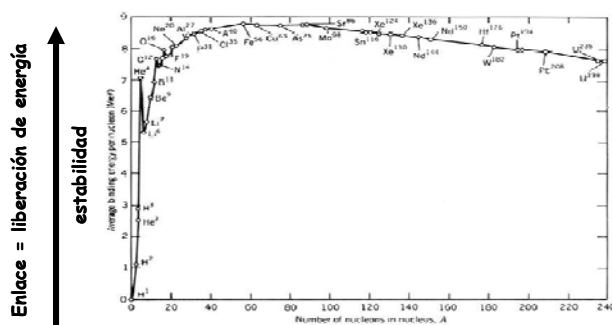
Núcleo atómico

Nucleones unidos por interacción fuerte

Defecto de masa
o
energía de enlace

$$M < \sum_i m_i \Rightarrow \left(\sum_i m_i - M \right) \cdot c^2 \text{ MeV}$$

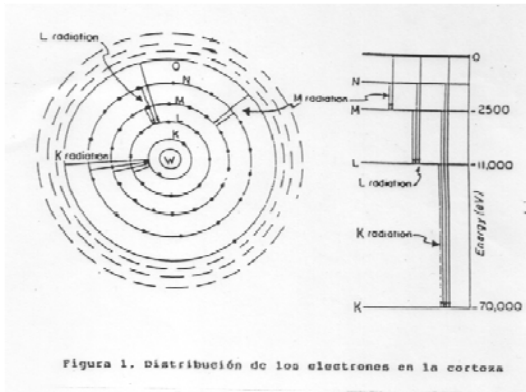
Energía de enlace por nucleón



Estructura de la materia

Corteza electrónica

Electrones unidos por interacción electromagnética



Corteza --- Comportamiento químico

Niveles de energía: K, L, M, N...
 $n = 1, 2, 3, 4...$

número de e por capa: $2n^2$

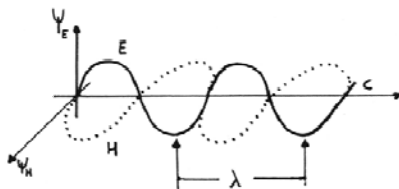
ENERGÍA DE ENLACE

$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Jul}$

(keV, MeV, GeV...)

Radiación electromagnética

q estática ---- campo eléctrico E
 q móvil (cte) ---- campo E-M constante
 q móvil (variable) ---- campo E-M variable



$$v = \lambda \cdot \varphi$$

λ : longitud de onda (m)
 φ : frecuencia (Hz)

$$v_{\text{vacío}} = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{medio}} = c/n$$

Espectro electromagnético

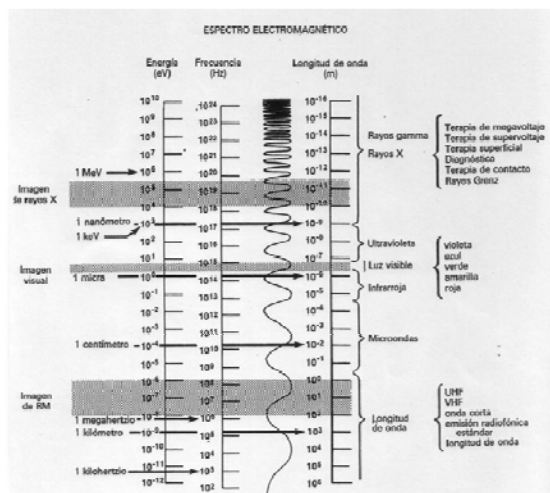


Fig. 4.6. El espectro electromagnético se extiende en más de 25 órdenes de magnitud. Esta gráfica muestra los valores de energía, frecuencia y longitud de onda, e identifica algunos valores y regiones comunes del espectro.

Planck, Einstein, 1900

FOTÓN

$m = 0$

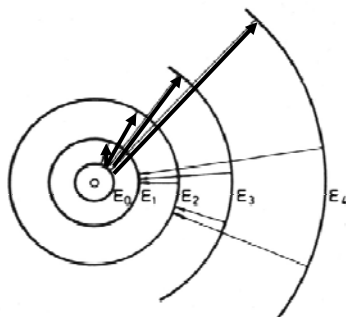
$q = 0$

$$E = h \cdot \varphi = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$$h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{ Jul/s}$$

Absorción/emisión de fotones

Energía de ligadura $E < 0$ --- E_0 (K) < E_1 (L) < E_2 (M) < ...



E_0 : nivel fundamental

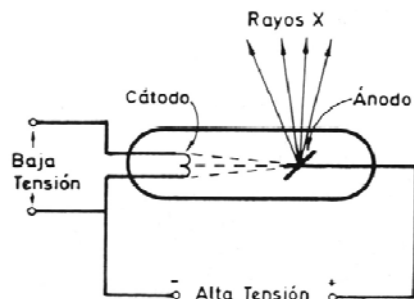
→ Absorción fotón (excitación)
→ Emisión fotón (desexcitación)

Fotón resultante del salto E_1/E_0

$$E = h \cdot \varphi = E_1 - E_0$$

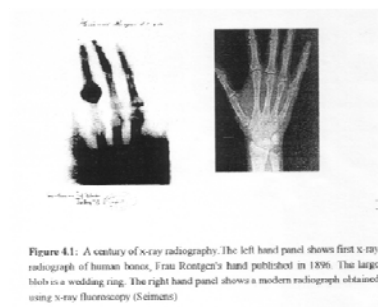
Aumento de Z
más capas
más transiciones posibles
Energías características

Rayos X



E del orden de keV
más penetrantes que la luz visible

RADIOGRAFÍAS



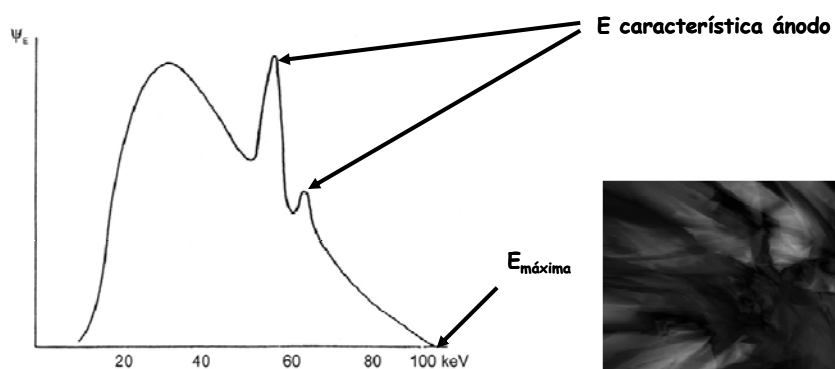
EMISIÓN RX

Frenado en el cátodo

Excitación líneas características

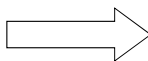
Rayos X

Espectro



Radiactividad

Elementos con $Z > 82$ (Pb)
núcleos inestables



Elementos radiactivos
radioisótopos o
radionucleidos

Transformación nuclear espontánea
Desintegración radiactiva
Emisión de radiación

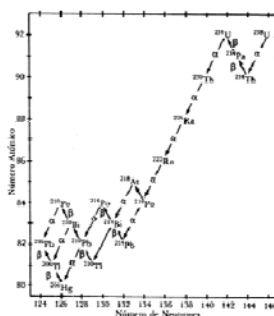
α , β , γ

Series radiactivas naturales

Uranio ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb}$ (estable)

Actinio ${}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{207}\text{Pb}$ (estable)

Torio ${}_{92}^{232}\text{Th} \rightarrow {}_{82}^{208}\text{Pb}$ (estable)



Radiactividad artificial

Elementos radiactivos procedentes
de reacciones nucleares
provocadas por el hombre

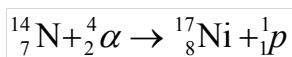


Partículas
nucleares
 α , n , p , iones : E >>

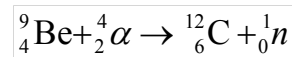
Bombardeo

Núcleo
estable

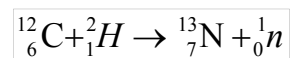
Isótopo
radiactivo
artificial



1ª reacción (Rutherford, 1919)
(alfas de ${}^{214}\text{Po}$)

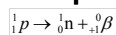


Fuente de neutrones
(alfas de ${}^{228}\text{Ra}$)

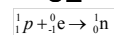


Iones acelerados

β^{+}

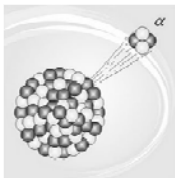


CE

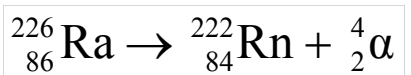
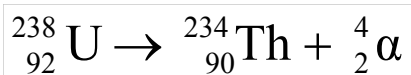
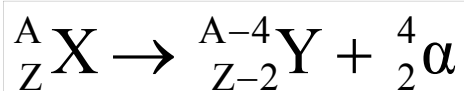


RX

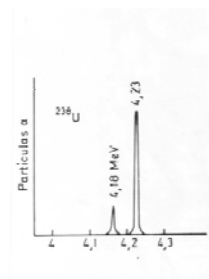
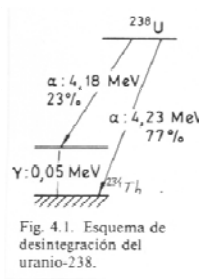
Desintegración α



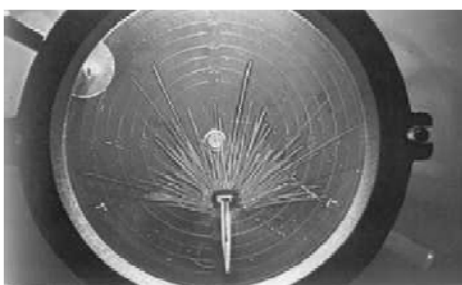
Núcleos de Helio
 $Z = 2 ; A = 4$



Energías bien definidas



Partículas α



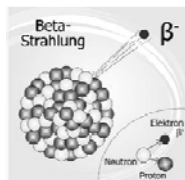
ALTA LET
trayectorias
rectas y cortas

ALCANCE
cm en aire
 μm en agua

¿BLINDAJE?

IRRADIACIÓN / CONTAMINACIÓN

Desintegración β



Electrones nucleares

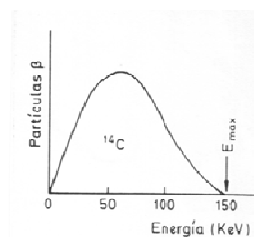
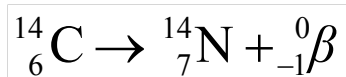
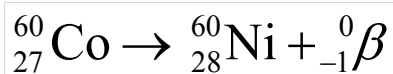
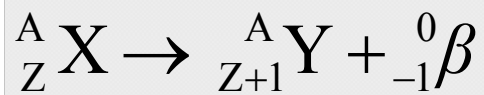


Fig. 4.3. Espectro energético de las partículas β del carbono-14

Espectro energético continuo

Partículas β

$LET_\beta \ll LET_\alpha$
100 pares/cm vs 30000 pares/cm
trayectorias sinuosas

ALCANCE
variable
m en aire
cm en agua

¿Blindaje de plomo?

$$\frac{B}{E} = \frac{Z \cdot E}{800 + Z}$$

Pérdidas por radiación de frenado
!!! EMISIÓN RX !!!
 $E_{\max} = 2 \text{ MeV}$
0.7 % en plástico
7 % en plomo

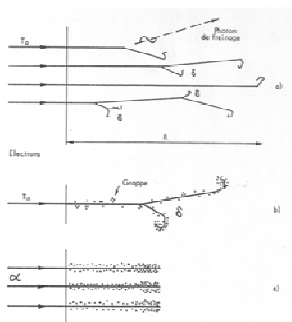
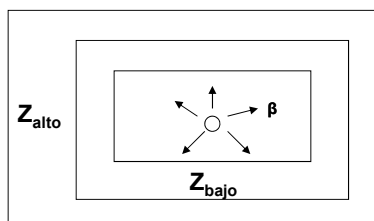


FIG. 12. — Trayectorias des électrons dans un milieu.
a) aspect général des trajectoires,
b) distribution des ionisations produites dans la matière,
c) pour comparaison — Trajectoires de particules α .
(La densité des ionisations est beaucoup plus élevée que ne le représente la figure et la longueur de la trajectoire des α est considérablement plus courte que celle des électrons).

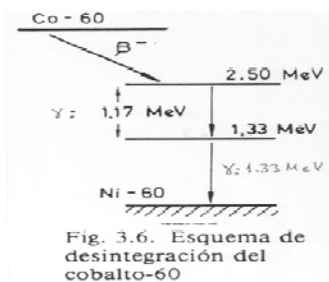
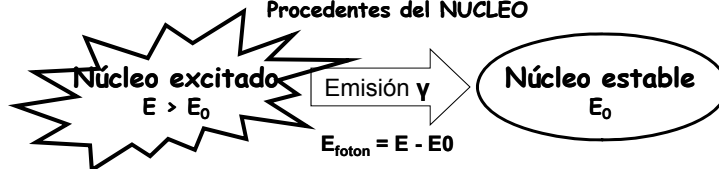


¿ β^+ ?

Rayos γ

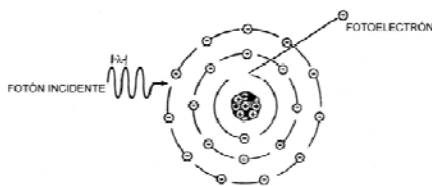
E (keV-MeV)

Más energéticos y penetrantes que los rayos X
Procedentes del NÚCLEO

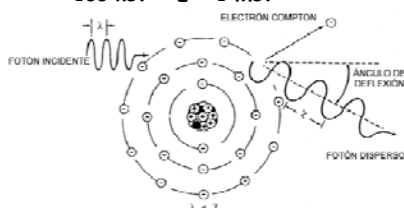


Radiación γ

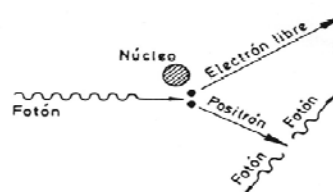
EFFECTO FOTOELÉCTRICO
 $E < 100$ keV



EFFECTO COMPTON
 100 keV $< E < 1$ MeV

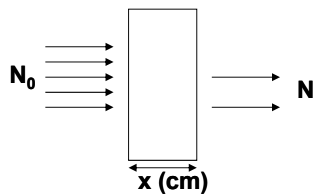


PRODUCCIÓN DE PARES
 1.02 MeV $< E < 10$ MeV



Radiación γ

Atenuación



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

μ (cm^{-1}): coeficiente de atenuación lineal
(depende del estado de agregación del absorbente)

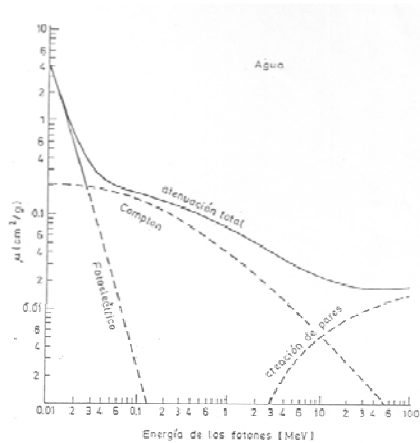
$$\mu = \mu_{\text{Foto}} + \mu_{\text{Comp}} + \mu_{\text{Pares}}$$

Espesor de semirreducción

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

$$N = N_0 \cdot e^{-\mu_m \cdot \rho \cdot x}$$

μ_m (cm^2/g) = μ/ρ : coeficiente de atenuación másico
(NO depende del estado de agregación del absorbente)



Radiación γ

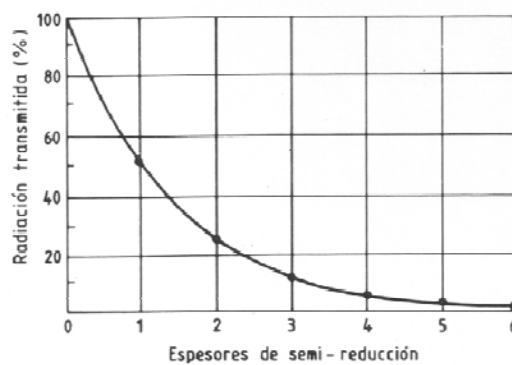


Fig. 5.5. Atenuación de radiación X o gamma por materia interpuesta.

Radiación γ

		HORMIGON	HIERRO	PLOMO
RADIACION X	50 kV	0.6	0.06	0.01
	100 kV	1.8	0.15	0.02
	150 kV	2.3	0.35	0.03
	200 kV	2.7	0.6	0.05
	250 kV	3.1	0.7	0.07
	300 kV	3.3	1.0	0.15
FUENTES	^{60}Co	6.6	2.2	1.6
	^{137}Cs	4.4	1.4	0.9
	^{192}Ir	3.7	1.1	0.3

Ley de la desintegración radiactiva

Número de núcleos radiactivos
que se desintegran por segundo

$$\Delta N = \lambda \cdot N \quad \text{con } \lambda (\text{s}^{-1})$$

Cte de desintegración
(específica de cada radioisótopo)

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

Periodo de semidesintegración

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

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

N_0 = nº de átomos radiactivos
inicialmente presentes

N = nº de átomos radiactivos
presentes al cabo de un tiempo t

λ = Constante de desintegración

Actividad A : nº de desintegraciones
por segundo que se producen en la
sustancia considerada

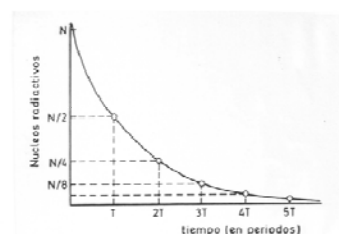


Fig. 4.4. Decrecimiento por desintegración de un radioisótopo.

