

FÍSICA  
NUCLEAR

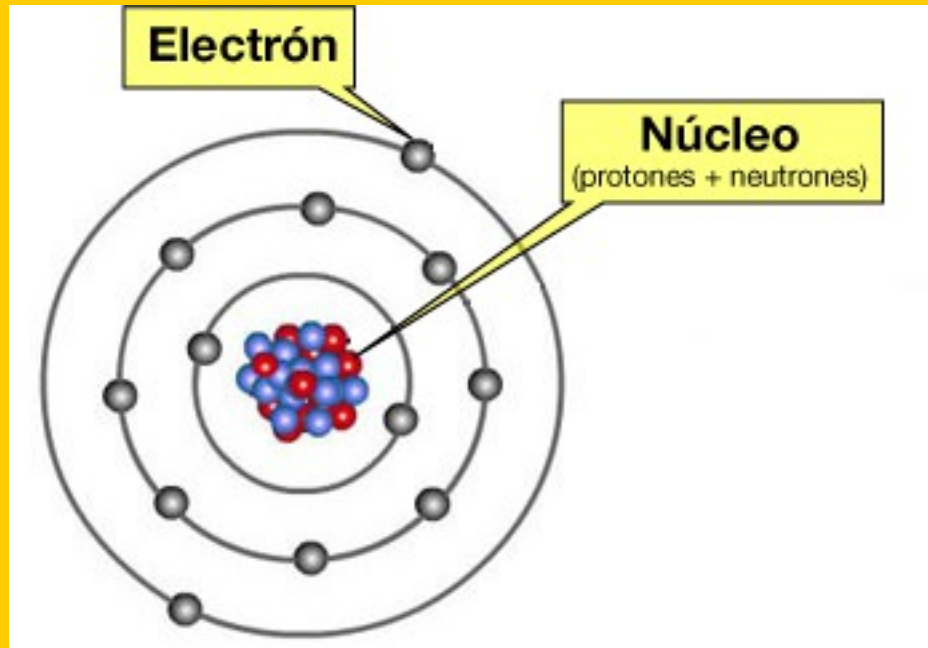
## Esquema

1. Introducción.
2. Radiactividad: tipos y leyes.
3. Estabilidad de los núcleos.
4. Ley de desintegración radiactiva.
5. Reacciones nucleares.
6. Método del carbono-14.
7. Problemas tipo.
8. Cuestiones tipo.

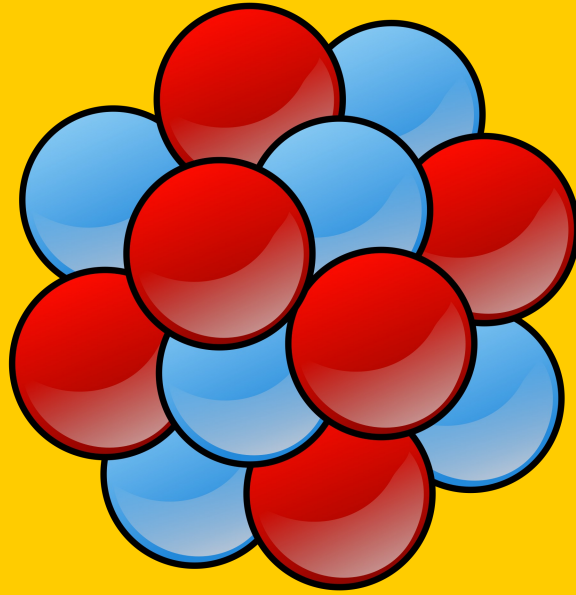
# **1. Introducción**



La física nuclear es la rama de la Física  
que estudia los núcleos atómicos  
y las partículas elementales



Los átomos están constituidos por núcleo y corteza. En el núcleo están los nucleones (neutrones y protones) y en la corteza giran a grandes distancias del núcleo los electrones.



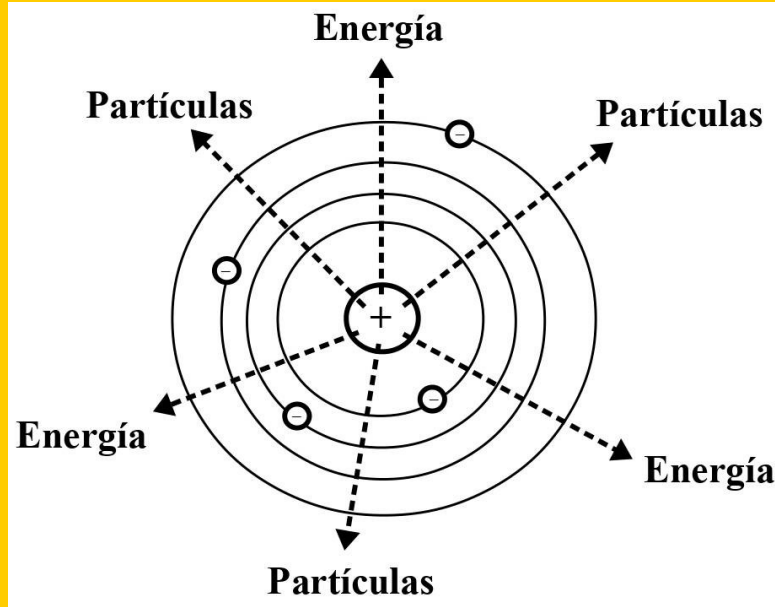
¿Por qué los protones pueden estar tan cerca unos de otros si se repelen?



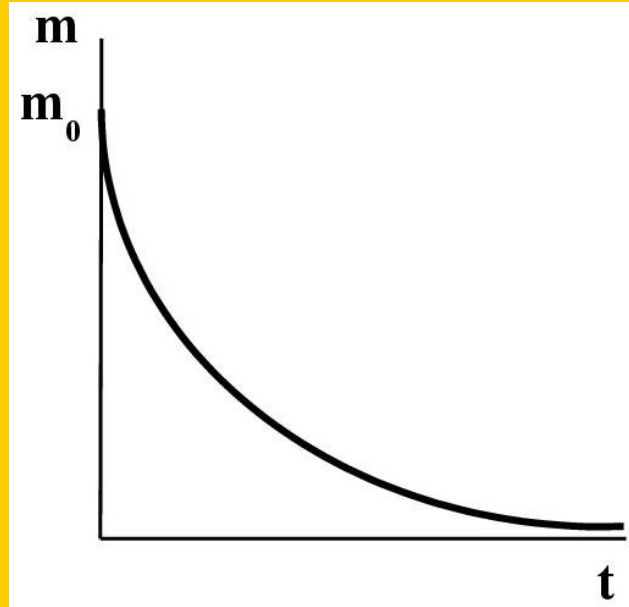
Porque en el núcleo existe una fuerza mucho más poderosa que la fuerza electrostática: la interacción nuclear fuerte

- Un átomo puede representarse así:  $\frac{A}{Z}X$
- Z es el número atómico, el número de protones.
- A es el número másico, el número de partículas en el núcleo (nucleones).
- Los isótopos son los átomos que tienen igual valor de Z y distinto valor de A.
- Casi todos los elementos tienen isótopos.
- Ejemplo: isótopos del H:  $\frac{1}{1}H$  ,  $\frac{2}{1}H$  y  $\frac{3}{1}H$  .
- Isótopos del O: ,  $\frac{16}{8}O$  ,  $\frac{17}{8}O$  y  $\frac{18}{8}O$  .
- Un tipo importante de isótopos es los isótopos radiactivos.

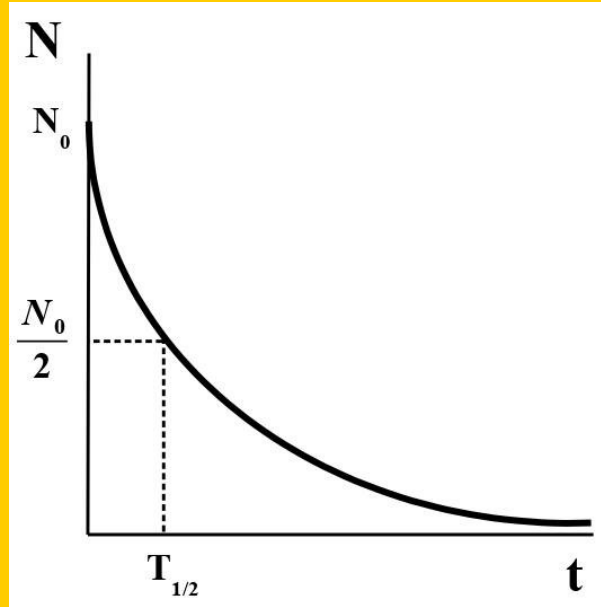




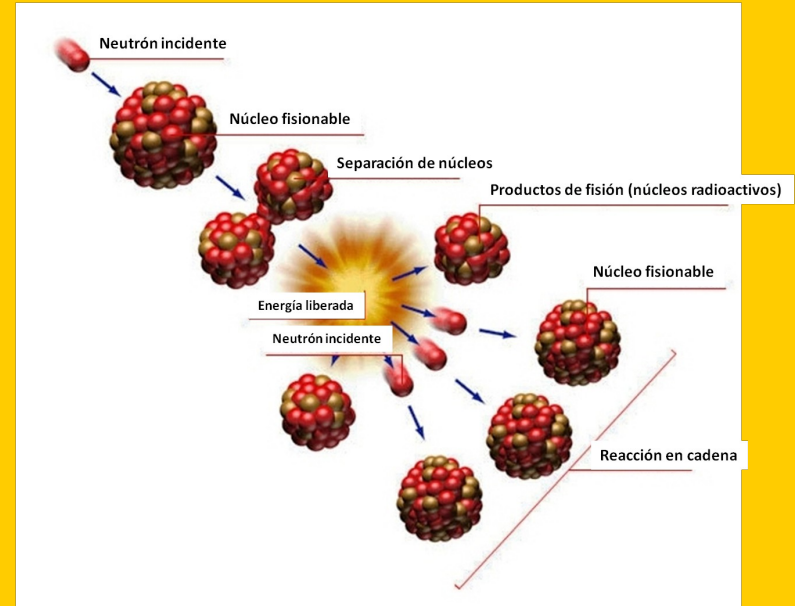
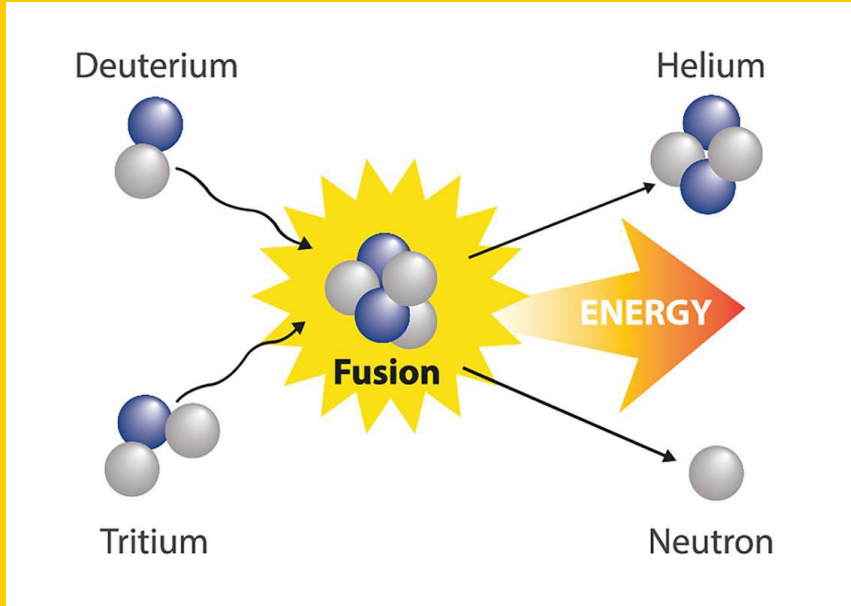
- La radiactividad es el fenómeno mediante el cual ciertos núcleos emiten partículas elementales y energía.
- La radiactividad puede ser natural o artificial.



- Cuando un isótopo radiactivo emite radiación, va perdiendo masa con el tiempo.
- Se llama vida media al tiempo medio que tarda en desintegrarse un isótopo.



- Se llama período de semidesintegración al tiempo necesario para reducir a la mitad la masa inicial del isótopo.



- Las reacciones nucleares características son la fusión y la fisión.
- En la fusión, dos núcleos ligeros se unen para formar uno más pesado.
- En la fisión, un núcleo pesado se separa en dos más ligeros.

- Cuando un isótopo se desintegra, se convierte en otro, y este en otro, y este en otro y así sucesivamente. El conjunto de isótopos se llama familia radiactiva.
- Ejemplo: la familia radiactiva del uranio-238:



## **2. Radiactividad: tipos y leyes**

- Tipos de radiaciones o de radiactividad:

<b>Rayos</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Qué ocurre si se emite un rayo</b>	<b>Penetrabilidad</b>
Alfa ( $\alpha$ )	Núcleos de $\text{He}^{++}$	A baja 4 unidades y Z 2 unidades	Poca
Beta ( $\beta$ )	Electrones	A se queda igual y Z sube 1 unidad	Mediana
Gamma ( $\gamma$ )	Radiación electromagnética	A y Z se quedan igual	Alta

– Leyes de Soddy y Fajans:

a) Cuando un núcleo emite una partícula alfa, su número másico A disminuye 4 unidades y su número atómico disminuye 2 unidades.

Se transforma en un elemento situado dos lugares a la izquierda en la tabla periódica.

Ejemplo: si el  ${}_{88}^{226}Ra$  emite una partícula alfa, se convierte en  ${}_{86}^{222}Rn$ .

– b) Cuando un núcleo emite una partícula beta, su número másico permanece constante y su número atómico aumenta en una unidad. Se transforma en un elemento situado un lugar a la derecha en la tabla periódica.

Ejemplo: si el  ${}_{88}^{226}Ra$  emite una partícula beta, se convierte en  ${}_{89}^{226}Ra$ .



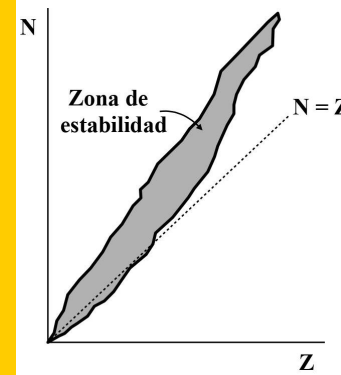
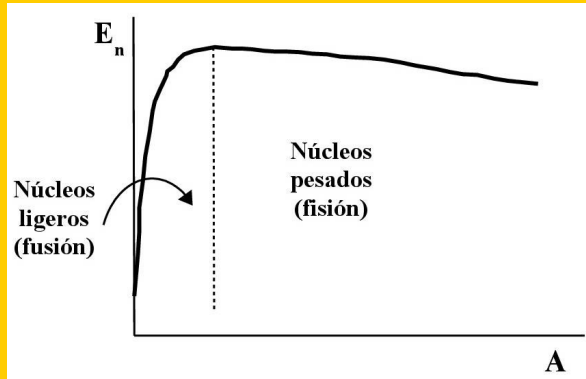
### **3. Estabilidad de los núcleos**

-El núcleo está constituido por protones y neutrones. Debido a la gran cantidad y a la proximidad de los protones, el núcleo debería ser inestable debido a las repulsiones electrostáticas entre protones. Sin embargo, existen unas fuerzas atractivas que le dan estabilidad al núcleo: la interacción nuclear fuerte entre protones y neutrones. Si las fuerzas atractivas son mayores que las fuerzas repulsivas, el núcleo es estable.

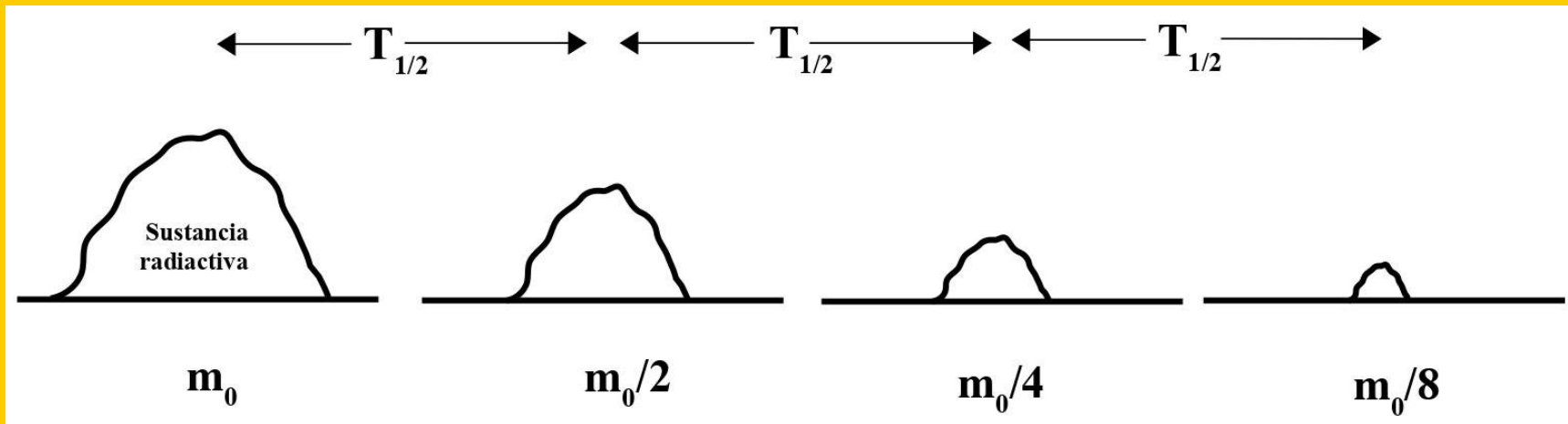
- En términos de energía, existe una energía que estabiliza al núcleo, que le da cohesión: es la energía de enlace por nucleón:  $E_n = \frac{E_e}{A}$

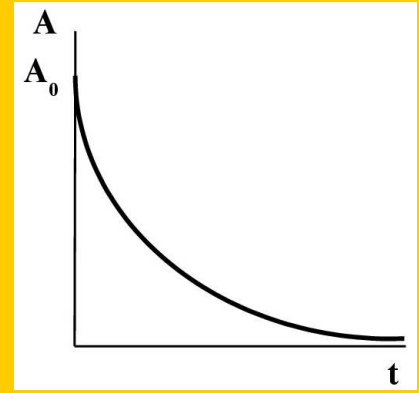
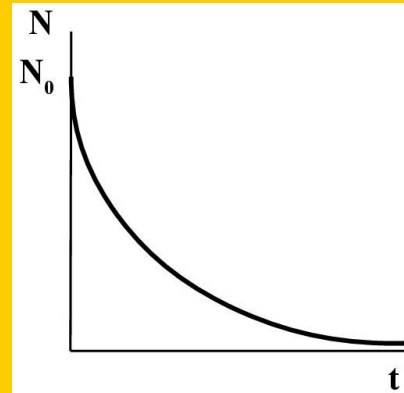
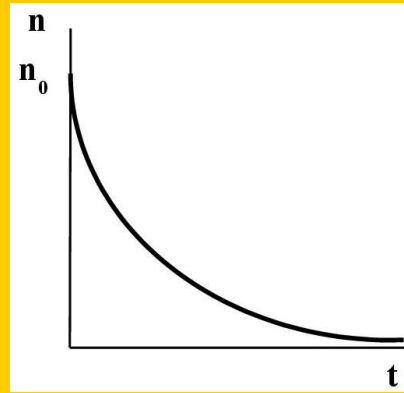
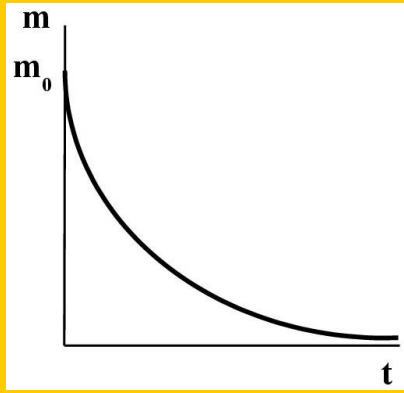
La energía de enlace,  $E_e$ , es la energía de enlace. Se obtiene mediante la ecuación de Einstein:  $E_e = |\Delta m| \cdot c^2$ , siendo  $\Delta m$  el defecto de masa, es decir, la diferencia entre la masa del núcleo y la suma de las masas de sus partículas constituyentes.

Se calcula así:  $\Delta m = m_{\text{núcleo}} - \sum m_{\text{partículas}}$ . La energía de enlace también puede interpretarse como la energía que hay que suministrar al núcleo para descomponerlo en sus partículas.



## **4. Ley de desintegración radiactiva**





Curvas de desintegración radiactiva

Ley de desintegración radiactiva:

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

siendo:

N: número de núcleos presentes en la muestra en un tiempo t.

$N_0$ : número de núcleos iniciales.

$\lambda$ : constante de desintegración ( $s^{-1}$ ).

t: tiempo transcurrido (s).

La radiactividad consiste en la emisión natural o artificial de energía y partículas por parte de ciertos núcleos inestables. El número de núcleos inestables que hay al principio es  $N_0$ .

Los que hay en un tiempo t son N. La constante de desintegración representa la probabilidad de que ocurra una desintegración por unidad de tiempo.

La ley de desintegración radiactiva también puede escribirse en forma diferencial:

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

El cociente  $-\frac{dN}{dt}$  se llama actividad, A, e indica la rapidez con la que se desintegra la muestra, es decir, el número de desintegraciones por segundo que ocurren en un instante. Se mide en becquerel:

$$1 \text{ Bq} = 1 \frac{\text{desintegración}}{\text{s}}$$

## **5. Reacciones nucleares**

- Son aquellas en las que están implicadas partículas elementales y núcleos atómicos.
- Las más características son: desintegración alfa, desintegración beta, emisión gamma, fusión y fisión.
- En las reacciones nucleares se cumple que se conservan A (el número másico) y Z (el número de protones).
- No es lo mismo emitir una partícula alfa o beta que bombardear con una partícula alfa o beta.
- Los símbolos de las principales partículas nucleares son:

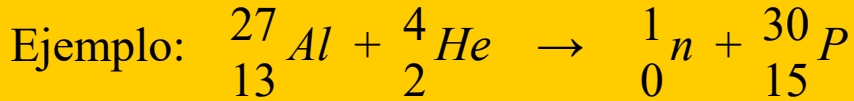
Partícula	Símbolo
Alfa	${}^4_2\text{He}$
Neutrón	${}^1_0n$
Protón	${}^1_1p$
Electrón	${}^1_{-1}e$



- Ejemplo de emisión de partícula alfa:  ${}_{26}^{54}\text{Fe} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{24}^{50}\text{Cr}$
- Ejemplo de bombardeo con partícula alfa:  ${}_{26}^{54}\text{Fe} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{26}^{56}\text{Fe} + {}_2^2\text{He}$
- Ejemplo de emisión de partícula beta:  ${}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_{-1}^0e + {}_5^9\text{B}$
- Ejemplo de bombardeo con neutrones:  ${}_7^{14}\text{N} + {}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_6^{14}\text{C}$
- Ejemplo de fusión nuclear:  ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n$
- Ejemplo de fisión nuclear:  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3 {}_0^1n$

Lo que más se pide en los problemas de reacciones nucleares es:

a) Completar la reacción. Tener en cuenta que se conservan A y Z.



b) Calcular la energía liberada:  $E = \Delta m \cdot c^2$

Ejemplo: para la reacción anterior:  $\Delta m = m_n + m_P - m_{\text{Al}} - m_{\text{He}}$

c) Calcular la energía de enlace:  $E_e = \Delta m \cdot c^2$  ;  $\Delta m = m_{\text{núcleo}} - m_{\text{partículas constituyentes}}$

Ejemplo: el  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  tiene 13 protones y 14 neutrones.

$$\Delta m = m_{\text{Al}} - 13 \cdot m_p - 14 \cdot m_n \rightarrow E_e = \Delta m \cdot c^2$$

d) Calcular la energía de enlace por nucleón:  $E_n = \frac{E_e}{A}$

Ejemplo: para el  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  sería:  $E_n = \frac{E_e}{14}$

## **6. Método del carbono-14**

Esta técnica está basada en la ley de desintegración de los isótopos radiactivos. El isótopo  $^{14}_6\text{C}$  es producido de forma continua en la atmósfera como consecuencia del bombardeo de átomos de nitrógeno por rayos cósmicos. Este isótopo creado es inestable y se transforma espontáneamente en nitrógeno  $^{14}_7\text{N}$ . Estos procesos de generación-degradación de  $^{14}_6\text{C}$  se encuentran prácticamente equilibrados, de manera que la proporción de los isótopos  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  es prácticamente constante en la atmósfera.

El proceso de fotosíntesis incorpora el átomo radiactivo a las plantas, de manera que la proporción  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  en éstas es similar a la atmosférica. Los animales herbívoros incorporan el carbono de las plantas y los carnívoros el carbono de los herbívoros. La proporción de estos isótopos también es igual a la atmosférica. Cuando un ser vivo muere, no se incorporan nuevos átomos de  $^{14}\text{C}$  a los tejidos, y la concentración del isótopo va decreciendo por desintegración radiactiva. Si hacemos un análisis isotópico de la muestra y aplicamos la ecuación:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ , podemos obtener la edad de la muestra.

## 7. Problemas tipo

- Ley de desintegración radiactiva:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  o bien:  $\text{Ln} \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t$
- Energía liberada en una reacción nuclear:  $E = \Delta m \cdot c^2$
- Qué núcleo es más estable: calcular  $E_n$ .
- Actividad de una muestra:  $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$

## **8. Cuestiones tipo**

- a) Estabilidad nuclear.
- b) Tipos de radiaciones.
- c) Leyes de Soddy y Fajans.
- d) Ley de desintegración radiactiva.
- e) Reacciones nucleares: fusión y fisión.
- f) Interacciones fundamentales de la naturaleza.