

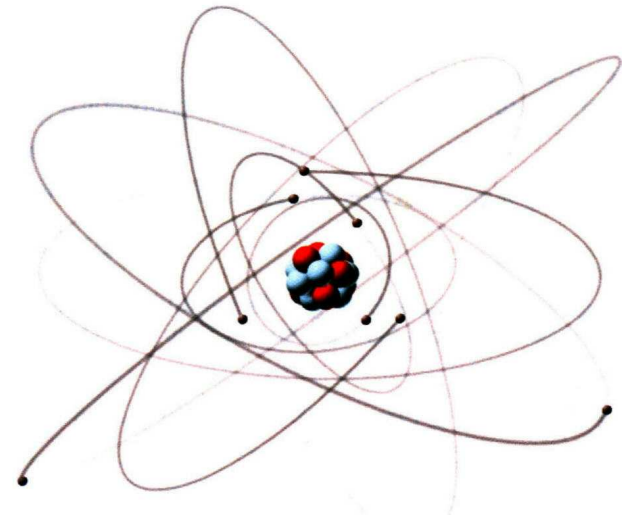
Radiactividad y Física Nuclear (I): Radiactividad Natural diferentes tipos de radiación

- 1896 : Becquerel descubre la Pechblenda(mineral de uranio), capaz de impresionar placas fotográficas en ausencia de luz solar.
 - A este tipo de radiación, denominada **RADIOACTIVIDAD NATURAL**, se debe el Nóbel de física que Becquerel compartió con Marie y Pierre Curie.
 - 1899: Rutherford, identificó dentro de esta Radiactividad Natural dos tipos a los que llamó Radiación α y Radiación β , en 1900 descubrió un tercer tipo que llamaron radiación γ
- Los rayos α , fueron identificados como átomos de helio pero con dos cargas eléctricas netas positivas , es decir, **NÚCLEOS DE HELIO**.
 - Los rayos β , fueron identificados como **ELECTRONES**, Becquerel inicialmente os llamó rayos **CATÓDICOS**. Su masa es de unas 8000 veces menor que la de los rayos α .
 - Los rayos γ : fueron identificados como **RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA**, muy parecida a los Rayos X pero con mayor energía.

Radiactividad y física Nuclear (II): Estructura interna del átomo

- Fueron Rutherford y sus ayudantes Soddy y Geiger que utilizaron los experimentos con radiactividad, para idear su **MODELO ATÓMICO**, que inicialmente se propone como un **Núcleo** con cargas positivas y una corteza con cargas negativas. En el núcleo se encuentran los **PROTONES** que concentran la práctica totalidad de la masa del núcleo.
- Al n° Z de cargas positivas, es a lo que se llamó **N $^{\circ}$ ATÓMICO**.
- En 1923 J.CHADWIK, descubre el Neutrón y la existencia de núcleos de un mismo elemento llamados **ISÓTOPOS**, con igual número de protones y diferente número de **NEUTRONES**

Modelo de Rutherford



Radiactividad y física Nuclear (III): Número de masa; algunas consideraciones

- Al número total de partículas de un núcleo (Neutrones y Protones), se llamó número de masa “A”,
- Un núcleo de cualquier átomo se representa por “ A_ZX ”. A las partículas del núcleo las llamaremos, en general, nucleones.
- Al tamaño de los átomos se determinó en el orden de 10^{-8} cm. Y el de los núcleos en 10^{-13} cm..
- En la actualidad, admitimos que los núcleos tienen una forma aproximadamente esférica, y que su tamaño varía acorde con su número de masa

Algunas consideraciones:

*La radiactividad es la propiedad que presentan determinadas sustancias, **llamadas sustancias radiactivas** de emitir radiaciones capaces de penetrar cuerpos opacos, ionizar el aire, impresionar placas fotográficas y excitar la fluorescencias de ciertas sustancias.*

Proviene de la desintegración de núcleos ,y ha permitido descubrir la estructura interna de los átomos.

*Aunque los rayos X son también radiaciones ionizantes, generalmente se asocian a los **electrones arrancados de las capas mas profundas de la corteza** con electrones muy energéticos. Aunque de los núcleos se desprende, en determinadas condiciones, radiación X*

•La fluorescencia: es una propiedad de algunos cuerpos que consiste en la emisión de luz como consecuencia de la absorción de radiación.

Radiactividad (IV): Consideraciones (II), fuerzas nucleares, desintegración beta

- De la misma forma que los electrones en los átomos, los núcleos presentan, también diferentes niveles cuánticos de energía. Así, cuando un núcleo pasa de un estado excitado a otro menos energético emite energía en forma de radiación X, y de radiación γ .
- El proceso es análogo al de emisión de radiación al pasar los electrones de un nivel superior a otro inferior en la corteza del átomo. Sin embargo, las energías liberadas son muy diferentes ; mientras la energía puesta en juego en la emisión de radiación en el núcleo es del orden de los MeV, las transiciones de nivel en la corteza, barajan cifras del orden del eV.
- Una pregunta que debemos hacernos, es el por qué, los protones se mantienen tan próximos en el núcleo en aparente contradicción de la ley de Coulomb, y por tanto de la repulsión electrostática. La respuesta, está en que la fuerza de cohesión del núcleo, se debe a otras causas. A estas distancias tan tremendamente cortas la fuerza que mantiene la cohesión del núcleo es la llamada **FUERZA NUCLEAR FUERTE** que es una fuerza atractiva que se manifiesta entre todas las partículas del núcleo (nucleones), con independencia de su carga. Es de muy corto alcance, y no existe para distancias mayores de 10^{-15}m .
- A distancias todavía inferiores (10^{-17}m .) existe la llamada **FUERZA NUCLEAR DÉBIL**, que se manifiesta entre partículas que no están sometidas a la fuerza fuerte, es mayor que la **FUERZA GRAVITATORIA** pero inferior a la **ELECTROMAGNÉTICA**, y por supuesto inferior a la fuerza fuerte. **(fuerte, débil, gravitatoria y electromagnética son las cuatro fuerzas fundamentales)**
- La Fuerza débil es la que explica procesos tales como la llamada **DESINTEGRACIÓN β** , es un tipo de radiación que a pesar de ser electrones, es una radiación que proviene del núcleo. La respuesta a esta nueva aparente contradicción, está en que el electrón del núcleo proviene de la desintegración de un neutrón en un protón, un electrón y un partícula llamada antineutrino, que es una partícula sin carga y masa muy pequeña:

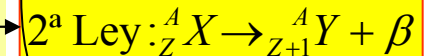


Radiactividad (V): Leyes del desplazamiento radiactivo

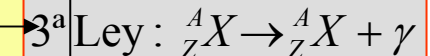
- También llamadas Leyes de desplazamiento de Soddy:
- 1.-Cuando un núcleo emite una partícula α , se convierte en otro, cuyo n° de masa es cuatro veces menor y cuyo n° atómico es dos veces menor
- La mecánica cuántica prevé el llamado efecto túnel, y explica por que una partícula α , con una energía entre 4 y 9 MeV puede abandonar el núcleo para lo que debiera vencer una barrera de unos 25MeV (Todo pasa como si hiciésemos un túnel para pasar una montaña)
- 2.-cuando un núcleo emite una partícula β , se convierte en otro con la misma masa atómica, y su número atómico es una unidad mayor.



En definitiva una partícula β , es un electrón. La respuesta al por qué, los electrones provienen del interior del núcleo, es un proceso conocido, la famosa **desintegración β** , llamada también desintegración de Pauli, en donde el neutrón se desintegra en protón, electrón y antineutrino, como hemos visto antes.



- 3.-Cuando un núcleo emite una partícula γ , (radiación γ , sería mas correcto), altera su contenido energético, pero no cambian ni su masa ni su número atómico.
- Los núcleos, al igual que la corteza de los átomos tienen también niveles de energía donde se sitúan sus partículas y el tránsito entre esos niveles se realiza con absorción o emisión de fotones, que en el caso del núcleo, son mucho mas energéticos, (entre 2 y 3 MeV), al emitirse la radiación γ , los núcleos, previamente excitados, vuelven a su estado fundamental



Radiactividad (VI): Ley de la desintegración Radiactiva (I)

- Trataremos de calcular el número de núcleos N que quedan sin desintegrarse después de un tiempo t , partiendo de una cantidad inicial de núcleos N_0 .
- La cantidad de ellos dN , que se han desintegrado en un tiempo dt , sabemos que es proporcional al número de los existentes N y al tiempo dt .
- Podré escribir entonces:
- **$dN = -\lambda N dt$** , donde N es el número de núcleos existentes, dN , nº de núcleos que se desintegran de N , dt el tiempo que tardan en desintegrarse dN núcleos. Y por fin el signo negativo se debe a que el número de núcleos, siempre disminuye.
- La constante λ , representa la probabilidad, por unidad de tiempo, de que un núcleo se desintegre.
- La ecuación también se podrá escribir así : **$dN/N = -\lambda dt$**

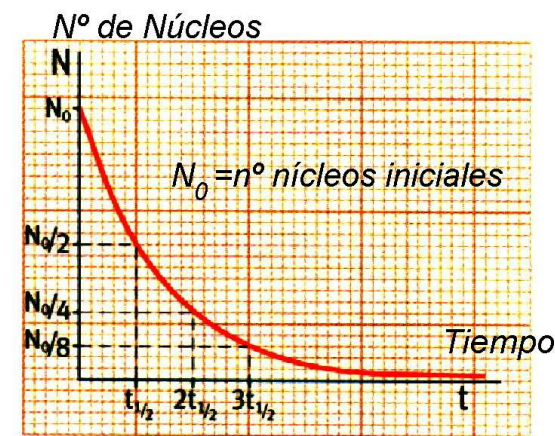
Que una vez integrada a un tiempo t :

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \Leftrightarrow [\ln N]_{N_0}^N = [-\lambda t]_0^t$$
$$\Rightarrow \ln N - \ln N_0 = -\lambda t \Rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

$$\text{Es decir : } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

M. Vázquez

Radiactividad



Desintegración Radiactiva

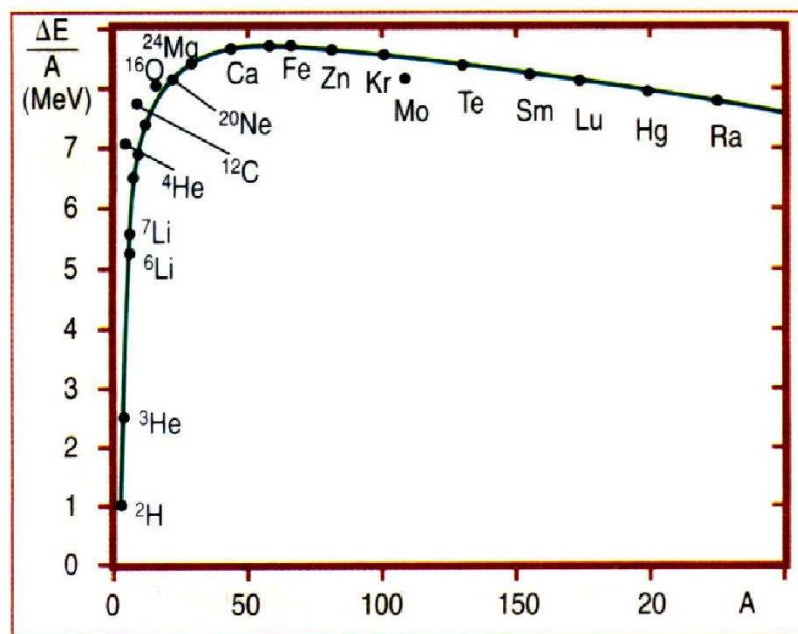
Radiactividad (VII): Ley de desintegración radiactiva (II) periodo de semidesintegración

- En la ecuación de desintegración radiactiva hemos encontrado que el número de núcleos se reduce exponencialmente con el tiempo. El tiempo necesario para que el número de núcleos se reduzca a la mitad se llama periodo de **semidesintegración** o *semivida*.
- $N=N_0/2=N_0e^{-\lambda t} \Rightarrow$ (tomando $\ln$) queda: $-\ln 2 = -\lambda t \Rightarrow t = \ln 2 / \lambda$;
- **Es decir el periodo $T=t$, será: $T = \ln 2 / \lambda$.**
- **La vida media:** es el tiempo promedio de vida de los núcleos presentes:
- A la vida media la llamaremos τ ; será la inversa de la probabilidad de que un núcleo se desintegre: $\tau = 1/\lambda = T/\ln 2$, representa el tiempo medio que tarda un núcleo en desintegrarse.
- Al número de emisiones de una sustancia por unidad de tiempo se llama **ACTIVIDAD, A**, o **velocidad de desintegración**. Su unidad en el SI es el Becquerel (Bq), que es una desintegración por segundo. De lo expuesto puedo deducir.
- $A = |dN/dt| = \lambda N$; con lo que **$A = A_0 e^{-\lambda t}$** , donde A_0 , es $= \lambda N_0$, es la actividad en el instante inicial

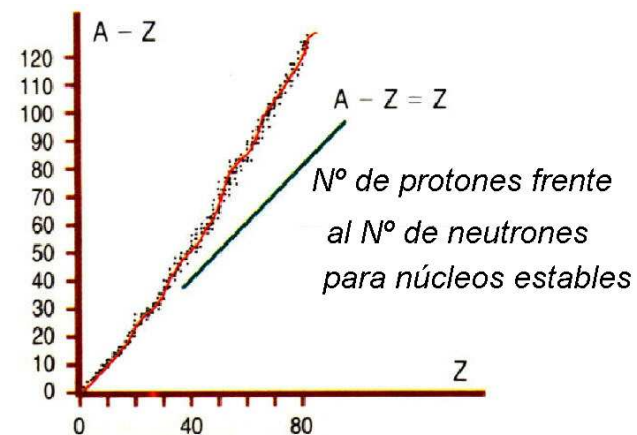
Radiactividad y física Nuclear (VIII): Energía de enlace

- Si queremos romper un núcleo, para aislar sus nucleones, hay que aportar una cierta energía; esta energía coincidirá con la energía liberada al formarse el núcleo, a partir de sus partículas constitutivas (Nucleones).
- La energía de enlace de un núcleo, es la energía liberada cuando sus nucleones aislados se unen para formar el núcleo.
- Hemos de tener en cuenta que : el núcleo es mas estable (menos energético) que el conjunto de sus nucleones aislados, ya que al formarse se libera energía.
- De la mecánica relativista hemos concluido, que toda variación de energía comporta una variación de masa; $\Delta E = \Delta mc^2$.
- En la formación del núcleo, los nucleones pierden masa y por tanto energía para formar el núcleo.
- Se comprueba experimentalmente que la masa de un núcleo cualquiera formado por Z protones y A-Z neutrones, es decir, la masa del núcleo es inferior a la suma de las masas de protones y neutrones libres . La diferencia de masa, denominada defecto de masa $(\Delta m) = (Z m_p + (A-Z) m_n) - M_N$ donde m_p = masa del protón; m_n = masa del neutrón y M_N = masa del núcleo.
- La energía asociada al defecto de masa es la energía de enlace $\Delta E = \Delta mc^2$.
- **La energía de enlace por nucleón** es el cociente entre la energía de enlace y el número másico: $\Delta E/A$. **Cuanto mayor es el cociente, mas estable es el núcleo**. Su valor medio es aproximadamente de 8,3eV

Radiactividad IX energía de enlace: numero de protones y neutrones



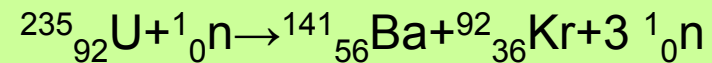
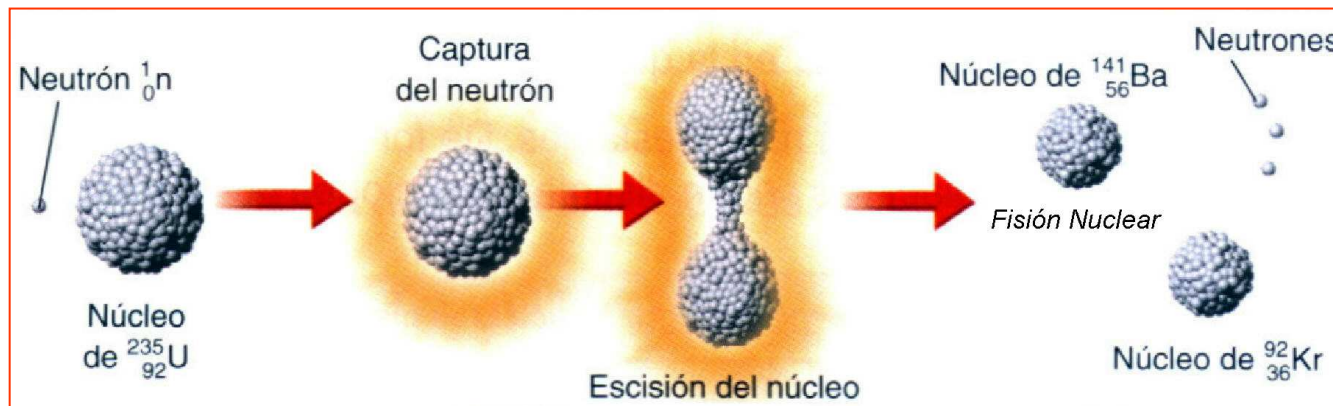
Energía de enlace por nucleón en función de la masa atómica



En los Núcleos pequeños el nº de protones es aproximadamente el nº de neutrones
 En núcleos mayores, el nº de neutrones es mayor
 Se compensa así la repulsión electrostática y

Radiactividad y física nuclear X: Fisión Nuclear (I):

La fisión o escisión nuclear, es una reacción nuclear en donde un núcleo, pesado se divide en otros dos mas ligeros, al ser bombardeado con neutrones. En el proceso se liberan mas neutrones y una gran cantidad de energía



El Uranio 235 es menos estable que sus productos de fisión, pero la reacción no se produce espontáneamente, es necesaria una **Energía de Activación**, que se obtiene de la captura de un neutrón por el núcleo

Radiactividad y física nuclear XI: Fisión Nuclear (II):

Las reacciones de fusión, producen neutrones que a su vez colisionarían con nuevos núcleos de Uranio y continuaría el proceso de fisión. A esto lo llamamos reacción en cadena que puede controlarse o no:

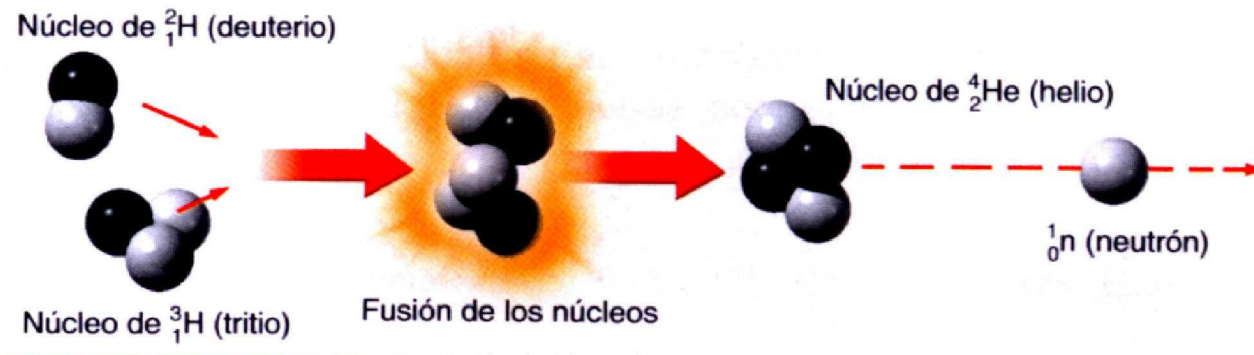
En el caso de que seamos capaces de absorber el exceso de electrones, controlamos la reacción a nuestra voluntad, estamos ante un generador de energía nuclear controlada, es un **Reactor nuclear**, el papel de capturar el exceso de neutrones lo realizan unas barras de cadmio, el **Controlador** del reactor.

Nota: con 1 kg. De Uranio, tenemos el mismo rendimiento energético que con 200 Tm. De Petróleo

Si la reacción en cadena, no está controlada, el exceso de neutrones reacciona con nuevos núcleos de Uranio de forma instantánea y explosiva lo que produce como resultado **una bomba atómica**.

Radiactividad y Física Nuclear (XII): Fusión Nuclear

La unión de dos núcleos ligeros para formar otro mas pesado, se llama **Fusión Nuclear**. Para conseguirla lo que hemos de dotar de energía cinética suficiente para vencer repulsiones y acercarlos a distancias donde puedan actuar las fuerzas nucleares de corto alcance



Radiactividad XIII: Partículas elementales

No se pueden descomponer en otras mas simples; se conocen centenares de partículas, las clasificaremos en dos grandes grupos según que estén sometidas a la acción de la fuerza nuclear fuerte o no

Leptones: no sometidos a la f nuclear fuerte	Hadrones : sometidos a la f nuclear fuerte
Son partículas elementales: <i>Electrón</i> <i>Muón</i> <i>Tauón</i> <i>Neutrino del Electrón</i> <i>Neutrino del Muón</i> <i>Neutrino del Tauón</i>	No son partículas elementales: Están formadas por Quarks, que si son elementales. Los tipos de quarks son: <i>up (u); down (d); strange (s); charmed (c); bottom (b) ,y, top (t).</i> Se dividen en dos grandes grupos: Hadrones { Mesones: formados por un quark y un antiquark.(Mesones π, o piones, y mesones k) Bariones: formados por un grupo de tres quarks (Protones y neutrones)

Radiactividad XIV Formulario

Desintegración β	$n \rightarrow p + e^{-} + \bar{\nu}$ es la desintegración β
1ª Ley de Soddy	1ª Ley: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha$
2º Y 3ª leyes de Soddy	2ª Ley: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + \beta$ 3ª Ley: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$
Ley de desintegración Radiactiva	$N = N_0 e^{-\lambda t}$
Periodo de semidesintegración o semivida	$T = \ln 2 / \lambda$
Actividad o velocidad de desintegración	$A = \lambda N; A = A_0 e^{-\lambda t}; A_0 = \lambda N_0$
Reacción de fisión	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$
Reacción de fusión	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 14,6\text{MeV}$