

## BOLETÍN DE TEORÍA FÍSICA NUCLEAR (trabajo)

**C1:** Defina actividad de una muestra radioactiva, escriba su fórmula e indique sus unidades en el S.I.

**C2:** Explique cómo varía la estabilidad de los núcleos atómicos en función del número másico. Indique su relación con la fusión y fisión nucleares.

**C3:** Explique en qué consisten las reacciones de fusión y fisión nucleares y comente el origen de la energía que producen.

**C4:** Defina los conceptos de defecto de masa y energía de enlace por nucleón.

**C5:** Describa brevemente las interacciones fundamentales de la naturaleza. Compare su alcance e intensidad.

**C6:** a) La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia? b) ¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

**C7:** Describa las características de los procesos de emisión radiactiva alfa, beta y gamma.

**C8:** Escriba la ley de desintegración radiactiva y explique el significado físico de las variables y parámetros que aparecen en ella.

**C9:** Describa las reacciones de fusión y fisión nucleares y haga una justificación cualitativa a partir de la curva de estabilidad nuclear.

**C10:** Escriba las características de los procesos de emisión radiactiva y explique las leyes de desplazamiento.

## BOLETÍN DE TEORÍA FÍSICA NUCLEAR (trabajo)

**C1:** Defina actividad de una muestra radioactiva, escriba su fórmula e indique sus unidades en el S.I.

La actividad de una muestra radiactiva refleja el número de desintegraciones por unidad de tiempo que pueden producirse en la cantidad de sustancia radiactiva que tengamos en cada momento.

La fórmula es  $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ , aunque según otros autores, también puede utilizarse en valor absoluto, es decir  $\left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N$

A fin de cuentas, el signo negativo indica que la tendencia de la actividad radiactiva es a decrecer hasta hacerse cero. Es algo parecido a lo que ocurre con el signo de la f.e.m. en la inducción electromagnética, que muestra una tendencia a oponerse a aquello que lo creó.

La unidad del sistema Internacional es la desintegración por segundo o Bequerel.

**C2:** Explique cómo varía la estabilidad de los núcleos atómicos en función del número másico. Indique su relación con la fusión y fisión nucleares.

La fórmula que nos permite de forma más clara comprobar la estabilidad de un núcleo es la razón entre la energía de enlace del núcleo y el número de nucleones que posee, es decir, la energía de enlace por nucleón.

El número másico represente el número de nucleones del átomo, por lo tanto, es el valor que usaremos en la energía de enlace por nucleón.

A mayor número másico, menor energía de enlace por nucleón y, por tanto, más inestable será el núcleo. Y viceversa, a mayor número másico, más estable será el núcleo.

**C3:** Explique en qué consisten las reacciones de fusión y fisión nucleares y comente el origen de la energía que producen.

*Fusión:* unión de dos o más átomos de algunos elementos para formar otro elemento más pesado.

*Fisión:* división de un núcleo pesado e inestable en otros más pequeños y estables.

En ambos casos, existe una ligera variación de masa durante el proceso, la cual, por la fórmula de Einstein, implica una cierta emisión o absorción de energía.

- Si la variación de la masa es positiva, significa que la reacción emite energía.
- Si la variación de la masa es negativa, significa que la reacción absorbe energía.

**C4: Defina los conceptos de defecto de masa y energía de enlace por nucleón.**

El defecto de masa, en un núcleo, se define como la diferencia de peso que existe entre la suma de los pesos de los nucleones (protones y neutrones) por separado y el peso final del núcleo ya unido. Al utilizar el defecto de masa en la fórmula de Einstein de relación masa-energía, se obtiene la llamada energía de enlace, que se puede entender como la energía que hay que aportarle al núcleo para que pueda romperse.

Finalmente, si dividimos la energía de enlace entre el número de nucleones, obtenemos la energía de enlace por nucleón, que es un parámetro básico para interpretar la estabilidad de un núcleo atómico. A mayor sea la energía de enlace por nucleón, mayor estabilidad tendrá el núcleo.

**C5: Describa brevemente las interacciones fundamentales de la naturaleza. Compare su alcance e intensidad.**

Basta con recurrir al cuadro de los apuntes, en el caso de la intensidad se refiere a la fuerza relativa.

| Interacción       | Teoría descriptiva             | Mediadores               | Fuerza relativa | Comportamiento con la distancia (r) | Alcance (m) |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------------|
| Nuclear Fuerte    | Cromodinámica cuántica (QCD)   | gluones                  | $10^{38}$       | $\frac{e^{-\frac{r}{R}}}{r^2}$      | $10^{-15}$  |
| Electro-magnética | Electrodinámica cuántica (QED) | fotones                  | $10^{36}$       | $\frac{1}{r^2}$                     | infinito    |
| Nuclear Débil     | Teoría electro-débil           | Bosones W y Z            | $10^{25}$       | $\frac{e^{-m_{W,Z}r}}{r^2}$         | $10^{-18}$  |
| Gravitatoria      | Gravedad cuántica              | Gravitones (hipotéticos) | 1               | $\frac{1}{r^2}$                     | infinito    |

**C6:** a) La masa de un núcleo atómico no coincide con la suma de las masas de las partículas que lo constituyen. ¿Es mayor o menor? ¿Cómo justifica esa diferencia? b) ¿Qué se entiende por estabilidad nuclear? Explique, cualitativamente, la dependencia de la estabilidad nuclear con el número másico.

a) Porque parte de la masa se pierde en forma de energía en el momento de la formación del núcleo, es lo que se conoce como defecto de masa y será una energía positiva, es decir, emitida. Por tanto el núcleo tendrá una masa algo menor que la suma del peso de todos los nucleones por separado.

b) Se ha explicado en una pregunta anterior.

**C7:** Describe las características de los procesos de emisión radiactiva alfa, beta y gamma.

Emisión radiactiva alfa: emisión de un núcleo de helio, con dos protones y dos neutrones. Se representa por el símbolo griego alpha.

Emisión beta: consiste en la emisión de un electrón a alta energía. También se puede emitir un positrón, que no es más que una partícula subatómica con las mismas características que el electrón, pero con carga positiva.

Emisión gamma: emisión de fotones a alta energía, debido a la excitación del núcleo y los cambios internos de niveles energéticos.

**C8:** Escriba la ley de desintegración radiactiva y explique el significado físico de las variables y parámetros que aparecen en ella.

$$\text{Actividad radiactiva: } \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

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

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt$$

$$\ln(N) - \ln(N_0) = -\lambda t$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$

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

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

*Forma exponencial de la Ley de la Actividad Radiactiva:*

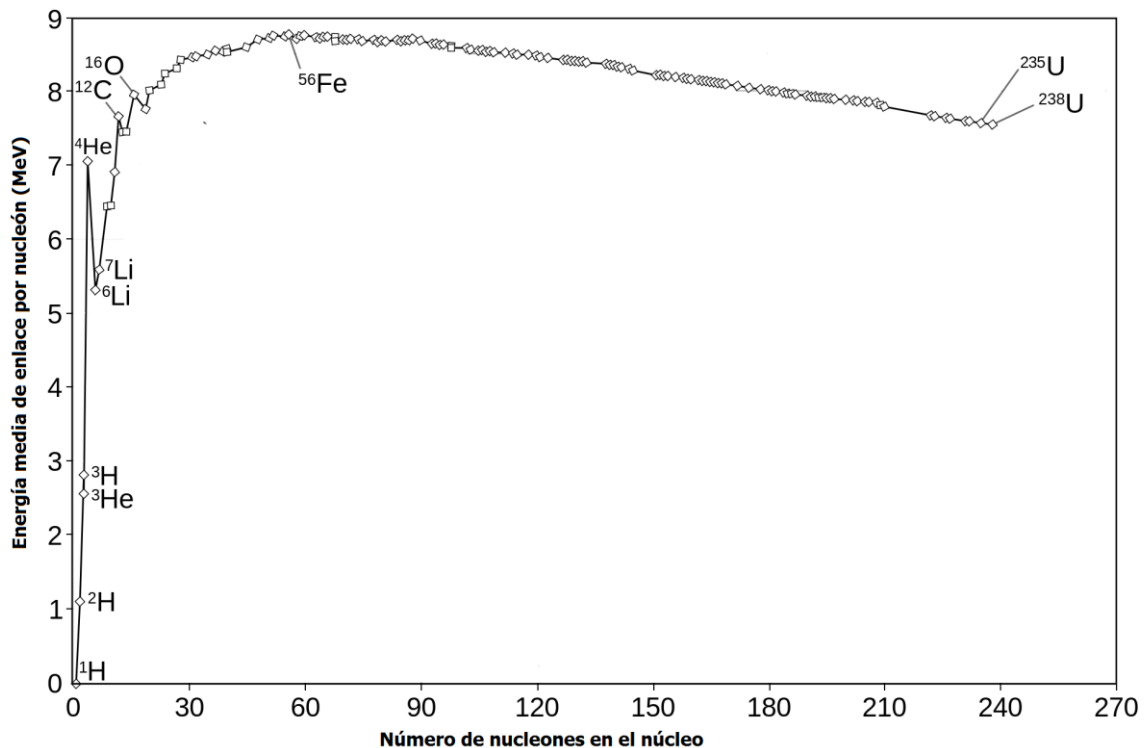
$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

N se refiere a número de núcleos que hay en cada momento,  $N_0$  a los núcleos que hay inicialmente en una muestra. Lambda es la constante radiactiva o constante de desintegración y t es el tiempo.

Básicamente, lo que se muestra en esta ley es que la actividad radiactiva de una muestra de un cierto elemento decrece a lo largo del tiempo, a medida que van reaccionando los núcleos, hasta hacerse cero, o dicho de otra forma, hasta transformarse en elementos estables.

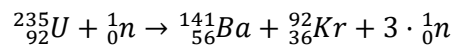
La constante radiactiva es propia de cada material y se mide en tiempo<sup>-1</sup>.

**C9:** Describe las reacciones de fusión y fisión nucleares y haga una justificación cualitativa a partir de la curva de estabilidad nuclear.



*Fisión nuclear:* La fisión nuclear es el proceso mediante el cual se divide un núcleo pesado en fragmentos más pequeños, esto se logra mediante el bombardeo con neutrones directamente al núcleo más pesado.

Ejemplo:



De la curva de estabilidad nuclear se pueden obtener los siguientes datos para la fisión nuclear:

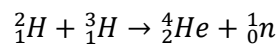
- Como la curva de estabilidad nuclear se representa mediante la energía de enlace por cada nucleón, que a su vez es representado en función al número de masa del elemento, se puede decir que la energía de enlace es menor mientras más número de masa está presente, y por lo tanto es más fácil romper los enlaces y de este modo liberar una gran cantidad de energía.

- El efecto de fisión se logra aportando un neutrón al núcleo, pero este libera una cantidad de 2 o 3 neutrones por lo que se crea un efecto en cadena que crece de forma exponencial.

---

*Fusión nuclear:* La fusión nuclear consiste en crear un núcleo más pesado a partir de núcleos ligeros que colisionan, este proceso se da en las estrellas como el sol, en las que se fusionan las partículas de hidrógeno para producir una partícula de helio.

Ejemplo:



Gracias a la curva de estabilidad nuclear se puede decir que los elementos más livianos son menos estables que los elementos más pesados como el helio, de esta forma es más difícil lograr una fusión entre el helio que entre hidrógeno.

**C10:** Escriba las características de los procesos de emisión radiactiva y explique las leyes de desplazamiento.

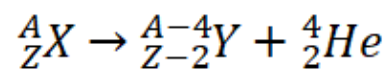
*Emisión radiactiva alfa:* emisión de un núcleo de helio, con dos protones y dos neutrones. Se representa por el símbolo griego alpha.

*Emisión beta:* consiste en la emisión de un electrón a alta energía. También se puede emitir un positrón, que no es más que una partícula subatómica con las mismas características que el electrón, pero con carga positiva.

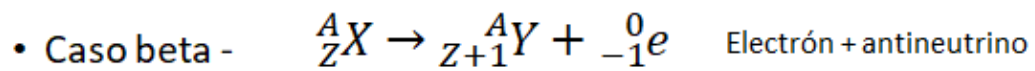
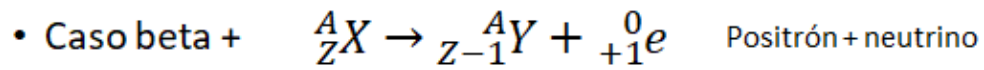
*Emisión gamma:* emisión de fotones a alta energía, debido a la excitación del núcleo y los cambios internos de niveles energéticos.

Las leyes de desplazamiento no son más que unas sencillas leyes, enunciadas por Soddy, que ponen de manifiesto las transformaciones que en un núcleo ocurren cuando se produce una emisión radiactiva.

– Desintegración alfa:



– Desintegración beta: se eliminan también otras partículas -> los neutrinos



– Desintegración gamma: niveles de energía en el núcleo

