

TÍTULO: *El átomo, núcleo atómico*

OBJETIVOS:

- Comprender la relación entre la estructura del núcleo, el número atómico y la tabla periódica
- Relacionar la radiactividad con la estructura del núcleo
- Fisión y fusión: la energía nuclear

DESARROLLO CONCEPTUAL

El átomo, del griego *άτομος*, indivisible, es la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene sus propiedades, y que no es posible dividir mediante procesos químicos. Actualmente, se sabe que el átomo está compuesto por el núcleo, formado por protones y neutrones, y por una nube de electrones que orbitan alrededor del núcleo.

Estructura del núcleo

Los **nucleones** tienen las siguientes propiedades:

* **Protones:** carga eléctrica positiva ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C) igual a la unidad fundamental de carga. Masa = $1,673 \cdot 10^{-27}$ kg.

* **Neutrones:** no tienen carga eléctrica, su masa es de $1,675 \cdot 10^{-27}$ kg.

La cantidad de protones del núcleo se denomina **número atómico** y se representa por Z . La carga eléctrica del núcleo es $+Ze$. Cada elemento de la tabla periódica tiene un número Z diferente. Los átomos están ordenados en la tabla periódica siguiendo su número atómico. El primer elemento es el hidrógeno (${}_1\text{H}$) con $Z=1$ y el último es el ununoctio, $Z=118$ (${}_{118}\text{Uuo}$).

El químico ruso Mendeléyev creó en 1869 una clasificación de los elementos químicos en orden creciente de su número atómico, remarcando que existía una periodicidad en las propiedades químicas. Este trabajo fue el precursor de la tabla periódica de los elementos como la conocemos actualmente.

El número de neutrones N es aproximadamente igual a Z en los núcleos ligeros y ligeramente superior en los más pesados. El número total de nucleones se denomina **número másico** y se representa por la letra A , es decir, $A = Z+N$. El número másico del hidrógeno es $A=1$ (${}^1\text{H}$) y el del ununoctio es $A=293$ (${}^{293}\text{Uuo}$).

Los átomos que tienen el mismo número atómico y distinto número másico, es decir, mismo número de protones y diferente número de neutrones, se denominan **isótopos**. Todos los isótopos de un mismo elemento poseen las mismas propiedades químicas y se diferencian en algunas propiedades físicas.

El elemento químico más pesado de origen natural que se encuentra sobre la Tierra es el uranio. El uranio natural está formado por tres tipos de isótopos: uranio-238 (^{238}U), uranio-235 (^{235}U) y uranio-234 (^{234}U). De cada gramo de uranio natural el 99,28 % de la masa es uranio-238, el 0,71% uranio-235 y 0,005% uranio-234. La relación Uranio-238/Uranio-235 es constante en toda la Tierra y el resto de los planetas del Sistema Solar.

Los protones tienen carga eléctrica positiva y deberían repelerse. La teoría nuclear moderna sostiene que los núcleos se mantienen unidos por fuerzas "nucleares" extremadamente poderosas, la denominada **fuerza fuerte**, mucho más intensa que la fuerza eléctrica, aunque actúa sólo a distancias muy pequeñas. El radio nuclear varía entre 1 y 10 fm ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$).

Radiactividad

Los núcleos menos estables son los que contienen un número impar de neutrones y un número impar de protones; todos menos cuatro de los isótopos correspondientes a núcleos de este tipo son radiactivos. La presencia de un gran exceso de neutrones en relación con los protones también reduce la estabilidad del núcleo; esto sucede con los núcleos de todos los isótopos de los elementos situados por encima del bismuto ($Z=83$) en la tabla periódica, y todos ellos son radiactivos. La mayor parte de los núcleos estables conocidos contiene un número par de protones y un número par de neutrones.

La primera información del núcleo atómico nos llegó a través del descubrimiento de la radiactividad por Becquerel en 1896. Los rayos emitidos por los núcleos radiactivos se clasifican de acuerdo con su facilidad para penetrar en la materia y para ionizar el aire en rayos α , β y γ . Los α son los menos penetrantes y los que producen mayor ionización, los γ son los más penetrantes y menos ionizantes. Posteriormente se descubrió que los rayos α son núcleos de He, los β son electrones (β^-) o positrones (β^+) y los γ son fotones de alta energía (radiación electromagnética)

Liberación de energía nuclear

Según la teoría relativista, la masa de un núcleo no es igual a la masa de los nucleones que lo forman. Cuando se unen dos o más nucleones para formar un núcleo. La masa total disminuye y se libera energía. Recíprocamente, para romper un núcleo hay que entregar energía al sistema en reposo. En 1905, Einstein desarrolló la ecuación que relaciona la masa y la energía, $E = mc^2$, como parte de su teoría de la relatividad especial. Dicha ecuación afirma que una masa determinada (m) está asociada con una cantidad de energía (E) igual a la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz. Una cantidad muy pequeña de masa equivale a una cantidad enorme de energía.

Hay dos procesos nucleares que tienen gran importancia práctica porque proporcionan cantidades enormes de energía: la fisión nuclear -la escisión de un núcleo pesado en núcleos más ligeros- y la fusión termonuclear -la unión de dos núcleos ligeros (a temperaturas extremadamente altas) para formar un núcleo más pesado. En 1934, Fermi logró realizar la fisión, pero la reacción no se reconoció como tal hasta 1939, cuando Hahn y Strassmann anunciaron que habían fisionado núcleos de uranio bombardeándolos con neutrones. Esta reacción libera a su vez neutrones, con lo que puede causar una reacción en cadena con otros núcleos. En la explosión de una bomba atómica se produce una reacción en cadena incontrolada. Las reacciones controladas, por otra parte, pueden utilizarse para producir calor y generar así energía eléctrica, como ocurre en los reactores nucleares.

La fusión termonuclear se produce en las estrellas, entre ellas el Sol, y constituye su fuente de calor y luz. La fusión incontrolada se da en la explosión de una bomba de hidrógeno. En la actualidad, se está intentando desarrollar un sistema de fusión controlada.

EJEMPLO

ENUNCIADO

La energía de enlace de un núcleo es la diferencia entre la energía en reposo de los nucleones que lo forman y la energía en reposo del núcleo. En general, la **energía de enlace** E_b del núcleo de un átomo de masa atómica M_A , con Z protones y N neutrones se calcula como

$$E_b = (Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_A) \cdot c^2$$

Donde m_p es la masa del protón y m_n la masa del neutrón. Calcule la energía de enlace del último neutrón del ${}^4\text{He}$.

RESOLUCIÓN

La masa en reposo del ${}^4\text{He}$ es 4,00260 u y la del ${}^3\text{He}$ es 3,01603 u.

La masa en reposo de ${}^3\text{He}$ más el neutrón es 4,02469 u. La diferencia entre estas dos masas es 0,02209 u. Por lo tanto la energía de enlace del último neutrón es:

$$(\Delta m)c^2 = (0,02209 \text{ u}) \cdot c^2 \cdot 931,5 \text{ MeV}/1\text{u} \cdot c^2 = 20,58 \text{ MeV}$$

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

ENUNCIADO

Un átomo tiene 12 protones, 13 neutrones y 12 electrones, ¿de qué elemento se trata?

RESULTADO



ENUNCIADO

Averigüe el defecto de masa por nucleón para el núcleo de deuterio ${}^2_1\text{H}$ si su masa es de 2.01473 unidades de masa atómica

Datos: $m_p = 1.0072765 \text{ uma}$, $m_n = 1.0086649 \text{ uma}$

RESULTADO

0.0006057 uma

REFERENCIAS:

- Física Preuniversitaria. *P.A. Tipler*. Ed Reverté
- Colaboradores de Wikipedia, "[Átomo](#)". Wikipedia, La enciclopedia libre.
- Monografías.com, "[El átomo](#)".
- Mariano Gaité Cuesta, "[Historia: modelos atómicos](#)" en "Iniciación interactiva a la materia".
- Colaboradores de Wikipedia, "[Energía nuclear](#)". Wikipedia, La enciclopedia libre.

AUTOR:

- Cristina Santa Marta Pastrana