

Entre la **física conceptual**
y la **física aplicada**

Método **IDEA**

**EL NÚCLEO ATÓMICO Y
LA RADIOACTIVIDAD**
1º DE BACHILLERATO

Félix A. Gutiérrez Múzquiz

Contenidos

1. PROPIEDADES DE LOS NÚCLEOS	... 3
2. RADIATIVIDAD NATURAL	... 5
3. MAGNITUDES ASOCIADAS A LA RADIATIVIDAD	... 8

1. PROPIEDADES DE LOS NÚCLEOS

1. La densidad del núcleo

Una gran variedad de experimentos sugieren que la mayor parte de los núcleos son aproximadamente esféricos con radios dados por: $R = R_0 A^{1/3}$, donde el valor admitido para R_0 es $1,5 \cdot 10^{-15}$ m y A es el número másico.

- [a] Demuestra que el volumen nuclear es proporcional al número A de nucleones.
- [b] Deduce que la materia nuclear tiene densidad constante.
- [c] Calcula la densidad del núcleo en g/cm^3 .

2. La variación del radio

Se sabe que la mayor parte de los núcleos son aproximadamente esféricos con radios dados por: $R = R_0 A^{1/3}$, donde el valor admitido para R_0 es $1,5 \cdot 10^{-15}$ m y A es el número másico. A partir de esta ecuación calcula los radios de los siguientes núcleos: [a] ^{16}O ; [b] ^{56}Fe y [c] ^{197}Au .

3. Energías de enlace por nucleón

Calcula la energía de enlace y su valor por nucleón para los isótopos indicados en la tabla.
{DATOS: $m_H = 1,007825 \text{ u}$; $m_n = 1,008665 \text{ u}$;
 $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ }

Isótopo	Z	Masa atómica (u)
^{12}C	6	12,000000
^{56}Fe	26	55,939395
^{238}U	92	238,048608
^6Li	3	6,015125
^{39}K	19	38,963710
^{208}Pb	82	207,976650

4. El último neutrón

[a] Calcula la energía de enlace por nucleón del ^3He y del ^4He , cuyas masas atómicas son 3,016030 u y 4,002603 u, respectivamente. El número atómico del helio es $Z = 2$.

[b] ¿Cuál es la energía de enlace del último neutrón del ^4He ?

{DATOS: $m_H = 1,007825 \text{ u}$; $m_n = 1,008665 \text{ u}$; $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ }

5. La estabilidad del tritio

El tritio (${}^3_1\text{H}$) es un isótopo natural del hidrógeno; tiene una masa atómica de 3,016050 u y es radiactivo. El ${}^3_2\text{He}$ es un isótopo no radiactivo del helio; es raro en la Tierra pero abundante en el universo y es muy buscado para usarlo en investigación en fusión nuclear; su masa atómica es de 3,016030 u. ¿Cuál de ellos es más estable?

{DATOS: $m_H = 1,007825 \text{ u}$; $m_n = 1,008665 \text{ u}$; $(1 \text{ u}) \cdot c^2 = 931,5 \text{ MeV}$ }

2. RADIATIVIDAD NATURAL

1. El caso de las galletas radiactivas

Observa la animación, referida al poder de penetración de la radiación de las sustancias radiactivas.

Supón que alguien te da tres galletas radiactivas: una que emite rayos α , otra que emite rayos β y otra que emite rayos γ . ¿Qué galleta te comerías, cuál sostendrías en la mano y cuál guardarías en el bolsillo? Se supone que pretendes minimizar la cantidad de radiación que recibes

● Fuente radiactiva



2. El inglés Soddy y el polaco Fajans

[a] ¿Qué le ocurre al número atómico de un átomo cuando el núcleo emite una partícula α ? ¿Y al número másico?

[b] ¿Qué le ocurre al número atómico de un átomo cuando el núcleo emite una partícula β ? ¿Y al número másico?

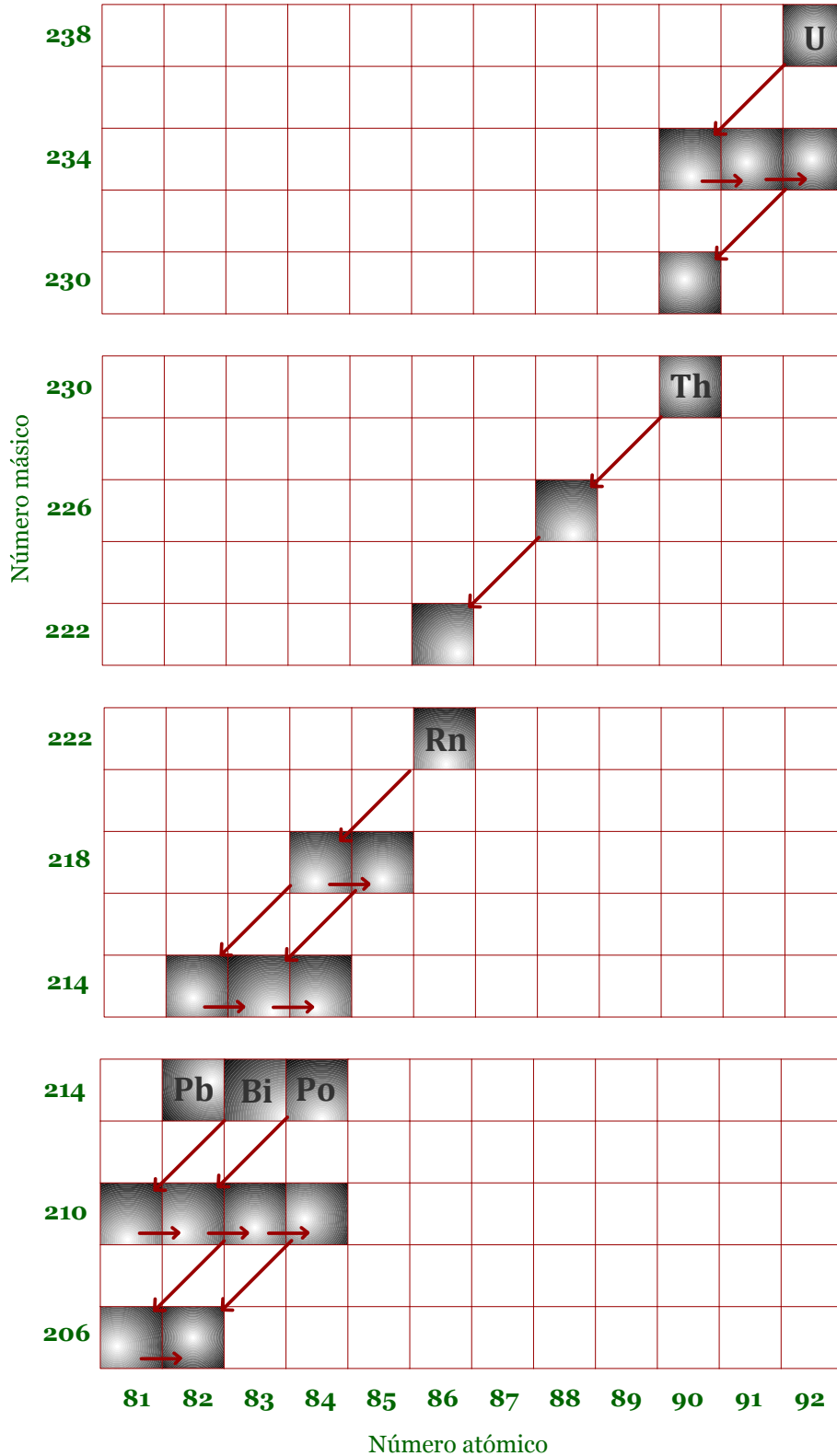
[c] El radio-226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$), tras una serie de desintegraciones α y β , se convierte en el plomo-206 ($^{206}_{82}\text{Pb}$). Halla el número de desintegraciones α y β que se necesita.

3. La transmutación del torio

El torio-232 ($^{232}_{90}\text{Th}$) es radiactivo y se desintegra emitiendo una partícula α . El núcleo que se obtiene también es radiactivo y se desintegra a su vez, repitiéndose el proceso varias veces. Imagina que, a partir del torio-232, se emite sucesivamente las partículas: α , β , α , α , β y β . ¿Cuál es el núcleo final? ¿Qué núcleos se han formado en los pasos intermedios?

4. La serie del uranio-238

El uranio-232 ($^{232}_{92}\text{U}$) se convierte en un isótopo del plomo $^{206}_{82}\text{Pb}$ por medio de una serie de desintegraciones α y β . En la siguiente ilustración, la flechas indican las desintegraciones que han tenido lugar. Completa los cuadros coloreados con el símbolo del elemento que corresponda. Indica también el tipo de desintegración producida.

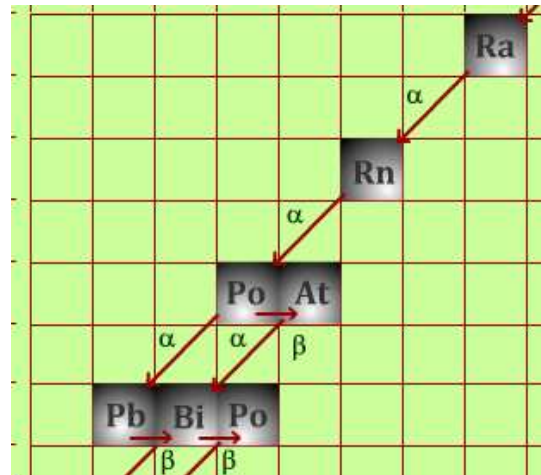


5. El radio, agente terapéutico

El radio-226 ($^{226}_{88}\text{Ra}$) se utiliza como agente terapéutico en el tratamiento del cáncer. Pero el radio en sí mismo no es la fuente que produce la radiación útil en este proceso. En realidad son los rayos provenientes del plomo-214 ($^{214}_{82}\text{Pb}$) y del bismuto-214 ($^{214}_{83}\text{Bi}$) los que tienen valor terapéutico.

[a] Escribe las reacciones nucleares que van del radio-226 al bismuto-214.

[b] Además de la utilidad terapéutica de los fotones γ , ¿qué otras partículas se emiten en la descomposición del plomo-214 y del bismuto-214?



3. MAGNITUDES ASOCIADAS A LA RADIOACTIVIDAD

1. Rapidez de recuento

Una sustancia radiactiva tiene un periodo de semidesintegración de 1,00 min. Se coloca cerca un detector y, en el instante $t = 0$, se observa que la rapidez de recuento es de 2000 cuentas/s.

[a] Halla la velocidad de recuento en los instantes $t = 1,00$ min, 2,00 min, 3,00 min y 10,0 min.

[b] Si el rendimiento de la detección fuera del 40%, ¿cuántos núcleos radiactivos existirían en el instante $t = 0$? El rendimiento de la detección depende de la probabilidad de que una partícula producida en la desintegración provoque realmente una cuenta.

2. La desintegración del polonio-210

El periodo de semidesintegración del polonio-210 es de 138 días.

[a] Halla el porcentaje de una muestra de polonio-210 que queda sin desintegrarse al cabo de 199 días.

[b] ¿Cuánto tiempo debe transcurrir para que se desintegre el 90% de una muestra de polonio-210?

3. La actividad del plomo-214

Una muestra de $3 \cdot 10^{-14}$ g de plomo-214 presenta una actividad o velocidad de desintegración de 10^{-3} Ci.

[a] Calcula la constante de desintegración.

[b] Halla la actividad de la muestra al cabo de 10 s.

{DATOS: $1 u = 1,66 \cdot 10^{-24}$ g; $1 Ci = 3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraciones/s}

4. Un yacimiento celtíbero

La actividad del carbono concentrado en seres vivos es de $0,070 \mu\text{Ci}/\text{kg}$ debido a la presencia de carbono-14. En el poblado celtíbero del término de Sorbán, en las proximidades de Calahorra, se ha encontrado huesos cuya actividad es de $0,048 \mu\text{Ci}/\text{kg}$. El periodo de semidesintegración del carbono-14 es de 5760 años. Calcula el año en que murieron los moradores del poblado.

5. A orillas del Huerva

En una excavación realizada en la ribera del río Huerva con motivo de las obras del tranvía de Zaragoza, se encontró un objeto de madera. Para determinar el tiempo transcurrido desde que fue manufacturado, se tomó una muestra y se observó, mediante un contador, que $1,00 \text{ g}$ de carbono-14 se desintegra a razón de 350 núcleos cada 30 min. Se sabe que en $1,00 \text{ g}$ de carbono-14, contenido en la celulosa de un árbol vivo o recién cortado, se desintegran 18 núcleos por minuto. El periodo de semidesintegración del carbono-14 es de 5760 años. Calcula la edad del objeto de madera.

6. Tritio en el río

En el análisis del agua de un río se ha encontrado que contiene $1,25 \cdot 10^{17}$ átomos de hidrógeno ordinario por cada átomo de tritio, ${}^3_1\text{H}$. El tritio se descompone radiactivamente con un periodo de semidesintegración de 12,5 años.

[a] ¿Cuál será la relación entre los átomos de hidrógeno y los de tritio 50 años después de que se haya tomado la muestra, suponiendo que no se han formado átomos de tritio adicionales?

[b] ¿Cuántos átomos de tritio contendrán 10,0 g de agua 25 años después de tomada la muestra?

7. El reloj de bolsillo

Se ha diseñado una batería atómica para relojes de bolsillo que utiliza las partículas β del prometio-147 como fuente primaria de energía. El periodo de semidesintegración del prometio-147 es de 2,65 años.

[a] ¿Cuánto tiempo ha de transcurrir para que la emisión β de la batería se reduzca al 10% de su valor inicial?

[b] ¿Qué fracción del prometio-147 inicial se habrá desintegrado al cabo de 5 años?

8. Medida experimental de la actividad

Una muestra de un isótopo radiactivo, inmediatamente después de ser extraída del reactor donde se formó, posee una actividad de 230 Bq. Su actividad 1h 45min después resulta ser de 170 Bq.

[a] Calcula la constante de desintegración y el periodo de semidesintegración de la muestra.

[b] ¿Cuántos núcleos radiactivos existían inicialmente en la muestra?