

Problemas Estructura de la Materia (Física Nuclear)

Pedro Bargueño, Universidad de Alicante

1.
 - Calculad la energía cinética máxima de los positrones emitidos en la desintegración $^{15}\text{O} \longrightarrow ^{15}\text{N} + e^+ + \nu_e$.
 - Sabiendo que $R = 1.45 \cdot 10^{-15} A^{1/3}$ (m), explicad las hipótesis que se están introduciendo. *Ayuda: ¿en qué se diferencian esencialmente ^{15}O y ^{15}N ?*
 - Considerad que el neutrino no tiene masa. ¿A la vista del resultado del ejercicio, se os ocurre alguna forma de medirla?
2. Calculad las energías de enlace por nucleón de los siguientes núcleos: ^3He , ^{16}O , ^{120}Sn y ^{63}Cu y representadlas en una gráfica.
3. Si un núcleo que posee igual número de protones y neutrones y tiene un radio igual a $2/3$ el radio del ^{54}V (tomad $R_0 = 1.4 \cdot 10^{-13}$ (cm)), encontrad la energía de enlace.
4.
 - Demostrad que el ^8Be puede desintegrarse en dos partículas α con desprendimiento de 0.1 MeV de energía, pero que el ^{12}C no puede desintegrarse en tres partículas α . *Ayuda: las energías de enlace (MeV) para ^2H , ^4He , ^6Li , ^8Be y ^{12}C son 2.22, 28.3, 31.99, 56.5 y 92.16, respectivamente.*
 - Demostrad que la energía desprendida (incluyendo la del fotón) en la reacción $^2\text{H} + ^4\text{He} \longrightarrow ^6\text{Li} + \gamma$ es de 1.5 MeV.
5. Utilizando la fórmula semiempírica de masas,
 - Evaluad los puntos sobre la parábola de $M = 27$ para valores $Z = 12, 13, 14$.
 - ¿Qué valor de Z corresponde al núcleo estable?
 - Encontrad los tipos de decaimientos y las energías para las desintegraciones β de los núcleos inestables.
6. Demostrad que si el protón se considera como un cuerpo uniforme cuyo número cuántico de momento angular es $s = 1/2$, su momento magnético (en valor absoluto) es $\frac{\sqrt{3}\mu_N}{2}$, siendo $\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p}$ el magnetón nuclear.

7. Cálculos sencillos, órdenes de magnitud y lecturas.
 - Elaborad un argumento (basado en la teoría) en contra de la existencia de los electrones dentro de los núcleos.
 - Estimad la energía mínima que tiene que tener un protón para atravesar la barrera de Coulomb de un núcleo ligero.
 - Leed el capítulo *More two-state systems* en *The Feynman Lectures on Physics* (<https://www.feynmanlectures.caltech.edu/>)
8. Se tiene una especie radiactiva X_1 cuyo periodo es de 2 h. Esta especie se desintegra en otra, X_2 , con periodo de 10 h. Esta segunda especie se desintegra a su vez en una tercera, X_3 , que es estable. Suponiendo que el número de átomos de la primera especie es 50 000 en el instante inicial, y que en dicho instante no existen otras especies, calculad: (i) la actividad inicial de la especie X_1 ; (ii) La cantidad de la especie X_2 que existe al cabo de 1 h; (iii) La actividad de la especie X_2 al cabo de 1 h; (iv) la masa de la especie X_2 al cabo de 5 h, suponiendo que su masa atómica es 97.
9. El ^{98}Pd se desintegra por positrones en ^{98}Rh . Sus periodos respectivos son de 17 y 8.7 m. Encontrad la actividad máxima del segundo nucleido en función de la inicial de la preparación, si en el momento inicial había sólo del primer elemento.
10. Entre los productos radiactivos que se emiten en un accidente nuclear están el ^{131}I ($t_{1/2} = 8$ días) y el ^{137}Cs ($t_{1/2} = 30$ años). Hay unas cinco veces más átomos de Cs que de I producidos en la fisión. (i) Al cabo de cuánto tiempo a partir del accidente tendrán la misma actividad?; (ii) Qué isótopo contribuye con mayor actividad a la nube radiactiva, transcurrido el primer día? Suponed que el reactor está operando durante varios días antes de producirse el accidente; (iii) De los productos de fisión, aproximadamente el 1 % es ^{131}I y cada fisión produce 200 MeV. Suponiendo el reactor con una potencia de 1000 MW, calculad la actividad del ^{131}I después de 24 h de operación.