

Estructura de la Materia 4 segundo cuatrimestre de 2017

Práctica 1: Modelos de nucleos

1. Usando la tabla: [http : //www.nndc.bnl.gov/wallet/wallet05.pdf](http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wallet05.pdf) , verifique que la partícula (núcleo de ${}^4_2\text{He}$) es estable y que no existe ningún núcleo estable con $A = 5$. Diga de qué modo decaen estos últimos.
2. Considere la fusión de los distintos isótopos del hidrógeno en núcleos de ${}^4_2\text{He}$:
 - (a) ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{n}$
 - (b) ${}^2_1\text{H} + {}^1_1\text{H} + \text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He}$
 - (c) ${}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} + \text{n} + \text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He}$
 - (d) ${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$

Calcule las energías liberadas por reacción (Q) y determine cuáles son posibles. Ordene las reacciones en función de valores crecientes de Q e indique con qué propiedad de los núcleos intervinientes está relacionado tal ordenamiento.

3. Muestre analíticamente cuál es la predicción de la fórmula semiempírica de masas para el $Z_{estable}$ que da núcleos estables con A fijo.
 - (a) Encuentre el/los núcleos estables para el caso $A = 92$ y justifique. Haga un gráfico cualitativo de las predicciones para las masas en función de Z en un entorno de $Z_{estable}$ para el caso $A = 92$.
 - (b) Calcule la masa, la energía de ligadura B , la energía de ligadura por nucleón B/A (en MeV) y las energías de separación de un neutrón y de un protón para el ${}^{41}_{92}\text{Nb}$ usando las masas experimentales. Vuelva a calcular la masa usando ahora la fórmula semiempírica, así como también la energía liberada en los decaimientos $\beta^{(+,-)}$ del ${}^{41}_{92}\text{Nb}$.
4. Utilizando la página: [http : //www.nndc.bnl.gov/nudat2](http://www.nndc.bnl.gov/nudat2) ,encuentre cuál es la energía y los números cuánticos del quinto estado excitado del ${}^{236}_{92}\text{U}$. Encuentre qué núcleos decaen por β^- o por captura electrónica al ${}^{236}_{92}\text{U}$ y cuáles son las energías (Q) liberadas para estos decaimientos.

Datos nucleares

<http://www.nndc.bnl.gov>

Números para agendar

$$1 \text{ uma} = 931.5 \text{ MeV} \quad \hbar c = 197.3 \text{ MeV fm} \quad \alpha = \frac{e^2}{4\pi\hbar c} = \frac{1}{137.0}$$

$$M_p c^2 = 938.3 \text{ MeV} \quad M_n c^2 = 939.6 \text{ MeV} \quad M_e c^2 = 511 \text{ keV}$$

Fórmula semiempírica para la energía de ligadura

$$B(A, Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c Z^2 A^{-1/3} - a_a \frac{(2Z - A)^2}{A} + \delta A^{-1/2}$$

con

$$\delta = \begin{cases} \Delta & \text{par - par} \\ 0 & \text{par - impar} \\ -\Delta & \text{impar - impar} \end{cases}$$

$$a_v = 15.56 \text{ MeV}, a_s = 17.23 \text{ MeV}, a_c = 0.697 \text{ MeV}, a_a = 23.285 \text{ MeV} \text{ y } \Delta = 12.0 \text{ MeV}.$$

5. Suponga que el potencial del modelo de capas puede aproximarse a orden cero por un oscilador armónico tridimensional de frecuencia $\hbar\omega = 8 \text{ MeV}$.
 - a) Grafique los niveles de energía hasta $N = 6$ inclusive, identificándolos con sus números cuánticos.
 - b) En realidad $V(r) \rightarrow 0$ para $r \rightarrow \infty$, y esto introduce una corrección que a primer orden puede representarse por $\Delta V_1 = -0.1 l^2 \text{ MeV}$, donde l es el número cuántico orbital del nivel. Grafique los niveles incluyendo esta perturbación.
 - c) La interacción spin-órbita introduce una corrección adicional a la energía de la forma $\Delta V_2 = -1.6(\mathbf{l} \cdot \mathbf{s}) \text{ MeV}$. Expresé ΔV_2 en función de l para $j = l \pm 1/2$ ($\mathbf{j} = \mathbf{l} + \mathbf{s}$). Grafique los niveles incluyendo ambas correcciones y compare con el resultado experimental.

6. i) Considere el núcleo ${}^4_2\text{He}$ en la configuración más baja ($\pi : 1s^2_{1/2}, \nu : 1s^2_{1/2}$). Halle los valores posibles de J^π del núcleo en ésta configuración y estime la energía de excitación usando los resultados del ejercicio anterior.
- ii) Considere el núcleo de ${}^5_2\text{He}$. Escriba las configuraciones más bajas y los correspondientes valores de J^π . Estime la energía de excitación mínima y compare con el resultado experimental.
- iii) Idem ii) para los núcleos ${}^6_2\text{He}$ y ${}^6_3\text{Li}$.
7. Demuestre que dos fermiones idénticos en una misma órbita j , sólo se pueden acoplar a impulso total J par. Use la antisimetría de la función de onda, o sea $\phi(j^2mm') = -\phi(j^2m'm)$, y la propiedad de los Clebsch-Gordan $\langle j_1m_1j_2m_2|JM \rangle = (-1)^{j_1+j_2-J} \langle j_1m_2j_2m_1|JM \rangle$. Muestre entonces que si se toma en cuenta el isospin, para los nucleones fuera de la capa de masa se encuentran en la misma órbita, el impulso angular total del núcleo puede ser par o impar dependiendo del isospin total del estado. Halle esta relación.