

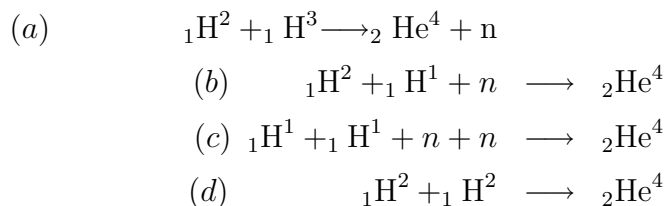
Estructura de la Materia 4 (Segundo Cuatrimestre de 2006)

Práctica 2: Física Nuclear

Problema 1: Usando la tabla <http://www.nndc.bnl.gov/wallet/wallet05.pdf>, verifique que la partícula α (núcleo de ${}^4_2\text{He}$) es estable. Asimismo, muestre que no existe ningún núcleo estable con $A = 5$. Diga de qué modo decaen estos últimos.

Problema 2: Discuta la estabilidad del átomo de hidrógeno.

Problema 3: Considere la fusión de los distintos isótopos del hidrógeno en núcleos de ${}^4_2\text{He}$; a saber



Calcule las energías liberadas por reacción (ΔE) y determine cuáles procesos de decaimiento son posibles. Ordene las reacciones en función de valores crecientes de ΔE e indique con qué propiedad de los núcleos intervinientes está relacionado tal ordenamiento. Discuta la relación con el Problema 1.

Problema 4: Muestre analíticamente cuál es la predicción de la fórmula (semi)empírica 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 justifíquelo. 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 ${}^{92}_{41}\text{Nb}$ 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 ${}^{92}_{41}\text{Nb}$.

Problema 5: Utilizando la página <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2>, encuentre cuál es la energía y los números cuánticos del quinto estado excitado del ${}_{92}\text{U}^{236}$. Encuentre qué núcleos decaen β^- o por captura electrónica al ${}_{92}\text{U}^{236}$ y cuáles son las energías (Q) liberadas para estos decaimientos.

Problema 6: Calcule la energía de ligadura por nucleón B/A en el caso del ${}^{116}\text{S}_n$. Para ello, emplee nuevamente los datos de las masas de los núcleos que están en las tablas. Calcule, también, la energía de separación de un neutrón y de un protón.

Problema 7: Suponga que el potencial del modelo de capas puede aproximarse a orden cero por un oscilador armónico tridimensional de frecuencia $\hbar\omega = 8$ 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 $\Delta V_1 = -0.1 l^2$ 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 $\Delta V_2 = -1.6(\mathbf{l}\cdot\mathbf{s})$ 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.

Problema 8: 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 $\langle j_1m_1j_2m_2|JM \rangle = (-1)^{j_1+j_2-J} \langle j_1m_2j_2m_1|JM \rangle$. Y si no están en la misma órbita ?

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

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

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