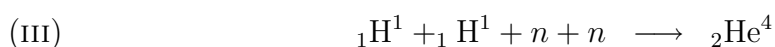


Estructura de la Materia 4

Práctica 1: Espectros Nucleares.

Segundo Cuatrimestre 2010

1. Usando el principio de incerteza $\Delta p \Delta x = h$ estime la energía necesaria para confinar un electrón dentro de un protón ($r_p \sim 1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$). Sabiendo que la energía típica de los electrones generados durante el decaimiento β es de $\sim 20 \text{ KeV}$: ¿es razonable pensar al neutrón como un estado ligado electrón-protón?
2. Obtenga las masas de los núcleos con $A = 126$, $A = 139$ y $A = 136$. Grafíquelas en función del número de protones Z , formando las parábolas de masas e indicando qué decaimientos se producen. Compruebe que para el último caso hay tres núcleos estables e identifique cuál de los posibles decaimientos de los núcleos inestables se debe al proceso de captura electrónica.
3. a) Calcule las energías de ligadura de los núcleos ${}_{82}\text{Pb}^{208}$, ${}_{82}\text{Pb}^{186}$, ${}_{70}\text{Yb}^{174}$ en términos del modelo de la gota líquida. Compare con los valores experimentales (1636.5, 1451.5 y 1406.6 MeV respectivamente) y discuta los resultados obtenidos.
b) ¿En qué regiones de la tabla de nucleidos es buena la aproximación del modelo de la gota líquida?
4. a) Demuestre, en términos del modelo de la gota líquida, que la disminución de B/A para núcleos pesados se debe principalmente a la repulsión coulombiana.
b) Considere el núcleo ${}_{92}\text{U}^{238}$. Muestre usando el modelo de la gota líquida que la energía disponible en la fisión simétrica depende esencialmente de las energías superficial y coulombiana. Explícite todas las aproximaciones que realice. Compare término a término.
5. Usando el modelo de la gota líquida, analice la producción de ${}_{92}\text{U}^{238}$ partir de:
a) el bombardeo de ${}_{90}\text{Th}^{234}$ con ${}_{2}\text{He}^4$,
b) el bombardeo de ${}_{91}\text{Pa}^{237}$ con ${}_{1}\text{H}^1$,
c) el bombardeo de ${}_{92}\text{U}^{237}$ con neutrones.
6. Considere la fusión de los distintos isótopos del hidrógeno en núcleos de ${}_{2}\text{He}^4$.
a) Determine cuáles de las siguientes reacciones entre núcleos son posibles desde el punto de vista de la conservación de la energía.



- b) Calcule la energía liberada (ΔE) en cada reacción.
- c) Ordene las reacciones en valores crecientes de ΔE e indique con qué propiedad de los núcleos intervinientes está relacionado tal ordenamiento.
7. Usando el modelo de la gota líquida:
- a) Obtenga analíticamente cuál es la masa atómica del elemento que tiene mayor energía de ligadura por nucleón.
- b) Grafique con ayuda del Mathematica (o programa similar) la energía de ligadura por nucleón en función del número atómico.
- c) Interprete sus resultados.
8. (***opcional**) Averigüe como funciona un reactor nuclear: ¿qué elemento se utiliza? ¿cuál reacción nuclear genera energía? ¿cómo se transforma esa energía en energía eléctrica?
9. 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 en un núcleo en el que los nucleones fuera de la capa de masa se encuentran en la misma órbita, el isospin y el impulso angular total del núcleo deben cumplir que $I+J$ sea impar. ¿Y si no están en la misma órbita?
10. 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 $\Delta V_1 = -0,1l$ 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. Exprese 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.
11. Teniendo en cuenta el modelo de partícula independiente, indique los valores de J^π que espera hallar en el espectro de bajas energías de cada uno de los correspondientes núcleos: ${}_{27}\text{Co}^{55}$, ${}_{27}\text{Co}^{56}$, ${}_{27}\text{Co}^{57}$, ${}_{28}\text{Ni}^{58}$, ${}_{29}\text{Cu}^{59}$.

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 $\Delta = 12,0 \text{ MeV}$.

Modelo de capas: niveles de energía

