

ESTRUCTURA DE LA MATERIA 4

PRIMER CUATRIMESTRE DE 2018

PRÁCTICA 1: SOBRE LOS NÚCLEOS ATÓMICOS

- Usando la información disponible en la tabla de nucleidos:
 - Verifique que no existen núcleos estables con $A = 5$, ni con $Z = 43$.
 - Diga de qué modo decae cada uno de los isóbaros con $A = 5$.
 - Cuente cuántos isótopos e isótonos estables existen con Z o n igual a los siguientes números *mágicos*: 20, 28, 50, 82. ¿Por qué cree que se los llamó así?
- Considere la fusión de los distintos isótopos del hidrógeno en núcleos de ${}^4\text{He}$:
 - ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + n$
 - ${}^2\text{H} + {}^1\text{H} + n \rightarrow {}^4\text{He}$
 - ${}^1\text{H} + {}^1\text{H} + n + n \rightarrow {}^4\text{He}$
 - ${}^2\text{H} + {}^2\text{H} \rightarrow {}^4\text{He}$

Calcule las energías liberadas (Q) por cada reacción 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 dicho ordenamiento.

- Encuentre analíticamente cuál es la predicción de la fórmula semiempírica de masas para el Z_{est} del núcleo estable para un dado valor de A .
 - Grafique cuantitativamente las predicciones para el caso $A = 92$ en función de Z en un entorno del Z_{est} y diga cuantos isóbaros estables predice el modelo. Repítalo para $A = 91$
 - ¿Cuántos isótopos estables espera en general para A par y cuantos para A impar? Verifique si esta predicción se cumple en la tabla de nucleidos.
 - 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 β^+ y β^- del ${}_{41}^{92}\text{Nb}$.
- Siga la cadena de desintegración del ${}_{92}^{235}\text{U}$ hasta llegar a un elemento estable nombrando cada uno de los radionucleidos que la conforman, su forma de decaimiento y período de semidesintegración.
- ¿Hace cuántos años la relación isotópica ${}^{235}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ natural fue la misma que hoy se usa en los elementos combustibles del reactor nuclear Atucha I (${}^{235}\text{U}/{}^{238}\text{U} \sim 0.85\%$)? Discuta los principios básicos de funcionamiento de un reactor nuclear.

6. Estime cuántos antineutrinos emite usted por segundo sabiendo que aproximadamente el 18 % de su masa es carbono y que la relación natural $^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \sim 2 \times 10^{-12}$. Dato: $T_{1/2}(^{14}\text{C}) = 5730$ años.
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 nuevamente 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 $j = l \pm \frac{1}{2}$ ($\mathbf{j} = \mathbf{l} + \mathbf{s}$).
- (d) Grafique ahora los niveles incluyendo ambas correcciones y compare con el resultado experimental. ¿Que puede decir sobre los números mágicos del problema 1?

Tabla de nucleidos y 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

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

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