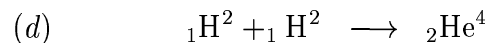
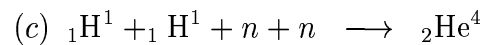
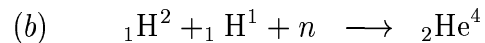
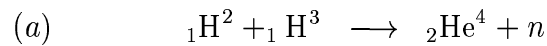


Estructura de la Materia 4 (2006-1c)

Práctica 1: Física Nuclear

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 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 ${}^4_2\text{He}$.



Calcule las energías liberadas por reacción (ΔE) y determine cuáles 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.

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 ${}^{92}_{41}\text{Nb}$ 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 ${}^{92}_{41}\text{Nb}$.
4. i) Explique por qué los núcleos impares tienen un solo isóbaro estable y los núcleos pares suelen tener más de uno.
ii) Considere los isóbaros de masa $A=145$. Grafique las masas en función del número de protones Z . Utilizando la fórmula semiempírica halle el isóbaro estable y busque en <http://www.nndc.bnl.gov> el resultado experimental.
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.

6. Utilice la formula semiempírica para analizar la fisión del ${}_{92}\text{U}^{238}$ en los siguientes casos:

a) ${}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow {}_{46}\text{Pd}^{119} + {}_{46}\text{Pd}^{119}$ (fisión simétrica)

b) ${}_{92}\text{U}^{238} \rightarrow {}_{56}\text{Ba}^{144} + {}_{36}\text{Kr}^{94}$ (fisión asimétrica)

Despreciando la energía de ligadura de los electrones, indique si cada uno de estos procesos es posible energéticamente (justifique). En el caso en que lo sean, calcule las energías liberadas y compárelas; en caso contrario, compare los 'déficits' energéticos. Analizando las contribuciones a las energías de ligadura término por término, indique cuáles contribuciones favorecen la fisión simétrica y cuáles la asimétrica.

7. 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 $\Delta V_2 = -1.6(\mathbf{l} \cdot \mathbf{s}) \text{ MeV}$. Expresa 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.

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 $\phi(j^2 m m') = -\phi(j^2 m' m)$, y la propiedad de los Clebsch-Gordan $\langle j_1 m_1 j_2 m_2 | J M \rangle = (-1)^{j_1 + j_2 - J} \langle j_1 m_2 j_2 m_1 | J M \rangle$. Y si no están en la misma órbita ?

9. 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: ${}_{27}^{55}\text{Co}$, ${}_{27}^{56}\text{Co}$, ${}_{28}^{56}\text{Ni}$, ${}_{28}^{57}\text{Ni}$.

10. Considere el problema de la polarización del núcleo del ${}^{14}\text{N}$ en el contexto del modelo de capas:

i) Explique porqué se lo puede considerar como un core de spin 0 formado por 6 protones y 6 neutrones mas un protón y un neutrón adicionales ambos en estado $P_{1/2}$

ii) A partir de la descomposición de la función de onda de los estados $P_{1/2}$ en la base

desacoplada, obtenga la contribución de ambos nucleones al momento magnético y compare con el resultado experimental (0.404 magnetones nucleares).

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 $\Delta = 12.0 \text{ MeV}$.