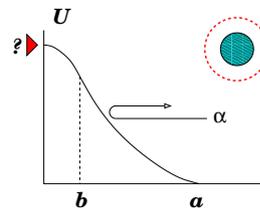


1. Exprese las masas de un proton (938 MeV), un kaón (494 MeV), un muón (106 MeV) y un electrón (0.51 MeV) en unidades fm^{-1} . Compárelas con el momentum cuya longitud de onda es del tamaño de un núcleo liviano ($\sim 2 \text{ fm}$).
2. Considere el modelo hipotético de un átomo eléctricamente neutro, conformado por una cáscara esférica de espesor ínfimo, de radio a y carga $-Ze$. En su interior se distribuye uniformemente una carga Ze en una esfera de radio b . Haciendo uso de este modelo, determine la energía potencial electrostática para la interacción entre un átomo de oro con una partícula α . Evalúe la energía potencial en el centro del átomo. Si haces de partículas α de 10 MeV dan cuenta de rebotes en 180° con respecto a la dirección de incidencia, ¿de qué orden resulta b ?



3. El núcleo atómico tiene un radio entre 2 fm y 5 fm. En ese entorno los nucleones, de masas cercanas a 940 MeV, están confinados. Valiéndose del principio de incertidumbre de Heisenberg, estime la dispersión del momentum de los nucleones. Si ellos están confinados a esas escalas de longitud, debe haber un pozo de potencial que lo permita. Estime entonces la profundidad de ese potencial y compárelo con el potencial coulombiano de un protón en un núcleo típico. Sus estimaciones numéricas debieran ilustrar el argumento de porqué a las interacciones nucleares también se les llama interacciones fuertes.
4. Un sistema se considera relativista cuando las energías involucradas son comparables a las masas de sus constituyentes. ¿En qué medida el núcleo atómico es relativista?
5. Considere núcleos atómicos típicos caracterizados por la masa de sus constituyentes (nucleones), entorno de confinamiento (R) y energía de ligazón por nucleón del orden de 8 MeV. Combine estas cantidades de modo que resulte una cantidad con dimensiones de acción. Evalúela y compárela con la constante de Planck. Con este resultado argumente si el núcleo atómico es un sistema cuántico o clásico.
6. Determine el radio de Bohr para un antiprotón (\bar{p}) en órbita electromagnética en el núcleo ^{90}Zr . Evalúe y compare con el radio nuclear.
7. El uranio natural en Tierra presenta isótopos ^{235}U y ^{238}U con abundancias de 0.72% y 99.27%, respectivamente. Suponiendo que al momento de formación de estos isótopos ambos eran igualmente abundante, estime el tiempo de aparición de éstos si las semi-vidas respectivas son 7.04×10^8 y 4.47×10^9 años.

8. El cuerpo humano contiene aproximadamente un 5% de potasio, del cual un 0.012% es $^{40}_{19}\text{K}$. La semivida del potasio-40 es 1.25×10^9 y. Estime la actividad de una persona de 70 kg debido al potasio en su cuerpo. Exprese su resultado en Bq.
9. El cobalto-60 ($Z=27$) tiene una semivida de 1925 d, desintegrándose *via* decaimiento β . Determine el rango de energías con que emergen los rayos β . Estime el alejamiento mínimo necesario de una persona a una muestra de 1 gramo de ^{60}Co sin blindaje, a fin de que no se sobreexponga a riesgos de daños permanentes por radiación. La norma exige no más de 50 mili-sieverts por año (50 mSv), con $1 \text{ Sv}=1 \text{ joule/kg}$. Notar que 60 gramos de cobalto-60 corresponden, aproximadamente, a 6.6×10^{23} átomos.
10. El núcleo ^9Be es bombardeado por partículas α de 6 MeV. En la reacción $^9\text{Be}(\alpha, n)^{12}\text{C}$ se observan tres niveles de energía del ^{12}C sobre el estado fundamental: 4.43, 7.66 y 9.63 MeV. Usando estos datos (y consideraciones de 'recoil') muestre que los neutrones emergentes de esta reacción tienen energías de 11.6, 6.90, 3.57 y 0.69 MeV.
11. Considere las reacciones del tipo $x + X \rightarrow y + Y(+Q)$: (a) $p + ^7\text{Li} \rightarrow \alpha + \alpha$; (b) $n + ^6\text{Li} \rightarrow \alpha + t$; (c) $p + ^{14}\text{N} \rightarrow ^3\text{He} + ^{12}\text{C}$. Calcule Q en cada caso e indique si la reacción es exotérmica (Q positiva) o endotérmica.
12. En una muestra de un litro de CO_2 en condiciones estándares se detecta un promedio de 5 desintegraciones β por minuto ($^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + e^- + \bar{\nu}_e$). Calcular la fracción de ^{14}C presente en la muestra si su semi-vida es de 5700 años.
13. $^{210}_{83}\text{Bi}$ (vida media 2.7 días) decae *via* emisión β a ^{210}Po (vida media 200 días), el cual a su vez decae *via* emisión α a ^{206}Pb . Si la muestra de bismuto estaba inicialmente pura, determinar el momento en que la emisión α alcanza un máximo.
14. Una muestra de oro es expuesta a un haz de neutrones de intensidad constante tal que 10^{10} por segundo de ellos son absorbidos en la reacción $n + ^{197}\text{Au} \rightarrow ^{198}\text{Au} + \gamma$. El núcleo ^{198}Au decae (β) a ^{198}Hg con una vida media de 3.89 días. Calcule el número de núcleos de ^{198}Au y ^{198}Hg al cabo de 6 días de irradiación. Suponga que el mercurio no es afectado por el haz de neutrones. Determine la población de equilibrio de núcleos ^{198}Au .
15. Un haz de neutrones de energía cinética 0.29 eV e intensidad de 10^5 s^{-1} atraviesa una película de ^{235}U cuyo espesor es de 10^{-1} kg/m^2 . Cada una de las colisiones neutrón-núcleo puede tomar uno de los tres siguientes canales:
 - (a) scattering elástico: $\sigma_e=0.02 \text{ barn}$.
 - (b) captura del neutrón seguida por emisión γ del núcleo: $\sigma_c=70 \text{ barn}$.
 - (c) captura de neutrón seguida de ruptura del núcleo en dos partes casi iguales (fisión): $\sigma_f=200 \text{ barn}$.

Calcular:

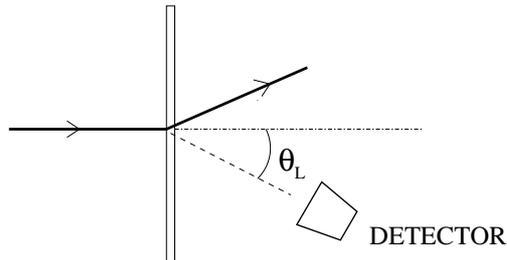
- A) la atenuación del haz de neutrones por la película;
- B) el la tasa de reacciones de fisión (por segundo) que ocurren en la película;
- C) el flujo de neutrones que salen en el canal elástico y que se detectan a 10 m del blanco (suponiendo distribución isotrópica de neutrones).

16. Complete la tabla siguiente si la vida media del K^+ es de 1.237×10^{-8} s.

Modo de decaimiento	Branching fraction	Partial transition rate [s^{-1}]
$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$	0.635	
$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$	0.212	
$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^0$	0.056	
$K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^0$	0.017	
$K^+ \rightarrow \pi^+ + \mu^+ + \nu_\mu$	0.032	
$K^+ \rightarrow \pi^+ + e^+ + \nu_e$	0.048	

17. Determine la energía con que saldrían los electrones en un hipotético decaimiento del neutrón según $n \rightarrow p + e^-$. EVALÚE considerando $m_p = 938.27$ MeV; $m_n = 939.57$ MeV and $m_e = 0.511$ MeV. EXPLIQUE en que discrepa este resultado con la fenomenología del decaimiento beta.
18. Deduzca la contribución coulombiana $a_c Z^2/A^{1/3}$ para la fórmula de masa.
19. Valiéndose de la fórmula de masas, graficar las masas atómicas $m(A, Z)$ para los casos $A=90$ y para $A=91$ e identificar posibles decaimientos β^\pm y captura electrónica. Encontrar una expresión (y evaluar para estos dos casos) que determina la carga Z de mayor estabilidad bajo los decaimientos considerados; comparar con la información en la tabla de núcleos.
20. Haciendo uso de la fórmula de masa y despreciando el término de apareamiento, deduzca que núcleos esféricos (A, Z) cuyo Z^2/A es del orden, o superior a 20 MeV son inestables bajo el decaimiento en dos fragmentos idénticos.
21. Haciendo uso de la fórmula de masa $M(A, Z)$ determine los núcleos proclives a decaimiento alfa. Contraste su resultado con evidencia experimental disponible. Puede valerse del computador.
22. Haciendo uso de la fórmula de masas, investigue la posibilidad que un núcleo 'even-even' (A, Z) se desintegre en dos núcleos idénticos $(A/2, Z/2)$.
23. Calcule el radio cuadrático medio y factor de forma asociado a cada una de las siguientes distribuciones:
- $\rho(\vec{r}) = \rho_0 \delta(\vec{r})$
 - $\rho(\vec{r}) = \rho_0 \exp(-ar)$
 - $\rho(\vec{r}) = \rho_0 \exp(-ar^2/2)$
 - $\rho(\vec{r}) = \rho_0 \Theta[r - R]$
24. Determine los niveles de energía del sistema ligado de un antiprotón ${}^{90}\text{Zr}-\bar{p}$ (zirconio/anti-protón) cuando sólo se considera la interacción coulombiana. Además estime los radios asociados a cada una de las órbitas y comente sobre la estabilidad de tal sistema. En particular, qué órbitas son más factibles a la luz del tamaño finito de la distribución de nucleones en zirconio. ¿Se puede dar el estado análogo al fundamental del átomo H?

25. En un acelerador de iones pesados se hace incidir un haz radioactivo sobre un blanco de hidrógeno. La energía cinética del haz es E , la masa de los iones es M y la de los protones es m . Los detectores se ubican a un ángulo θ_L con respecto a la dirección del haz de iones. Determine la energía ϵ con que emergen los protones en el canal elástico. GRAFIQUE ϵ en función de θ_L .



26. Los nucleones tienen spin $1/2$ e isospin $1/2$. Denotando $\vec{S} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$ y $\vec{T} = \vec{t}_1 + \vec{t}_2$ el spin total e isospin total, respectivamente, entonces S y T pueden tomar valores 0 ó 1 . Exigiendo que la función de onda del sistema de dos nucleones debe ser antisimétrica ante el intercambio de partículas, determine todos los estados cuánticos físicamente posibles en un sistema de dos nucleones (NN) cuyo momentum angular J sea menor o igual a 6 . Identifique estos estados usando la notación $^{2S+1}L_J$.
27. Considere una interacción nuclear NN de juguete descrita por

$$V(r) = -V_0 \Theta(b - r),$$

con Θ la función escalón. Para ondas S ($L = 0$), determine posibles estados ligados. Ajuste V_0 y b de modo que la energía de ligazón sea sólo una de valor 2.2 MeV.