

FÍSICA DE RADIACIONES I 2025

HOJA 6

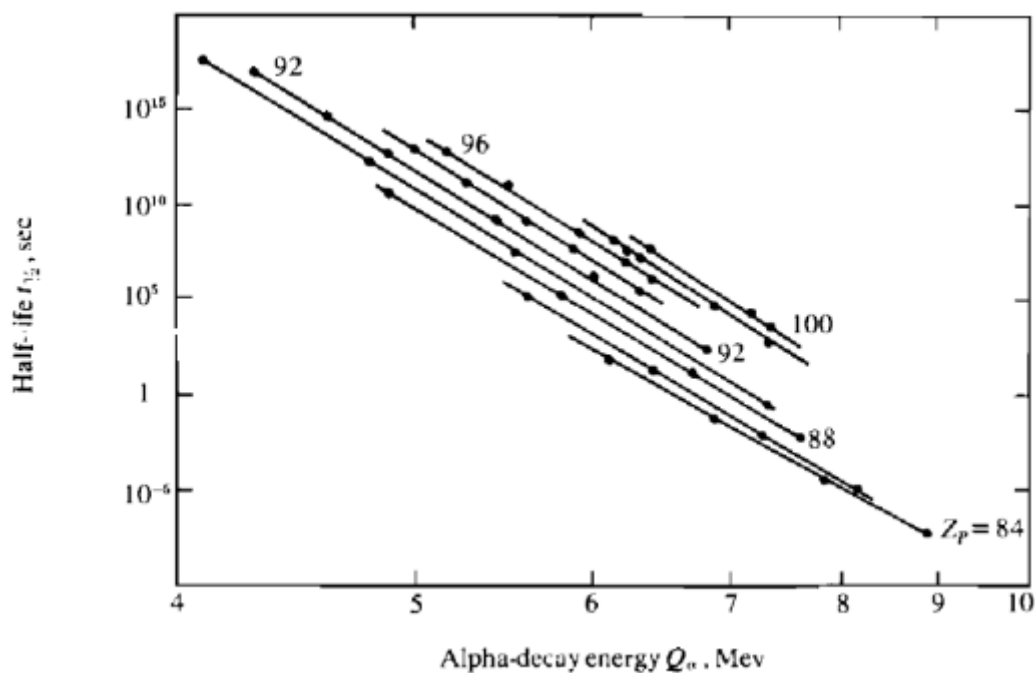
1. A partir de tablas de nucleidos como la del OIEA, identifique todos los núcleos con números mágicos de protones y/o neutrones y clasifíquelos según sean mágicos simples, doblemente mágicos y posibles candidatos a número mágico de acuerdo con la teoría. Indique también en cada caso si son estables o no, modos de decaimiento, abundancias naturales y, en caso de no existir, argumentar la razón de esto.
2. A partir de la expresión de la probabilidad de decaimiento por unidad de tiempo de una partícula α para una barrera ancha

$$\lambda_{\alpha} \cong \frac{v_{in}}{R} e^{\left[-\frac{4\pi Z_D e^2}{\hbar v} + \frac{8}{\hbar} (Z_D e^2 M_0 R)^{1/2} \right]}$$

deduzca

$$\log(t_{1/2}) = a + \frac{b}{\sqrt{Q_{\alpha}}}$$

y calcule los coeficientes en MeV y segundos y compare con el siguiente gráfico:

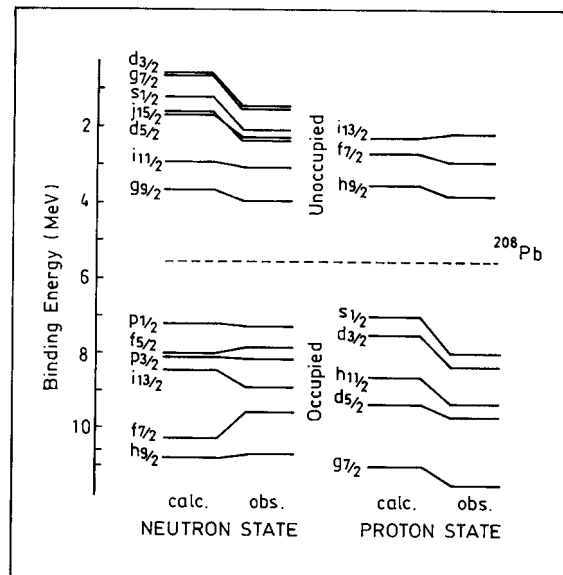


3. Calcule la probabilidad de que haya efecto túnel para una barrera de ancho L y alto V_0 .
4. En el modelo de pozo de potencial se verifica que

$$N = \frac{V}{3\pi^2} \left(\frac{2m_n E_n}{\hbar^2} \right)^{3/2}, \quad Z = \frac{V}{3\pi^2} \left[\frac{2m_p (E_p - U)}{\hbar^2} \right]^{3/2}$$

donde E_n y E_p son las energías del neutrón y del protón, respectivamente, ocupando el nivel más bajo de energía, y U es el potencial electrostático. Compruebe que cuando $N = Z = A/2$, resulta $E_n = E_p - U \cong 38 \text{ MeV}$.

5. Halle la configuración, el espín y la paridad de los núcleos ^{16}O , ^{40}Ca y ^{208}Pb . Representar en un diagrama la colocación de los nucleones.
6. Sea un estado nuclear con paridad impar según el modelo de capas en el que puede haber 12 nucleones como máximo. ¿Cuáles son sus valores de l y j ?
7. Halle el salto de energía entre las capas de neutrones $1p_{1/2}$ y $1d_{5/2}$ para núcleos con número másico $A = 16$ a partir de la energía de ligadura total de los átomos ^{15}O (111,9556 MeV), ^{16}O (127,6193 MeV) y ^{17}O (131,7627 MeV).
8. Las energías de protones y neutrones en el entorno del ^{208}Pb vienen dadas en la figura. A partir de la misma:
 - a) Estime los espines y las paridades del estado base y los dos primeros niveles excitados del ^{207}Pb .
 - b) Estime los espines y las paridades de los estados más bajos del ^{208}Bi (degenerados). ¿Cuál es la energía del estado base del ^{208}Bi con respecto a la del ^{208}Pb ?



9. El oro natural ^{197}Au es radiactivo y decae con una emisión α de 3,3 MeV de energía. Estime la vida media y explique por qué el oro no le hace un agujero en el bolsillo del pantalón.
10. a) Calcule, utilizando una tabla de masas, la energía liberada en el decaimiento α del ^{239}Pu .
 b) La energía cinética de las partículas α en dicho decaimiento es de 5,16 MeV. Muestre que la diferencia con el valor encontrado en a) puede ser atribuida a la energía cinética del núcleo residual, ^{235}U .
11. La vida media del ^{239}Pu se ha determinado sumergiendo una esfera de masa de 120,1 g de dicho elemento en un volumen de nitrógeno líquido lo suficientemente grande para detener las emisiones de partículas α y midiendo la tasa de evaporación del líquido. Esta tasa corresponde a una potencia de 0,231 W. Calcule la vida media del ^{239}Pu sabiendo que la energía de las partículas α es 5,144 MeV. Tenga en cuenta la energía de retroceso del núcleo resultante.
12. a) Verifique que la emisión de ^{14}C por el ^{222}Ra es energéticamente posible.

- b) Calcule la media vida de este proceso, suponiendo que ocurre por un mecanismo semejante al del decaimiento α .
- c) Compare con el valor experimental, $T_{1/2} = 3200$ años, e interprete la posible diferencia con el valor calculado en b.
13. Calcule la expresión de la energía máxima del electrón en el decaimiento beta del neutrón. Obtenga ese valor en MeV.
14. a. ¿Cuántos átomos hay en 1 mg de ^{226}Ra ? La semivida del radionúclido es de 1600 años.
- b. Calcule la actividad específica en Ci/g.
- c. Obtenga una relación entre la actividad específica del ^{226}Ra y la actividad específica de cualquier radionúclido.
- d. Calcule la actividad específica del ^{60}Co ($T_{1/2} = 5,27$ a).
- e. Calcule la actividad específica del ^{60}Co a partir de la relación obtenida en c y compare con la calculada en d.
- f. ¿Cuántos átomos de ^{60}Co hay en una fuente con una actividad de 1 Ci?
15. Una arqueóloga aficionada encuentra un hueso y cree que es de dinosaurio, por lo que envía una pequeña muestra a un laboratorio para su datación por carbono 14. El laboratorio determina que el contenido de carbono de la muestra es de 5 g y tiene una actividad de 0,5 Bq. ¿Cuántos años tiene el hueso? ¿Puede ser de dinosaurio? Tenga en cuenta que el error en la datación por carbono 14 es un 5%.
16. Tras el accidente del reactor nuclear de Chernóbil en 1986, la radioactividad de la leche en Polonia se elevó a 2000 Bq/l debido a la presencia de ^{131}I en el pasto ingerido por el ganado vacuno. El yodo radiactivo, con una semivida de 8,04 d, es muy peligroso, ya que la glándula tiroidea acumula yodo. El accidente de Chernóbil ocasionó un considerable aumento de cáncer en tiroides entre la población infantil de Bielorrusia.
- a. Encuentre la actividad de la leche debida al potasio y compare con la actividad por el yodo. Asuma que 1 litro de leche contiene 2 g de potasio, de los cuales el 0,011% es ^{40}K .
- b. ¿Cuánto tiempo tiene que pasar para que la actividad debida al yodo sea menor a la que es debida al potasio?
17. Para destruir un tumor cancerígeno se debe entregar una dosis de radiación gamma de 2,12 J en 30 días a partir de implantes de semillas con ^{103}Pd . Asuma que este isótopo tiene una semivida de 17 d y emite rayos gamma de 21 keV de energía, que son completamente absorbidos por el tumor.
- a. Encuentre la actividad inicial del conjunto de implantes.
- b. Encuentre la masa total de paladio radiactivo que estas semillas deben contener.
18. Un espécimen vivo contiene un átomo de ^{14}C por cada $7,7 \cdot 10^{11}$ átomos de carbono estable. Una muestra arqueológica de madera (celulosa, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) contiene 21,0 mg de carbono. La muestra es colocada durante una semana en un contador blindado de partículas beta con una eficiencia del 88% y se obtiene un valor de 837 cuentas.

Asumiendo que el flujo de rayos cósmicos y la atmósfera de La Tierra no ha cambiado desde que se formó la muestra, encuentre la edad de la misma.

19. a. Calcule la energía liberada por la desintegración alfa del ${}^{222}_{86}\text{Ra}$, la energía de la partícula alfa y la energía de retroceso del átomo de polonio si el hijo es emitido en su estado base.
- b. El núcleo ${}^{238}_{92}\text{U}$ emite una partícula alfa de 4,20 MeV. Determine la energía total liberada en este decaimiento.
- c. Calcule el valor de Q y su error experimental para el decaimiento beta del neutrón en un protón libre: $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_e$
- d. Calcule la energía liberada en la desintegración beta de ${}^{32}_{15}\text{P}$. Si la partícula beta tiene 650 keV, ¿cuánta energía posee el antineutrino emitido?
- e. Una fuente de ${}^{108}_{49}\text{In}$ emite un fotón gama de 633 keV y un electrón de la capa K por conversión interna de 606 keV. ¿Cuál es la energía de ligadura del electrón en la capa K?

20. Un padre decae por emisión β^- a un hijo estable. Las energías (en MeV) y frecuencias más relevantes son:

β^- : 3,92 máx (7%), 3,10 máx (5%), 1,60 máx (88%)

γ : 2,32 (34%), 1,50 (54%), 0,820 (49%)

e^- : 0,818, 0,805

- a. Dibuje el esquema de desintegración.
- b. ¿Cuál es la energía máxima que el antineutrino puede recibir en este decaimiento?
- c. ¿Cuál es el valor del coeficiente de conversión interna?
- d. Calcule la energía de ligadura de la capa L del hijo.
21. Calcule la energía de retroceso del átomo de tecnecio como resultado de la emisión de fotones en la transición isomérica ${}^{99m}_{43}\text{Tc} \rightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + \gamma$.

		$lj_{15/2}$	16	184	184
		$3d_{3/2}$	4	168	
— 4s	—	$4s_{1/2}$	2	164	
— 3d	—	$2g_{7/2}$	8	162	
— 2g	—	$1i_{11/2}$	12	154	
	—	$3d_{5/2}$	6	142	
	—	$2g_{9/2}$	10	136	
— 1i					
		$li_{13/2}$	14	126	126
— 3p	—	$3p_{1/2}$	2	112	
— 2f	—	$2f_{5/2}$	4	110	
	—	$3p_{3/2}$	6	106	
	—	$2f_{7/2}$	8	100	
— 1h	—	$1h_{9/2}$	10	92	
		$1h_{11/2}$	12	82	82
— 3s	—	$3s_{1/2}$	2	70	
— 2d	—	$2d_{3/2}$	4	68	
	—	$2d_{5/2}$	6	64	
— 1g	—	$1g_{7/2}$	8	58	
		$1g_{9/2}$	10	50	50
— 2p	—	$2p_{1/2}$	2	40	
— 1f	—	$1f_{5/2}$	6	38	
	—	$2p_{3/2}$	4	32	
	—	$1f_{7/2}$	8	28	28
— 2s	—	$1d_{3/2}$	4	20	20
— 1d	—	$2s_{1/2}$	2	16	
	—	$1d_{5/2}$	6	14	
— 1p	—	$1p_{1/2}$	2	8	8
	—	$1p_{3/2}$	4	6	
— 1s	—	$1s_{1/2}$	2	2	2
sin acoplo espín-órbita (a)	con acoplo espín-órbita (b)		$(2j + 1)$	$\sum (2j + 1)$	Números mágicos