Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Universidad Nacional de Córdoba

Física Moderna II

Guía N°3: Procesos Nucleares

Problema 1: La vida media del ^{90}Sr es de 28 años. Determinar:

a) La constante de desintegración del ^{90}Sr,

b) La actividad de 1 mg de ^{90}Sr en curies y en núcleos por segundo,

c) El tiempo necesario para que 1 mg se reduzca a 250 μg, y

d) La actividad al tiempo calculado en c).

Problema 2: Una muestra de material radioactivo recién preparada se desintegra en un nucleido estable y se mide su actividad cada 20 s. Se han medido las siguientes actividades (en μCi) comenzando en $t = 0$ s: 410, 190, 90, 43, 20, 9.6, 4.5, 2.15, 1.00, 0.48, 0.23.

a) Hacer un gráfico del logaritmo natural de la actividad en función del tiempo.

b) Hallar la constante de desintegración y la vida media de la muestra.

c) ¿Cuántos núcleos radiactivos había en la muestra al instante $t = 0$ s?.

Problema 3: Probar que la vida media, $\bar{T}$ de una sustancia radioactiva está dada por:

$$\bar{T} = \frac{1}{N_0} \int_{N_0}^{0} t\, dN = \frac{1}{\lambda}$$

Problema 4: En un reactor nuclear se produce un nucleido radiactivo a razón de g núcleos por segundo. Calcular el número de núcleos del nucleido radiactivo producidos en función del tiempo, suponiendo que inicialmente hay N_0 núcleos de la sustancia radiactiva. Considerar los casos en que $N_0 < \frac{g}{\lambda}$ y $N_0 > \frac{g}{\lambda}$.

Problema 5: Suponga que en la cadena radioactiva $A \rightarrow B \rightarrow C$ los núcleos de la sustancia C son estables:

a) Probar que el número de núcleos N_C en función del tiempo es:

$$N_C(t) = \frac{N_{Ao}}{\lambda_B - \lambda_A} \left[\lambda_B \left(1 - e^{-\lambda_A t}\right) - \lambda_A \left(1 - e^{-\lambda_B t}\right)\right]$$

donde N_{Ao} es número inicial de núcleos A y se supone que la cantidad inicial de núcleos B y C es cero.

b) Mostrar $N_B(t)$ es máximo en el instante:

$$t_{max} = \frac{ln(\lambda_B/\lambda_A)}{\lambda_B - \lambda_A} \quad .$$

Problema 6: Calcular la energía de la partícula α liberada cuando el ^{144}Nd se desintegra en ^{140}Ce. Calcular además la energía de retroceso del núcleo residual. Las masas de reposo son 143.9100 uma y 139.9054 uma respectivamente.

Problema 7: El espectro de desintegración α del ^{226}Ra tiene una estructura triple, siendo las energías de las partículas α: 4.777, 4.593 y 4.342 MeV. Suponiendo que el nucleido residual ^{222}Rn se produzca en el estado fundamental y 2 estados excitados, dibujar el diagrama de niveles de energía y mostrar la emisión de rayos γ asociados con la transición.

Problema 8: Mostrar los modos posibles de desintegración del ^{40}K, que tiene una masa en reposo de 39.964 uma. Calcular la energía disponible para cada proceso posible.

Problema 9: Probar que el ^{7}Be se desintegra por captura electrónica. Su masa de reposo es 7.016929 uma. Calcular la energía y el momentum del neutrino y del núcleo residual de ^{7}Li.

Problema 10: Completar las siguientes ecuaciones de reacciones nucleares, colocando en lugar de X el nucleido o la patícula correctos:

$$\begin{array}{llll}
(a) & {}^{27}_{13}Al(n,\alpha)X; & (b) & {}^{31}_{15}P(\gamma,n)X; \\
(c) & {}^{31}_{15}P(d,p)X; & (d) & {}^{12}_{6}C(X,\alpha){}^{8}_{4}Be; \\
(e) & {}^{11}_{5}B(\gamma,X){}^{8}_{4}Be; & (f) & {}^{115}_{49}In(n,\gamma)X; \\
(g) & {}^{58}_{28}Ni(p,n)X; & (h) & {}^{59}_{27}Co(n,X){}^{60}_{27}Co\,.
\end{array}$$

Problema 11: La actividad del carbono encontrado en especímenes vivientes en la actualidad es de 0.007 μCi por kilogramo, debido a la presencia de ^{14}C. El carbón proveniente de los restos arqueológicos de un fogón encontrado en un campamento indio tienen una actividad de 0.0048 μCi/Kg. La vida media del ^{14}C es de 5760 años. Calcule el año en que este fogón fué utilizado por última vez. Especifíque todas las suposiciones utilizadas en su cálculo.

Problema 12: Cuando el ^{7}Li se bombardea con protones de 0.70 MeV, se producen dos partículas α, ambas con energía de 9.0 MeV.

a) Calcular la energía liberada, Q, en la reacción;

b) Calcular la diferencia entre la energía cinética total de las partículas α y la energía cinética inicial del protón en el sistema de laboratorio.

Problema 13: Una lámina de acero borado de las que se usan en los reactores nucleares como barras de control, tiene 150 mm de espesor y 2% de su peso en boro. Las secciones eficaces del Fe y B para neutrones rápidos son 2.5 b y 755 b respectivamente.

a) Calcular las secciones eficaces macroscópicas de absorción de cada uno de estos elementos en la lámina de acero borado.

b) ¿Qué fracción de un haz de neutrones se absorbe al atravesar esta lámina?.

c) Calcular la sección eficaz macroscópica de la lámina si el contenido de boro aumenta al 3%.

Densidades: $\rho_B = 2.5 \times 10^{-3}\,\mathrm{kg/cm^3}$; $\rho_{Fe} = 7.9 \times 10^{-3}\,\mathrm{kg/cm^3}$.

NOTA: Los siguientes tres problemas ilustran los razonamientos que condujeron a Chadwick en 1932 al descubrimiento del neutrón.

Problema 14: Cuando las partículas α de 5.30 MeV proveniente de una fuente de ${}^{210}_{84}\mathrm{Po}$ incidían sobre un blanco de ${}^{9}_{4}\mathrm{Be}$ se encuentraba una radiación desconocida sin carga. Suponiendo que la radiación emergente corresponde a rayos γ, calcular la energía de los rayos γ que emergen del banco de ${}^{9}_{4}\mathrm{Be}$ en la dirección de incidencia.

Problema 15: En experimentos separados, la radiación desconocida del problema anterior se hizo incidir sobre un blanco de parafina rico en protones y sobre un blanco de ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$. Suponiendo aún que esta radiación corresponde a fotones, determinar la mínima energía del fotón para producir en cada experimento protones en retroceso con 5.7 MeV y núcleos de ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$ en retroceso con 1.4 MeV. Compare estas energías con el resultado del problema anterior.

Problema 16: Suponiendo en el problema anterior que los protones y núcleos de ${}^{14}_{7}\mathrm{N}$ en retroceso fueron el resultado de una colisión frontal con una partícula incidente masiva, encontrar la correspondiente masa y energía cinética inicial.