

Radioactividad y medioambiente - Curso 2024

Práctica 5. Interacción de la radiación con la materia

Resumen: Sabemos que es la radioactividad, que tipos de partículas se emiten y cómo se comportan temporalmente, pero ¿cómo interactúan con los medios materiales? Este aspecto es fundamental desde un punto de vista del daño que puede provocar a los seres vivos y materiales, y además porque es la base de los principios de detección, es decir, de los detectores de radioactividad.

Problema 1: a) El alcance de las partículas α de 4 MeV en el aire es 2,5 cm ($\rho_{\text{aire}} = 1,29 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$). Admitiendo que el alcance es inversamente proporcional a la densidad, hallar el alcance para las mismas partículas en agua y Pb.

b) El alcance para protones de 6 MeV en el aire es de 45 cm. Hallar el alcance aproximado en agua y Pb.

Problema 2: a) La pérdida de energía por unidad de camino de una partícula cargada pesada (carga ze) de velocidad v en un material se puede aproximar, para el caso no relativista (*partículas cargadas de energía menor a 10 MeV*) por la expresión:

$$-\left. \frac{dE}{dx} \right|_e = 0,1535 \frac{\text{MeV} \cdot \text{cm}^2}{g} \cdot \rho \frac{Z z^2 c^2}{v^2 A} \ln \left(\frac{4m_e^2 v^4}{I^2} \right)$$

con ρ la densidad del medio material de número atómico Z y número másico A con el que interactúa la partícula incidente. I representa el potencial de excitación promedio del material absorbente.

Calcular la pérdida de energía de una partícula α de 10 MeV en Al, siendo $I = 150 \text{ eV}$.

b) Calcular el número de pares de ión-electrón por milímetro de camino generados por protones de 2 MeV en gas nitrógeno bajo condiciones normales de presión y temperatura. Suponer $I = 80 \text{ eV}$ y que el trabajo requerido para la generación de un par ión-electrón es $w = 35 \text{ eV}$.

Problema 3: a) Demuestre que en un mismo medio material las partículas α y los protones de la misma velocidad inicial tienen aproximadamente el mismo rango, independientemente del medio material considerado.

b) ¿Cuál es la velocidad y energía con la que un protón ingresa a un medio material si en dicho medio tiene aproximadamente el mismo rango que una partícula α de 10 MeV?

c) Un protón y una partícula α que inicialmente tienen la misma energía ingresan en un medio material. Encuentre qué relación existe entre los rangos de ambas partículas para los casos en que $E = 1 \text{ MeV}$ y $E = 10 \text{ MeV}$.

d) Un protón tiene un rango de 0,1 mm en Al. Encuentre la velocidad de dicho protón al ingresar al Al.

Problema 4: La sección eficaz de absorción total para rayos γ en el Pb vale aproximadamente 20 barns a 15 MeV.

a) ¿Qué espesor de Pb reducirá la intensidad de los rayos gamma a $1/e$?

b) ¿Qué espesor reducirá la intensidad en un factor 100?

Problema 5: Un haz de fotones colimados provenientes de una fuente de ^{137}Cs , cuya energía es de 661,62 KeV, incide sobre tejido muscular.

a) Calcular el porcentaje de fotones que emergen después de atravesar un espesor de 20 cm.

b) Realizar el mismo cálculo para 20 cm de aire en condiciones normales.

Problema 6: Sea una fuente radiactiva que emite simultáneamente rayos gamma de 0,6 MeV y 1,7 MeV. Si se desea emplear los gammas de más alta energía, evitando la exposición a los gamma de 0,6 MeV, calcular qué espesor de Al es necesario interponer entre fuente y detector.

b) ¿En qué porcentaje se reducirá la intensidad del haz de 1,7 MeV?

Datos del coeficiente de atenuación: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>

Problema 7: Un fotón de energía 662 keV interactúa con un absorbente por efecto Compton, resultando emitido un fotón a 45° .

- a) Determine las energías del fotón y electrón dispersados.
- b) ¿Cuál es la máxima energía que puede tener un electrón?

Problema 8: a) ¿Cuántas colisiones son necesarias para reducir la energía de un neutrón de 1 MeV a 0,025 eV usando C como moderador?

- b) ¿Y en el caso de H?

Problema 9: Suponga que está realizando el monitoreo radiológico en una fábrica utilizando un detector Geiger Müller. En un cierto punto el conteo observado es considerablemente mayor que el fondo natural. Una vez que detectó este incremento, a) ¿se le ocurre alguna estrategia para, como primera aproximación, saber de qué tipo de radiación se trata?

- b) ¿Es esto suficiente para una evaluación completa?

Problema 10: Utilice la página: https://www.gigaphysics.com/gmtube_lab.html para simular diferentes medidas con un Geiger Müller en diferentes condiciones. ¿A qué conclusiones llega?