

El núcleo y sus radiaciones - 2011

Práctica 9

Interacción de la radiación con la materia

1. La pérdida de energía por unidad de camino de una partícula pesada y de carga ze , con velocidad v en un material de n átomos por unidad de volumen y número atómico Z se puede aproximar por la expresión¹:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{e^4 z^2 n Z}{4\pi \epsilon_0^2 m_0 v^2} \ln \left(\frac{2m_0 v^2}{I} \right)$$

Calcular la pérdida de energía de una partícula α de 10 MeV en Al, siendo $I = 170$ eV. ¿Cuál sería su máxima penetración en el aluminio si la tasa de pérdida de energía se mantuviera constante?

2. Utilizando la expresión anterior obtenga una gráfica de la pérdida de energía de la partícula a medida que penetra el aluminio (curva de Bragg). Si es necesario utilice cálculos numéricos. A partir de la curva determine el rango de la partícula α en el aluminio y la profundidad a la cual deposita la mayor cantidad de energía (pico de Bragg).

3. Deducir las formulas de cambio de escala que permiten conocer la pérdida de energía y el rango de una partícula cargada (y pesada) a partir del conocimiento de esas magnitudes para una partícula dada.

$$-\frac{dE}{dx}(T_2) = -\frac{z_2^2}{z_1^2} \frac{dE_1}{dx} \left(T_2 \frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$R_1(T_2) = \frac{M_2}{M_1} \frac{z_1^2}{z_2^2} R_1 \left(T_1 \frac{M_1}{M_2} \right)$$

4. Si la pérdida de energía de un protón de 10 MeV en aire es de 50 keV/cm a) ¿cuál es la pérdida de energía de una partícula α de 40 MeV? b) Suponiendo que las ecuaciones de pérdida de energía para protones y electrones (no relativistas) fueran idénticas, ¿a qué energía tendría un electrón la misma pérdida que un protón de 10 MeV?

5. ¿Cuál es la energía de un protón que tiene aproximadamente el mismo rango que una partícula α de 10 MeV? Mostrar que las partículas α y los protones de la misma velocidad inicial tienen aproximadamente el mismo rango en cualquier absorbente.

6. Procediendo de la misma manera que en el ejercicio 2 es posible obtener la curva de Bragg para el caso de protones de 10 MeV incidiendo sobre agua ($I = 75$ eV). En la figura 1 se muestra tal curva y a la derecha, un detalle de la misma por encima de los 0.122 cm de profundidad. Un tumor se encuentra a una profundidad de 5 cm dentro del cuerpo de un paciente. A partir de la dependencia del rango con la energía ($R=T^{1.75}$), estimar qué energía deberían tener los protones incidentes para que la máxima transferencia de energía se produzca en el tumor.

7. Considerar un electrón de 1 MeV incidiendo sobre aluminio. Calcular su poder de frenado. ¿Cuál sería la penetración en el aluminio si la la tasa de pérdida de energía fuera constante en el tiempo? Teniendo en cuenta que el rango de los electrones es (aproximadamente) independiente del material cuando el mismo se expresa en g/cm². Estimar el rango de los electrones de 10 MeV en el aluminio a partir de la curva del rango de electrones en agua [ver figura al final de la práctica].

8. Se tienen una fuente de ²¹¹Bi con una actividad de 50 μ Ci. Estime el espesor mínimo de Aluminio necesario para detener todas las partículas con carga emitidas.

¹ La formula esta dada en unidades del sistema internacional (SI).

El núcleo y sus radiaciones - 2011

Práctica 9

Interacción de la radiación con la materia

9. Utilizar la base de datos “XCOM: Photon Cross Section Database” del NIST² y estudiar la absorción másica de fotones con energías entre 50keV y 10 MeV en plomo. Obtener el coeficiente de absorción másica para una energía de 500 keV así y la contribución a la misma de los diferentes tipos de interacciones (fotoeléctrico, Compton y producción de pares). ¿Que espesor de plomo elimina el 99% de fotones de esa energía?

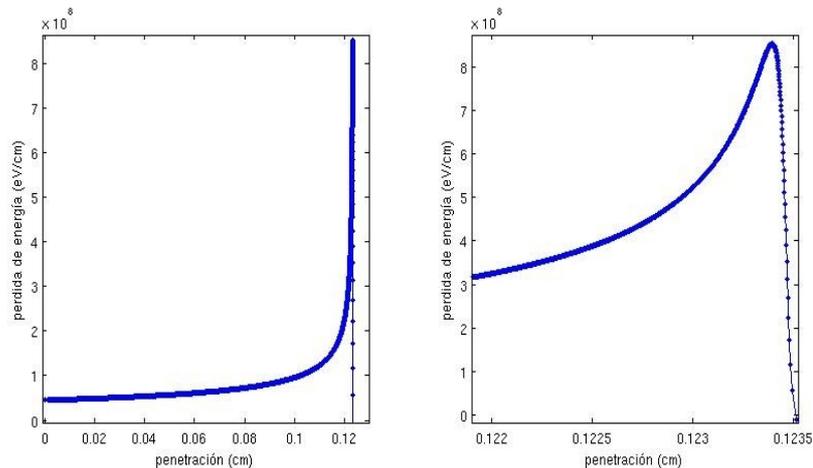


Figura 1. a) Curva de Bragg calculada a partir de la expresión del ejercicio 1 para protones de 10 MeV en agua. b) detalle de la misma curva en la región del pico de Bragg. (PROBLEMA 6)

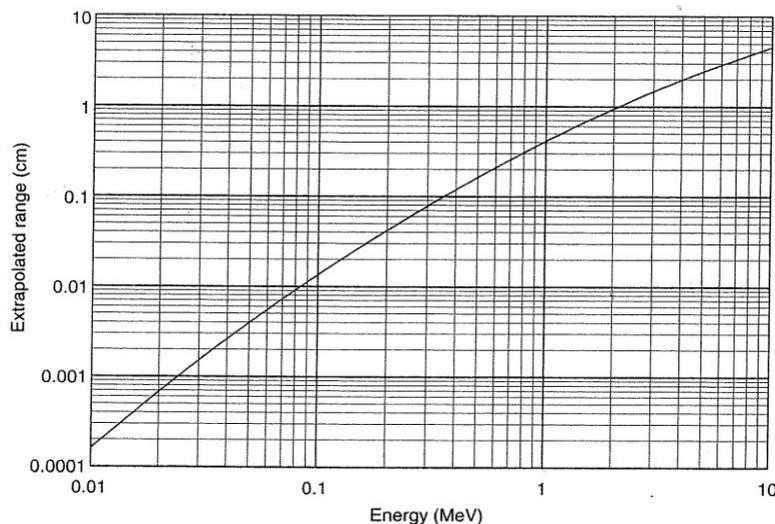


Figura 2. Rango extrapolado de electrones en agua. (PROBLEMA 7)

Bibliografía

- R. D. Evans, The Atomic Nucleus, McGraw-Hill, 1955, New York, EEUU, [BibFis]
- W. R. Leo, Techniques for Nuclear and particle Physics Experiments, Springer Verlag, Berlín, 1994 [BibFis]
- S. R. Cherry, J. A. Sorenson, M. E. Phelps, Physics in Nuclear Medicine, tercera edición, W.B.Saunders, Philadelphia, 2003

² Dirección web de la base de datos XCOM del NIST: <http://www.nist.gov/pml/data/xcom/index.cfm>