

Práctico 4

Física de Radiaciones II (2017)

Bonus track Práctico 3. a) Reproduzca las figuras 5.3 y 5.4 de Kissick.
b) Idem con las figuras del libro de Attix 7.6, 7.7 y 7.8.

38. El poder de frenado ("Stopping Power") juega un papel importante en el estudio de las interacciones entre partículas cargadas y los átomos de los medios absorbentes.

- Defina el poder de frenado y explique su utilidad.
- Describa brevemente los tipos de poder de frenado que conoce.
- Explique por qué el poder de frenado másico S depende de las propiedades físicas del medio y del tipo de partícula cargada. Sin embargo para una partícula cargada pesada, S es constante en un factor de 2 para todos los medios absorbentes.

39. ¿Cuál debe ser la relación entre la energía cinética de un protón y de un deuterón que puedan transferir idéntica energía máxima a un electrón atómico?

40. Determine cuál es la máxima energía que puede ser transferida a un electrón en una colisión frontal por las siguientes partículas, cuya energía es de 25 MeV :

- electrones,
- positrones,
- protones,
- partícula .

41. Rehacer el problema 40, para el caso en que cada una de las partículas tenga la misma velocidad que un protón de 25 MeV.

42. En general el poder de frenado total para una dada partícula cargada es la suma del poder de frenado de colisión y el poder de frenado por radiación. Sin embargo para partículas cargadas pesadas la componente radiativa es despreciable, comparada con la componente de colisión.

- Calcule el poder de frenado másico del agua para un protón de energía cinética $T=100$ MeV. Ignore las correcciones de capa y densidad. El potencial de ionización I de excitación atómica del agua es 75 eV.
- Para protones de 1 MeV y 10 MeV en agua repetir lo calculado en a)
- Calcular la energía cinética del deuterón para que el poder de frenado del agua sea el mismo que el del protón en (a).
- Calcular el poder de frenado del agua para una partícula α que tiene la misma velocidad que el protón de la parte (a).
- Comparar los resultados obtenidos en (a) y (b) para los protones y en (d) para las partículas α con datos disponibles del NIST para los poderes de frenado del agua para protones y partículas α , respectivamente. www.nist.gov/pml/data/star/index.cfm.

43. a) Determine cuáles son las componentes blandas y duras del poder de frenado másico de colisión para tritio ($M = 2808,95$ MeV, $Z=1$) en cobre si su energía cinética es igual a 800 MeV? (Suponga $H = 100$ eV). Determine el poder de frenado total de colisión.

b) Determine el poder de frenado másico de colisión en cobre para una partícula α con la misma velocidad que la partícula de la parte a).

44. Un ciclotrón es capaz de acelerar protones hasta 100 MeV de energía cinética.

- ¿Cuáles serían las máximas energías cinéticas para deuterones y partículas α ?

b) Calcule el poder de frenado másico de colisión en agua y en plata para las correspondientes partículas α . ¿En qué porcentaje aproximadamente cambia el último valor hallado si se consideran las correcciones de capas? ¿y para el caso del agua?

45. Calcule los poderes de frenado másicos de colisión para un electrón y un positrón con una energía cinética de 50 MeV en aluminio. (Incluya las correcciones correspondientes) y determine el valor de la constante, n , que relaciona el poder de frenado de colisión con el poder de frenado radiativo para dichos electrones.

46. ¿Cuánta energía será emitida en forma de bremsstrahlung por 10^{15} electrones que ingresan con 10 MeV a una lámina de Sn y salen de ella con una energía promedio de 7 MeV?

47. ¿Cuál es el rango de un ${}^3\text{He}^{2+}$ de 15 MeV en agua líquida?

48. El ${}^{239}\text{Pu}$ emite partículas α de 5,16 MeV.

a) ¿Cuál es su rango, en cm, en agua líquida?

b) ¿En hueso cortical?

c) ¿En PMMA?

49. La ionización específica, j , se define como el número de pares de iones primarios y secundarios, producidos por unidad de longitud de la trayectoria trazada por una partícula cargada (CP) que atraviesa un medio dado. Normalmente se expresa en pares de iones por milímetro (ip/mm) y aumenta con la carga de la partícula. La ionización específica producida por una partícula cargada, con una energía cinética dada, que atraviesa un medio, es proporcional al poder de frenado, S , en el medio y la constante de proporcionalidad (al menos para gases) es \bar{W} , es decir, la energía media requerida para que una partícula de energía cinética dada produzca un par de iones en el medio. Para gases, \bar{W} es prácticamente independiente de la energía de la partícula incidente y solo depende ligeramente del tipo de partícula cargada. Su valor en aire, para electrones y rayos X, es $\bar{W} = 33,97$ eV/ip, para protones es 35 eV/ip y para partículas alfa es 36 eV/ip. Determinar la ionización específica resultante del paso de un protón de 10 MeV través de aire estándar ($T = 0$ C y $P = 101,3$ kPa).

Datos: Densidad de aire estándar $1,293 \times 10^{-3}$ g/cm³; el potencial medio de ionización I excitación del aire es $I = 86$ eV. Composición del aire: Nitrógeno 75.8 %, Oxígeno 22.6 %, Argón 0.93 %, y dióxido de carbono 0.03 % ($M_{\text{CO}_2} = 44$ g/mol).

50. Para un medio con un dado número atómico Z , la energía cinética, T , de una partícula cargada liviana para la cual ambas componentes del poder de frenado son iguales ($S_{\text{col}}(T_{\text{crit}}) = S_{\text{rad}}(T_{\text{crit}}) = 1/2 S_{\text{tot}}(T_{\text{crit}})$) es llamada energía cinética crítica T_{crit} . EN algunos trabajos se propone que T_{crit} para un dado material Z puede ser estimada con la siguiente expresión empírica:

$$T_{\text{crit}} \approx 800 \text{ MeV}/Z$$

En la figura se grafica el poder de frenado radiativo y de colisión de los elementos: Helio, Carbono, Aluminio, Cobre, Plata, Plomo y Uranio, en función de la energía cinética T de las partículas livianas. Los datos son extraídos de NIST y las gráficas son para T en la vecindad de T_{crit} .

a) Identifique las curvas de S_{col} y S_{rad} para los 7 materiales.

b) Construya un gráfico de T_{crit} en función de Z a partir de los datos de la gráfica y otro a partir de los valores de la ecuación y compárelos.

51. Una fuente pequeña de ${}^{90}\text{Y}$ de $3,7 \times 10^8$ Bq es colocada dentro de un contenedor blindado con plomo tal que su espesor absorbe las partículas β emitidas por la misma (de energía máxima 2,28 MeV y energía media 0.94 MeV).

a) Estime la tasa de energía que es irradiada como bremsstrahlung y la tasa de fluencia de fotones a 1 metro de distancia de la fuente.

b) ¿Cómo cambiarían los valores calculados en a) si el blindaje fuese de aluminio?

52. a) Calcule la energía cinética máxima que una partícula de masa M le puede transferir a otra de masa m en una colisión. Obtenga las expresiones usadas en clase y la forma en el caso $M \gg \gamma m$.

b) Muestre que $\beta^2 = T(T + 2 M c^2)/(T + M c^2)^2$.

53. Calcule el poder de frenado másico restringido electrónico en aluminio para electrones y positrones con energía cinética de 50 MeV con un "cut-off" $\Delta = 15$ keV.

54. Un electrón de 1 GeV en aire recorre una longitud de radiación. Calcule la energía que perdió en ese trayecto.

55. a) Calcule la energía que radía un electrón de 4 MeV en un blanco de tungsteno lo suficientemente grueso para detenerlo. b) Estime el cociente entre la tasa de pérdida de energía radiativa y la colisional para electrones de 10 MeV y 1 MeV en un blanco de tungsteno.

