

Práctico 3

Física de Radiaciones II (2019)

18. El gráfico de la figura muestra la dependencia del coeficiente másico de atenuación y del coeficiente másico de absorción con respecto a la energía del fotón incidente, para agua (línea continua) y cobre (línea sólida).

- Indica cuál de las dos curvas para cada material corresponde a μ/ρ y a μ_{en}/ρ .
- Explica cualitativamente el comportamiento de las curvas en el rango de las energías mostradas.

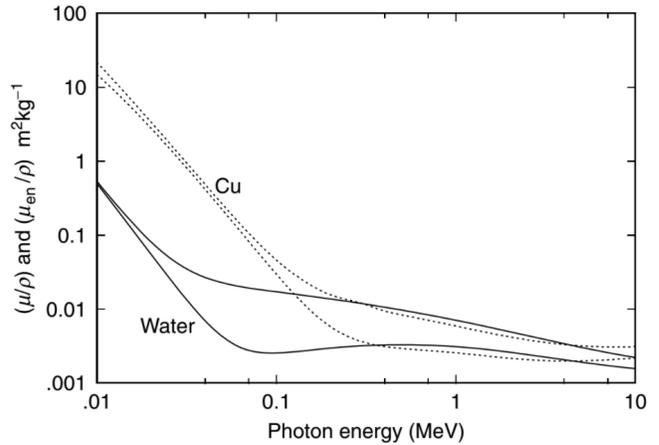


Figura extraída de *Handbook of Radiotherapy Physics Theory and Practice* P.Mavles

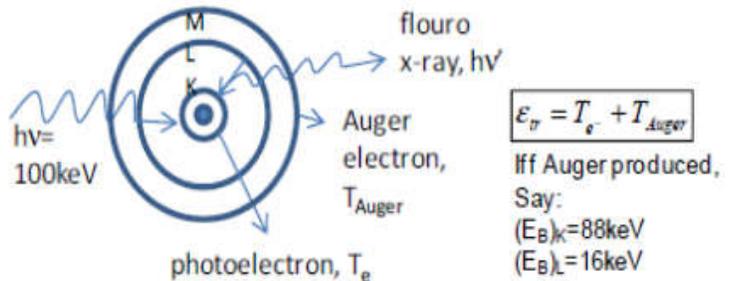
19. Calcula la energía umbral para el efecto fotoeléctrico en una capa dada.

20. Calcula la energía de un fotoelectrón expulsado de la capa K en estaño por un fotón de 40 keV y el correspondiente coeficiente $\frac{\tau_{tr}}{\rho}$.

21. Halla el nº de electrones K y el nº de electrones L+M que son expulsados de una lámina fina de plomo que posee $0,5 \times 10^{20}$ átomos/cm² al ser bombardeada por un haz de 10^4 fotones de energía “apenas” superior a 88 KeV.

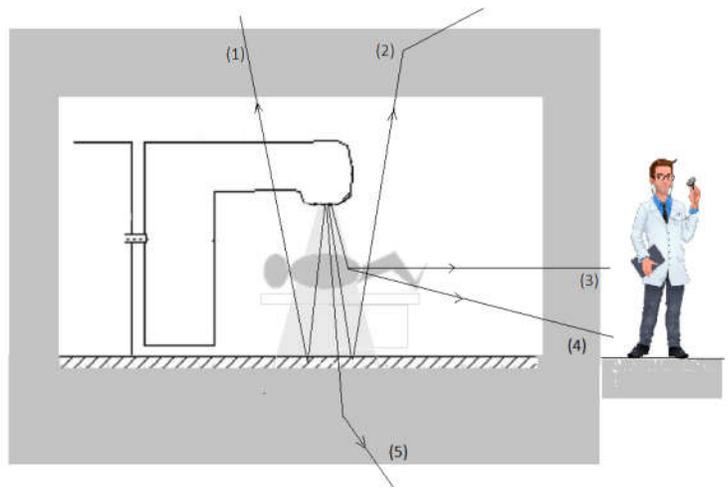
22. Calcula la energía transferida y la energía transferida neta para una interacción por efecto fotoeléctrico en los casos en que:

- no hay relajación
- toda la relajación es por efecto Auger
- únicamente ocurre un fotón de fluorescencia como se muestra en la figura.



23. En la figura de abajo se muestra una situación en donde un paciente es tratado en radioterapia con un haz monoenergético de 1,25 MeV. Las líneas numeradas con (1), (2), (3), (4) y (5) representan las trayectorias de cinco fotones que tras experimentar dispersión por Efecto Compton logran salir del Bunker.

- Ordena las trayectorias marcadas según la energía (de menor a mayor) que tienen los respectivos fotones dispersados al salir del Bunker.



- b) ¿Cuál es el valor de la máxima y mínima energía que pueden tener los fotones de éste haz al salir del Bunker? Describe alguna posible trayectoria.
- c) ¿Podrías cambiar tu respuesta en b) si se ensancha la capa de concreto del piso, paredes y techo del Bunker? Justifica.
- d) Sí el ángulo de dispersión del fotón en la trayectoria (3) es de 68° , ¿cuál es la energía con la que éste sale del Bunker?
- e) Supón que se ubica en el exterior del Bunker un detector para cada trayectoria marcada, ¿podrías ordenar las medidas registradas por dichos detectores, con el mismo criterio que en la parte a)? (No olvides que el equipo de radiación emite otros millones de fotones mas)

24. Para el efecto Compton deduce:

- a) la energía del fotón dispersado en función de la energía del fotón incidente y del ángulo de dispersión,
- b) la relación entre el ángulo del electrón emitido y el ángulo del fotón dispersado.

25. ¿Cuál es la energía máxima, y cuál es la energía media de los electrones de retroceso Compton generados por rayos gama de 20 MeV y de 20 keV?

26. Muestra que la fracción de energía perdida por un fotón dispersado por efecto Compton es:

$$\frac{T}{h\nu} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda}$$

27. Dada la ec. 4.5 de Kissick, que describe la sección eficaz diferencial por unidad de ángulo sólido para el efecto fotoeléctrico (de un electrón en la capa K expulsado en un ángulo $\theta_{e^-} + d\theta_{e^-}$), y teniendo en cuenta que $d\Omega_{\theta_{e^-}} = 2\pi \sin\theta_{e^-} d\theta_{e^-}$, grafica la sección eficaz diferencial por unidad de ángulo de eyección de un electrón de la capa K, para materiales de bajo Z y para fotones incidentes de $h\nu \sim 0,02\text{MeV}$, $0,25\text{MeV}$ y $1,50\text{MeV}$.

28. Calcula para fotones de 1 MeV la sección eficaz total de K-N, y deriva el coeficiente másico de atenuación Compton para el cobre.

29. Sobre la base de la teoría K-N (Klein-Nishina), ¿cuál es la relación entre las secciones eficaces por átomo de interacción Compton para el plomo y el carbono?

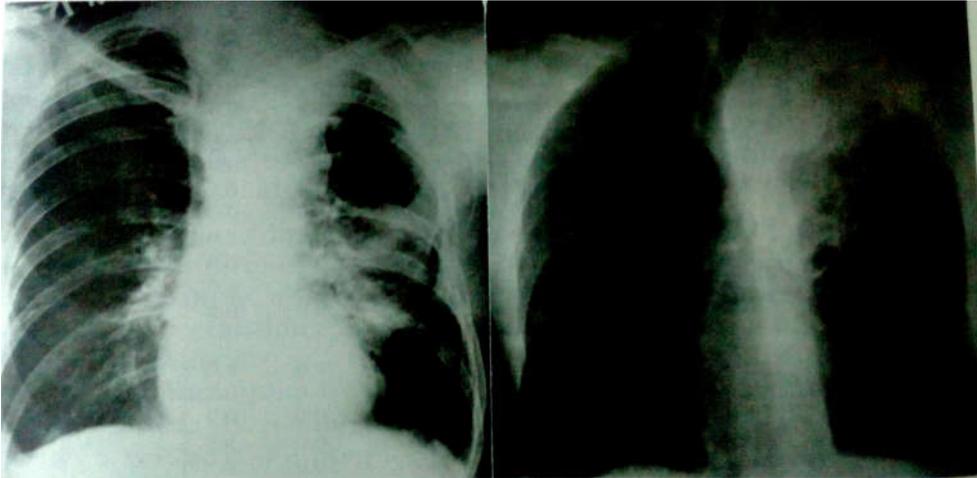
30. La sección de K-N para la colisión de un fotón de 1 MeV con un electrón es de $2,11 \times 10^{-25} \text{ cm}^2$.

Calcula para el aluminio:

- a) la sección eficaz de transferencia
- b) la sección eficaz de dispersión
- c) la sección eficaz atómica
- d) el coeficiente de atenuación lineal.

31. Un haz de $1000 \text{ fotones/cm}^2$ de 50KeV incide sobre una masa de 10g de carbono. ¿Qué cantidad de electrones Compton y de fotoelectrones son puestos en movimiento?

32. a) Se considera una pequeña región de tejido óseo rodeada por tejido blando, explica por qué la energía impartida ("Dosis") en tejido óseo es mayor que en el tejido blando circundante si se irradia con energías de fotones de 80KeV y puede ser sensiblemente menor para energías de 6MeV . (Bone: $\bar{Z} = 12,3$, $\rho_e = 3,192 \times 10^{26} \text{ elect/kg}$, Soft tissue ($\approx \text{water}$): $\bar{Z} = 7,51$, $\rho_e = 3,343 \times 10^{26} \text{ elect/kg}$).



b) En la figura se muestran 2 imágenes de rayos X de Tórax, una de ellas fue obtenida con un Equipo de diagnóstico de 80kV de Energía y la otra con un equipo de radioterapia de que usa un haz de 2MV. Identifica

cuál imagen corresponde a qué equipo y cómo relacionaría las diferencias en las imágenes con lo respondido en la parte a).

33. Halla la energía media de las partículas cargadas que resultan de la producción de pares por fotones de 2 MeV y de 20 MeV en:

- el campo nuclear
- el campo electrónico

34. Calcula la energía umbral de la producción del triplete ($e^- e^+, e^-$). Este proceso es el equivalente a la producción de pares, pero en la cercanía de un electrón del medio material.

35. Un haz estrecho de 10^{20} fotones de 6MeV incide perpendicularmente sobre una capa de plomo de 12mm de espesor.

- ¿Cuántas interacciones de cada tipo (fotoeléctrico, Compton, creación de pares, colisión Rayleigh) se producen?
- Suponiendo que cada interacción produce un fotón primario que es retirado ¿qué cantidad de energía es retirada por cada tipo de interacción?
- ¿Cuánta energía se transfiere a las partículas cargadas por cada tipo de interacción?

36. Un haz monoenergético de fotones de 2MeV interactúa con una lámina de plomo. Los coeficientes de atenuación lineal para el efecto fotoeléctrico, el scattering coherente, el efecto Compton y la producción de pares son respectivamente: $\tau=0,055\text{cm}^{-1}$, $\sigma_R=0,008\text{cm}^{-1}$, $\sigma_C=0,395\text{cm}^{-1}$ y $\kappa=0,056\text{cm}^{-1}$. La energía media transferida a una partícula cargada es $E_{tr}=1,13\text{MeV}$ y la energía media absorbida en el plomo es $E_{ab}=1,04\text{MeV}$. Calcula:

- el coeficiente de atenuación lineal
- el coeficiente de transferencia de energía
- la fracción promedio de radiación
- el coeficiente de absorción

37. Las secciones eficaces atómicas para fotones de 1 MeV que interactúan con carbono e hidrógeno son 1,27 y 0,209 barns, respectivamente. Calcula el coeficiente de atenuación lineal másico para la parafina (composición: CH_2 , densidad: $0,89 \text{ g/cm}^3$.)