

ATENUACIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

La radiación ionizante tiene la característica fundamental de producir iones. Básicamente, esta radiación tiene suficiente energía para quitarle electrones al átomo. Por lo tanto, es necesario que este tipo de radiación se utilice con mucho cuidado.

La Figura 1 es una representación esquemática del proceso de interacción de la radiación con la materia. El haz de radiación con energía E_R penetra en el medio material e interactúa con sus átomos. El resultado es la generación de energía dispersa ($E_{esp.}$), la cual fue removida del haz incidente y, por lo tanto, no llegará al lado opuesto del medio material. Esta energía extraída del haz incidente representa la atenuación (disminución) de la energía del haz incidente, es decir, la atenuación representa la cantidad de energía extraída del haz incidente por el medio material, que se denomina medio atenuante.

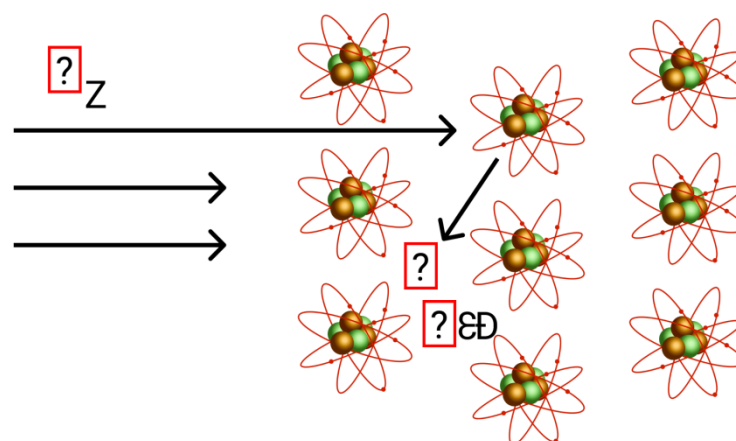


Figura 1 – Representación esquemática del proceso de atenuación. Fuente: Autor.

El proceso de atenuación es probabilístico y depende de la combinación de factores que involucran directamente la energía de radiación, el tipo de material y el espesor del medio material. Los principales procesos de interacción de la radiación con la materia son los tres efectos: fotoeléctrico, Compton y producción de pares. Estos procesos siempre tienen lugar en el medio material en función de la energía de radiación incidente, cada una con su intensidad (EISBERG; RESNICK, 1979). Para cada medio material es importante determinar el coeficiente de atenuación, que representa la cantidad de energía que la radiación pierde durante su interacción con el medio material que se está evaluando. Para este proyecto se utilizará un haz de rayos X, según se menciona en el objetivo.

La espectroscopia de rayos X se conoce desde la década de 1920, cuando los investigadores, trabajando de forma independiente, realizaron experimentos de espectroscopia de rayos X, cuyos resultados no fueron satisfactorios (EISBERG; RESNICK, 1979; STERN; SAYERS; LYTLE, 1975). En 1930 se desarrolló una interpretación de las ideas fundamentales, pero permaneció confusa hasta mediados de la década de 1970, cuando Sayers y otros científicos formularon la teoría que sigue siendo aceptada en la actualidad (STERN; SAYERS; LYTLE, 1975).

Hasta parte de la década de 1980, el uso de la espectroscopia de rayos X estaba limitado por la baja energía de las fuentes de radiación continua. Sin embargo, con la aparición de varios laboratorios de luz de sincrotrón en todo el mundo, los anillos de almacenamiento de electrones de alta energía ($E > 1$ GeV) se han convertido en fuentes ideales para la espectroscopia de absorción de rayos X, ya que permitieron obtener un espectro con una buena relación señal a ruido (BUNKER, 2010).

La espectroscopia de absorción de rayos X (XAS) es una herramienta para estudiar, a escala microscópica, la estructura interna de los materiales. Puede ser utilizada no solo en cristales, sino también en sistemas amorfos, vidrios, cuasicristales, películas desordenadas, en estudios biológicos, biofísicos, médicos, de ingeniería, ciencia de materiales y geología. Durante su vida, se volvió muy efectiva.

La cantidad física básica medida con XAS es el coeficiente de absorción, $\mu(E)$, en función de la energía del fotón incidente. Básicamente, esta cantidad representa la

fuerza con la que se absorben estos fotones en el medio material. La forma de medir esta cantidad es a través de la ley de Beer-Lambert (BUNKER, 2010).

La ley de Beer-Lambert, que se muestra a continuación en la Ecuación 1, es la función matemática que representa este proceso de atenuación.

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

En esta ecuación, $I(x)$ representa la intensidad de la radiación en la posición x , I_0 representa la intensidad del haz incidente, μ representa el coeficiente de atenuación y x representa la posición a lo largo de la dirección de propagación de la radiación. Esta ley no se caracteriza por ser una función lineal, ya que tiene un comportamiento exponencialmente decreciente y, por lo tanto, representa una reducción de la intensidad de radiación con respecto a la posición x . Más objetivamente, se puede decir que el coeficiente de atenuación debe obtenerse mediante un ajuste exponencial o aplicando el cálculo en forma reducida, según se muestra en la Ecuación 2.

$$u = \left| \frac{\ln(I_1) - \ln(I_2)}{x_1 - x_2} \right| \quad (2)$$

Es importante notar que en la Ecuación 2 el valor de x puede ser considerado como el espesor del material. El coeficiente de atenuación del medio material está asociado a su estructura interna, tipos de átomos, organización de estos átomos y moléculas (TAUHATA; SALATI; DI PRINZIO; DI PRINZIO, 2003). Así, con el valor del coeficiente es posible estimar el nivel de atenuación de las radiaciones ionizantes que está directamente relacionado con la seguridad en su manejo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Tradução Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

STERN, E. A.; SAYERS, D. E.; LYTLE, F. W. **Extended x-ray-absorption fine-structure technique**. III. Determination of physical parameters. Physical Review B, v. 11, n. 12, 1975.

BUNKER, G. **Introduction to XAFS: a practical guide to x-ray absorption fine structure spectroscopy**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, A. **Radioproteção e dosimetria: fundamentos**. 5. rev. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003.