

LABORATÓRIO DE ESTRUTURA DA MATÉRIA III

PRÁTICA: ATENUAÇÃO GAMA (γ)

INTRODUÇÃO

Um problema importante, inclusive pelas suas implicações práticas, é o da atenuação da radiação γ ao atravessar uma certa quantidade de matéria. Suponha-se uma fonte de radiação γ com energia $E=h\nu$ e fluxo I_0 , incidindo sobre um material de espessura x . A questão que se coloca é: qual será o fluxo I do feixe de radiação após atravessar o material absorvedor? Para responder esta pergunta, vamos assumir que a probabilidade de interação da radiação com o meio é quantificada por um parâmetro μ , de tal forma que a variação do fluxo, dI , ao atravessar uma camada de espessura dx do material, é dada por:

$$dI = -I\mu dx . \quad (1)$$

O sinal menos representa a diminuição do fluxo, devida à interação de fótons do feixe com os átomos do meio. Esta redução é diretamente proporcional ao próprio fluxo e ao parâmetro μ . A equação acima pode ser facilmente integrada, fornecendo o valor de I em função da espessura x :

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x} . \quad (2)$$

Denominado **coeficiente de atenuação linear**, μ tem dimensão L^{-1} e depende tanto da energia do fóton quanto do número atômico Z do absorvedor, sendo por isso representado às vezes como $\mu(\nu, Z)$.

Intrinsecamente ligado ao coeficiente de atenuação linear está o conceito de **coeficiente de absorção de massa**, definido como a razão entre o primeiro e a densidade de massa do material: μ/ρ . Em termos deste segundo coeficiente, a equação (2) pode ser reescrita como:

$$I(x) = I_0 e^{-(\mu/\rho)\lambda} , \quad (3)$$

em que $\lambda=\rho x$ é chamada **espessura de massa** e representa a densidade por unidade de área do material. É comum encontrar na literatura tabelas de coeficientes de absorção de massa dos materiais, assim como gráficos deste coeficiente em função da energia da radiação γ . Sua dimensão é L^2M^{-1} .

OBJETIVOS

- Medir a atenuação da radiação γ em função da espessura do material interposto entre a fonte e o detector para diferentes materiais e energias da radiação.
- Comparar os valores obtidos com valores tabelados.
- Estudar a dependência da atenuação com a energia e com o número atômico Z do material absorvedor.

APARATO EXPERIMENTAL

O equipamento utilizado é o mesmo usado para a prática de Espectroscopia Gama, o sistema UCS-30 [1,2]. Um estojo contendo anteparos de diferentes materiais e espessuras fornece os elementos necessários ao estudo da atenuação da radiação γ .

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento básico consiste em coletar espectros de fontes conhecidas, usando diferentes espessuras do material absorvedor, e usá-los para investigar e quantificar a atenuação sofrida pela radiação em função da espessura.

Para que os espectros possam ser corretamente comparados, devem ser normalizados pelo tempo de aquisição dos dados. Uma forma de simplificar o tratamento futuro dos dados é usar-se o mesmo tempo de coleta para todos os espectros que serão comparados, evitando-se assim a necessidade da normalização.

Um possível roteiro:

- Escolham as fontes que pretendem analisar.
- Façam os ajustes de ganho no UCS-30 para que todos os picos de interesse estejam contidos nos canais de ADC e com uma resolução otimizada.
- Antes de prosseguir, façam a calibração do sistema usando procedimento idêntico ao da prática de Espectroscopia Gama.
- Definam quais elementos absorvedores serão usados.
- Combinações de dois ou mais elementos podem ser usadas para estender a faixa de espessuras que pode ser testada. Definam o número máximo de elementos que serão usados simultaneamente em uma medida, pois isto definirá a posição da plataforma de apoio da fonte na base do detector. Observem que o fluxo de radiação incidindo sobre o detector varia com o inverso do quadrado da distância que separa fonte e detector. A distância impacta, portanto, o taxa de contagem no detector e é um parâmetro importante de ser considerado no planejamento da tomada de dados. Façam algumas rápidas tomadas de dados a diferentes distâncias para estabelecerem a taxa de contagem nos picos de interesse para diferentes fontes, o que os ajudará a decidir sobre os parâmetros aqui discutidos.
- Ao iniciar o estudo com uma fonte, façam uma tomada de dados sem qualquer elemento absorvedor, como referência. Este espectro pode ser identificado com o termo I_0 nas equações (2) e (3). A seguir, colem os espectros para os diferentes valores de espessura definidos no item anterior.
- Por fim, façam uma tomada de dados sem qualquer fonte ou elemento absorvedor para quantificar a contribuição do fundo (*background*) em suas medidas anteriores.

ANÁLISE DOS DADOS

Na análise dos dados, o elemento básico é a razão entre a taxa de contagem com uma certa espessura x_i do material e a taxa de contagem de referência, $I(x_i)/I_0$. Os valores obtidos para diferentes espessuras podem ser usados para estudar a relação entre atenuação e espessura do material.

O estudo pode ser feito para o espectro como um todo (integrado sobre todos os canais) ou para os valores de energia dos picos de interesse. Os valores do coeficiente de absorção de massa obtidos para diferentes energias (picos) podem ser comparados com os valores disponíveis na literatura ou em bancos de dados científicos [3].

RELATÓRIO

- Descrevam sucintamente os procedimentos experimentais (1 ou 2 páginas no máximo).
- Analisem os dados disponíveis para $I(x)$ e verifiquem sua compatibilidade com a equação (2).
- Analisem a dependência do coeficiente de absorção de massa do chumbo e/ou alumínio com a energia do raio γ e compare com valores tabelados.
- Ilustrem o relatório com gráficos pertinentes.

OBS.: Procurem o professor caso queiram discutir aspectos da prática que não tenham sido bem compreendidos.

REFERÊNCIAS

- [1] Sistema UCS-30: <http://www.spectrumtechniques.com/products/instruments/ucs-30-system/>
- [2] Manual do sistema UCS-30: <http://www.spectrumtechniques.com/wp-content/uploads/2016/12/UCS30-Manual.pdf>
- [3] National Institute of Standards and Technology (NIST), X-Ray Mass Attenuation Coefficients: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCoef/tab3.html>

CONJUNTO DE FONTES DO KIT DE LABORATÓRIO

Tabela 1: Dados das fontes emissoras γ (Modelo RSS 8).

Isótopo	Atividade (μ Ci)	Meia-vida	Picos de Interesse (MeV)
Bário-133	1	10,8 anos	0,081 , 0,276 , 0,303 , 0,356 , 0,384
Cádmio-109	1	462 dias	0,088
Césio-137	1	30,2 anos	0,662
Cobalto-57	1	272 dias	0,122 , 0,136
Cobalto-60	1	5,27 anos	1,173 , 1,333
Manganês-54	1	313 dias	0,835
Sódio-22	1	2,6 anos	0,511 , 1,275