

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Relatório técnico

Determinação do coeficiente de atenuação linear do chumbo.

Beatriz de Castro Bittencourt ra: 118013

Enzo Caliali ra: 117180

João Gabriel Dareli Bellato ra: 119957

Luiz Felipe Locatelli Giroldo ra: 117457

Maria Eduarda Monico Timoteo Silva ra: 118802

Vitor Hugo Ferrari Ribeiro ra: 112481

MARINGÁ
2024

Conteúdo

Resumo	2
Introdução	4
1 Fundamentação teórica	5
2 Metodologia	8
2.1 Materiais utilizados	8
2.2 Descrição experimental	8
3 Resultados e discussões	9
4 Conclusão	12
Referências Bibliográficas	13

Resumo

O experimento intitulado "Determinação do Coeficiente de Absorção Linear do Chumbo" teve como objetivo investigar a capacidade de absorção do chumbo em relação à radiação gama. Para isso, foi calculado o coeficiente de absorção linear para uma variedade de materiais, a fim de comparar e constatar a eficácia da barreira contra a radiação gama. Também foi determinada experimentalmente a camada semi-redutora para radionuclídeos específicos, o que é crucial para compreender os processos de interação entre a matéria e a radiação gama. Após aferir a radiação de fundo presente no ambiente, deu-se início à contagem da atividade na ausência de barreira. Posteriormente, foi adicionada água ao béquer, parte por parte, e as atividades foram registradas durante todo o processo por meio do contador Geiger-Müller (GM). À medida que as aferições eram realizadas, as partículas beta foram bloqueadas, permanecendo apenas a radiação gama, cuja capacidade de penetração no contador é atenuada pela presença da água. Com base nas equações descritas ao longo do desenvolvimento do experimento, foi possível obter o valor da camada semi-redutora (CSR) e o coeficiente de atenuação da água e do chumbo, que serviram como as barreiras de blindagem do experimento.

Introdução

Introdução No vasto espectro da física nuclear e radiações ionizantes, a compreensão das interações entre a radiação gama e a matéria é um dos pilares fundamentais para diversas aplicações, desde diagnósticos médicos até o desenvolvimento de novas tecnologias industriais. O experimento "Determinação do Coeficiente de Absorção Linear do Chumbo" se insere nesse contexto, buscando investigar detalhadamente a capacidade de absorção do chumbo em relação à radiação gama. Os objetivos deste experimento abrangem uma série de aspectos cruciais. Primeiramente, visa-se calcular o coeficiente de absorção linear para uma variedade de materiais, não apenas o chumbo, a fim de compreender a eficácia de diferentes substâncias como barreiras contra a radiação gama. Além disso, pretende-se realizar uma determinação experimental da camada semi-redutora para radionuclídeos específicos, proporcionando insights valiosos sobre a penetração da radiação em diferentes materiais e suas implicações práticas. Para alcançar esses objetivos, é essencial compreender os processos fundamentais de interação entre a radiação gama e a matéria. Os principais mecanismos envolvidos incluem o efeito fotoelétrico, o efeito Compton e a produção de pares iônicos. Cada um desses processos contribui de forma única para a absorção da radiação gama, resultando em um espectro complexo de comportamentos que exigem investigação detalhada. A complexidade das interações entre radiação gama e materiais não apenas desafia nossa compreensão teórica, mas também tem implicações práticas significativas. Em ambientes onde a exposição à radiação é uma preocupação constante, como instalações nucleares e laboratórios de pesquisa, é crucial desenvolver medidas de segurança e proteção eficazes. Compreender como diferentes materiais afetam a propagação da radiação gama é essencial para o desenvolvimento dessas medidas. Além disso, o estudo dessas interações também é fundamental para o avanço de tecnologias de detecção e tratamento de radiação. Desde a concepção de detectores mais sensíveis até a otimização de terapias de radiação em medicina nuclear, o conhecimento detalhado das propriedades de absorção da radiação gama é essencial para o progresso nessas áreas.

Capítulo 1

Fundamentação teórica

A radiação gama é uma radiação de natureza eletromagnética e pode interagir com a matéria de três formas diferentes: efeito fotoelétrico, efeito Compton e formação de pares. A propriedade básica de absorção da radiação gama, em qualquer um dos três processos, é evidenciada pela seguinte equação:

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1.1)$$

Em que I_0 é a intensidade inicial da radiação gama, μ o coeficiente de absorção linear da blindagem e x a espessura da blindagem atingida pela radiação, evidenciando que a intensidade da radiação decai exponencialmente para I (TAUHATA et al., 2003). Se for considerado um feixe monoenergético, em que a intensidade é proporcional ao número de fótons que atravessa a blindagem, a equação 1.1 pode ser reescrita como:

$$N = N_0 e^{-\mu x} \quad (1.2)$$

Em que N_0 e N são o número de fótons do feixe antes e depois de atravessar a blindagem. Ao analisar matematicamente esta equação, é possível afirmar que N só tenderá a zero quando x tender ao infinito. Dessa forma, é impossível fazer uma blindagem completa dos fótons do feixe experimentalmente. Então, se fazem necessários os princípios da proteção radiológica, cujo objetivo é estabelecer limites de exposição para prevenir incidentes radiológicos.

Da equação 1.2, é possível calcular a espessura $x = x_{1/2}$, dita camada semi-redutora de um material, que é única para cada radionuclídeo. Esta espessura expressa a capacidade de um feixe em penetrar determinado material conhecido. Ela representa a espessura necessária para uma blindagem reduzir à metade a intensidade da radiação incidente. As equações a seguir denotam como obter este valor numericamente:

$$N = N_0/2 = N_0 e^{-\mu x_{1/2}} \quad (1.3)$$

$$1/2 = e^{-\mu x_{1/2}} \quad (1.4)$$

$$\ln 1/2 = -\mu x_{1/2} \quad (1.5)$$

$$\ln 2 = \mu x_{1/2} = 0,693 \quad (1.6)$$

$$x_{1/2} = 0,693/\mu \quad (1.7)$$

As unidades possíveis da espessura da blindagem são cm, g/cm² e elétrons/cm². Considerando que o expoente deve ser adimensional, as unidades possíveis do coeficiente de absorção linear são cm⁻¹, cm²/g e cm²/elétrons. Em geral, o coeficiente é mais comumente expresso em cm⁻¹.

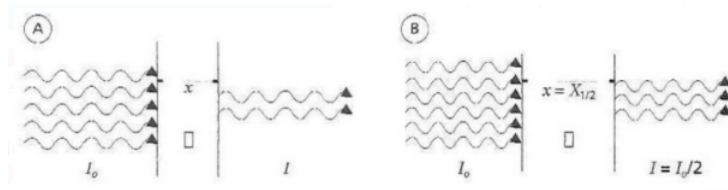


Figura 1.1: (A) Atenuação de um feixe de raios gama monoenergético ao atravessar uma blindagem de espessura x com coeficiente de atenuação linear μ . (B) Atenuação deste mesmo feixe à metade de sua intensidade incidente ao atravessar uma blindagem de espessura de uma camada semi-redutora, com o mesmo coeficiente.

Na prática experimental, a forma de calcular a camada semi-redutora de um material consiste em observar a redução das contagens obtidas para uma amostra radioativa conforme se aumenta a espessura da blindagem entre a amostra e o contador. Ao traçar um gráfico em escala logarítmica das contagens relativas a N/N_0 versus a espessura da blindagem, obtém-se uma reta em que seu coeficiente angular é igual ao coeficiente de absorção da blindagem e a espessura que corresponde a $N/N_0 = 0,5$ é $x_{1/2}$.

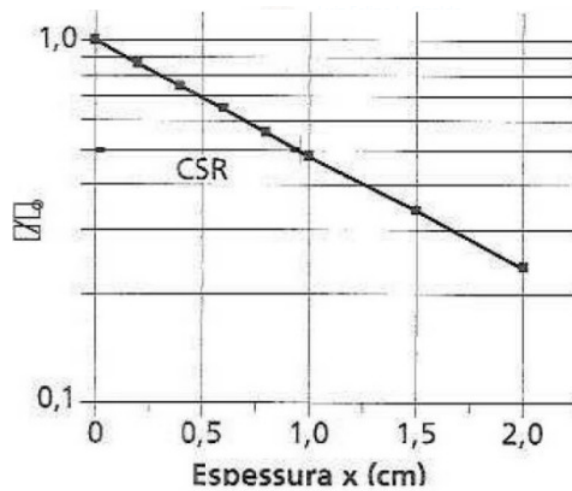


Figura 1.2: Gráfico demonstrando o decaimento da intensidade de um feixe de raios gama monoenergético em função da espessura da blindagem.

No experimento, ao manipular os dados encontrados, é necessário corrigir as contagens líquidas por conta da existência do tempo de resolução do aparato. Desta forma, para obter as contagens corrigidas pelas perdas de coincidência, é utilizada a seguinte equação:

$$N_1^* = \frac{n_1'}{1 - n_1' T} \quad (1.8)$$

Note que n_1' pode ser substituído para o valor de contagens líquidas de interesse. Nesta equação, T é o tempo de resolução do equipamento, que pode ser obtido experimentalmente através da equação, em minutos:

$$T = \frac{n_1' + n_2' - n_{12}'}{2n_1' n_2'} \quad (1.9)$$

Capítulo 2

Metodologia

2.1 Materiais utilizados

- Contador de radiação ST360 da marca Spectech ([TECHNIQUES, 2002](#));
- Detector de radiação com suporte para fontes;
- Cabos de conexão;
- Fonte radioativa de Césio-137, com atividade de 5,639 mCi;
- Béquer;
- Régua.

2.2 Descrição experimental

O experimento tem início aferindo a atividade da radiação de fundo presente no ambiente, este valor é utilizado no cálculo da contagem líquida efetuada pelo contador. Em sequência, é posicionada a fonte radioativa de Césio-137 no suporte da fonte. O béquer totalmente vazio é então posicionado imediatamente sobre a fonte e dá-se início à contagem da atividade durante 60 segundos. Essa medida fornecerá a contagem registrada na ausência de barreira. Nesse caso, desconsidera-se a espessura do béquer como barreira. Realizada a primeira aferição, é adicionada água no béquer cuja profundidade aproxima-se de meio centímetro, para essa condição afere-se novamente a atividade registrada pelo contador GM em um intervalo de tempo de 60 segundos. O processo é então repetido até que se alcance o bloqueio total dos raios β emitidos pela fonte de Césio empregada. Bloqueadas todas as partículas β , a única radiação ionizante que penetra o contador decorre das emissões do tipo γ , essas também são atenuadas pela água, porém em um passo mais lento, de modo que na estrutura experimental utilizada não se atinge o bloqueio total desse tipo de emissão. Durante a experimentação, são anotados todos os dados coletados e espessuras da barreira de água. A coleta de tais dados permite o cálculo do coeficiente total de atenuação linear da radiação γ emitida pelo Césio-137 e a determinação do alcance relativo das partículas β emitidas pela fonte radioativa.

Capítulo 3

Resultados e discussões

Durante o processo do experimento foi realizado a contagem da fonte de ^{60}Co após ser colocado abaixo de diversas barreiras que barram a radiação ionizante que emite, nos fornecendo a seguinte tabela 3.1. Na tabela 3.1 acima, temos as contagens diretas, a de fundo e as contagens

h [cm]	n [cpm]	n_f [cpm]	n' [cpm]
0	2616	28	2588
0,5	2220	28	2192
1	1992	28	1964
1,5	1716	28	1688
2	1574	28	1546
2,5	1519	28	1491
3	1420	28	1392
3,08128	1093	28	1065
3,16256	1073	28	1045
3,3175	1065	28	1037
3,635	855	28	827

Tabela 3.1: Tabela das contagens originais (n), fundo (n_f) e líquidas (n').

líquidas. Utilizando as contagens líquidas, representadas por (n'), podemos aplica-la na equação [1.8] pra obter as contagens corrigidas pelas perdas de coincidência e aplicando o tempo de resolução do tubo (T) obtido nos experimentos anteriores temos a seguinte tabela de contagens corrigidas.

Com a tabela 3 em mãos é possível observar que a partir da contagem com 2,5cm de água em diante entramos em um patamar de pouca mudança entre as contagens, isso vem através do bloqueio das radiações beta menos (β^-) fazendo que as contagens a partir de 3cm é inteiramente radiação gamma (γ) que nossa fonte Cobalto 60 produz.

Com isso podemos isolar a contagem inicial (N^*0) e obter a razão das contagens com a inicial nos fornecendo, novamente, a seguinte Tabela.

Aplicando esses dados em um Gráfico logarítmico e utilizando as equações $N = N_0/2 = N_0 e^{-\mu x_{1/2}}$ e $x_{1/2} = 0,693/\mu$ temos que o gráfico 3.1:

h [cm]	n* [cpm]
0	1
0,5	0,845099
1	0,756227
1,5	0,648948
2	0,593884
2,5	0,572579
3	0,534264
3,08128	0,408011
3,16256	0,400304
3,3175	0,397222
3,635	0,31641

Tabela 3.2: Tabela das contagens corrigidas pelo tempo de resolução (n^*).

h [cm]	n^*/n^*_0	h [cm]	n^*/n^*_0
0	1	0	1
0,5	0,845099		
1	0,756227		
1,5	0,648948		
2	0,593884		
2,5	0,572576		
3	0,534264		
3,08128	0,408011	0,08128	0,763688
3,16256	0,400304	0,16256	0,749262
3,3175	0,397222	0,3175	0,743593
3,635	0,31641	0,635	0,592235

Tabela 3.3: Tabela das contagens originais (n), fundo (n_f) e líquidas (n').

Com as equações nomeadas anteriormente foi possível obter o valor de X da camada semir-redutora (CSR) e o coeficiente de atenuação (μ) da água e do chumbo (Pb), esses, sendo nossas barreiras de blindagem para o experimento. Os valores de CSR e do μ seguem em ordem.

- $X_{1/2}(\text{água}) \approx 0,348537104 \text{ cm}$
- $\mu(\text{água}) \approx 0,207 \text{ cm}^{-1}$
- $X_{1/2}(\text{chumbo}) \approx 1,048634161 \text{ cm}$
- $\mu(\text{chumbo}) \approx 0,661 \text{ cm}^{-1}$

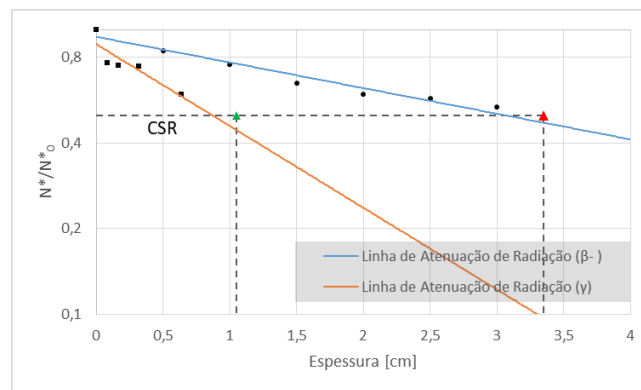


Figura 3.1: Gráfico logarítmico da razão das contagens por espessura do chumbo e água.

Capítulo 4

Conclusão

Conforme ditam os princípios de proteção radiológica, é vital compreender a necessidade da aplicação de barreiras atenuantes em toda atividade que inclua exposição a material radioativo. Nesse sentido, a prática realizada cumpriu com sua proposta de determinar o coeficiente de atenuação linear do chumbo, via verificação da dependência do número de contagens com a espessura da barreira atenuante.

Qualitativamente, natureza eletromagnética das radiações estudadas as torna suscetíveis a processos de interação com a matéria, tais como o efeito fotoelétrico, efeito compton e a produção de pares iônicos, provocando absorção de energia por parte do material e, consequentemente, redução de intensidade ao longo da espessura da barreira, tal fenômeno foi observado com clareza durante a prática.

Quantitativamente, os resultados expostos no gráfico 3.1 se mostraram compatíveis com a lei de atenuação exponencial, apresentada na equação 1.2 em todo o intervalo de medidas. Os cálculos para os coeficientes de atenuação lineares ($\mu(\text{água}) \approx 0,207 \text{ cm}^{-1}$ e $\mu(\text{chumbo}) \approx 0,661 \text{ cm}^{-1}$) e espessura das camadas semi-redutoras ($X_{1/2}(\text{água}) \approx 0,348537104 \text{ cm}$ e $X_{1/2}(\text{chumbo}) \approx 1,048634161 \text{ cm}$), levando em conta a correção necessária em razão da presença incessante de raios cósmicos, revelaram a forma exponencial do número de contagens e evidenciaram o fato de que o comportamento assintótico desta curva não permite a existência de uma blindagem perfeita.

Durante todo o experimento, a dose registrada pelo dosímetro digital não ultrapassou o limite permitido aos alunos. Além disso, o arranjo experimental permitiu fácil manipulação e ajuste de distância da fonte ao contador e espessura das barreiras utilizadas.

Bibliografia

TAUHATA, L. et al. *Radioproteção e dosimetria: fundamentos*. [S.l.]: CBPF, 2003. [5](#)

TECHNIQUES, S. *Model ST360 Radiation Counter*. [S.l.]: Spectrum Techniques, 2002. [8](#)