

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências Exatas
Departamento de Física
Laboratório de Física Moderna II - Física Nuclear e Radiações
Ionizantes

Atividade Experimental: Geometria e Eficiência de Um Contador
Geiger-Muller

Beatriz de Castro Bittencourt ra: 118013
Caroline Crivilin Carvalho ra: 90021
Enzo Caliali ra: 117180
Luiz Felipe Locatelli Giroldo ra: 117457
Vitor Hugo Ferrari Ribeiro ra: 112481

MARINGÁ
1 de março de 2024

Conteúdo

Resumo	2
Introdução	4
1 Fundamentação Teórica	5
1.1 Dependência da Taxa de Dose com a Distância	5
1.2 Eficiência Intrínseca	5
2 Metodologia	7
2.1 Materiais utilizados	7
2.2 Métodos	7
3 Resultados e discussões	8
4 Conclusão	10
Conclusão	10
Referências Bibliográficas	11

Resumo

O presente relatório refere-se à prática experimental que tem por objetivos primeiramente a determinação da radiação de fundo de um contador Geiger Müller, juntamente com o estudo da influência da posição da amostra sob o contador, bem como a realização do cálculo da eficiência global do mesmo para o tipo de partícula emitida pela fonte utilizada. Vale ressaltar que a eficiência do aparato é de suma importância para as medições e que tem ligação com diversos fatores, como a posição da amostra e geometria, relação evidenciada nessa prática. Para tanto, foi realizada a contagem da radiação de fundo, seguida de diversas contagens com a fonte nas posições de 1 a 10cm. A eficiência foi encontrada para cada uma das distâncias utilizadas no experimento e, em posse desses valores, plotou-se um gráfico para melhor visualização da dependência entre essas grandezas, obtendo como resultado uma curva que demonstra o decaimento da eficiência com aumento da distância. Também foi calculada a atividade detectada para uma fonte “desconhecida” posicionada em $y = 3cm$, obtendo-se o montante de $217.077,326Bq$, mostrando que esse valor pode ser encontrado facilmente a partir de uma fonte de calibração, conhecida, no caso o Cs-137. A atividade obtida apresentou um desvio de cerca de 30%, o qual pode ser justificado, dentre outros fatores, devido ao pouco tempo de aferição utilizado para menor exposição da equipe. De forma geral, a prática foi considerada satisfatória, ao atingir os objetivos previstos inicialmente.

Introdução

Apesar do impacto majoritariamente positivo das radiações ionizantes para a história recente, como sua presença notória na indústria, em tratamentos médicos e em estudos revolucionários, estas são capazes de causar danos graves à saúde sem manipulação sistemática e apropriada. Dessa forma, contadores de dose são essenciais na proteção radiológica, ou seja, na prevenção da exposição indevida ou acidental à radiação, ao informar com precisão a dose radiológica à qual o usuário está exposto ao longo do tempo.

Nesse contexto, se destacam os contadores tipo Geiger-Müller, cujo funcionamento se baseia na ionização de um gás ao interagir com radiação, fato que forma pares elétron-íon que são coletados pelo sistema capacitivo do contador. Ao ocorrer uma avalanche de elétrons, chamada avalanche de Townsend, o sinal elétrico produzido é registrado e convertido em indicações visuais ou sonoras.

Para garantir as medições precisas da dose de radiação à qual o usuário está exposto, é de suma importância constantemente avaliar a precisão do contador Geiger-Müller. Embora esta possa ser mantida com calibração, são inúmeros os fatores capazes de influenciar a medida destes contadores, como a própria eficiência do aparato e a radiação cósmica de fundo. A eficiência de um contador, em geral, é caracterizada como a capacidade de converter os pulsos elétricos recebidos em sinais de medição. Porém, este atributo está ligado a várias considerações, incluindo o fato deste nunca ser total, o posicionamento da amostra no porta-amostras, a geometria da amostra em si e a espessura da blindagem que a envolve.

Feitas estas considerações, neste trabalho foi testada a relação entre a posição da amostra e a contagem de doses realizada pelo contador Geiger-Müller, determinando experimentalmente as discrepâncias entre contagens ao alterar significativamente o posicionamento vertical de uma amostra de Cs-137 no aparato, enquanto constantemente medindo a radiação cósmica de fundo como referência.

Capítulo 1

Fundamentação Teórica

Os contadores Geiger-Müller estão entre os mais precisos aparelhos contadores com a determinação dos fatores que influenciam as contagens de um contador GM podendo ser feita de diversas formas. A eficiência desses contadores pode ser melhorada com ajustes nas condições experimentais que minimizem os erros decorrentes de percas por coincidência, radiação de fundo e demais possibilidades.

A construção do aparelho, utilizando chumbo como elemento de revestimento da parede cilíndrica da câmara de ionização favorece a acuidade do equipamento por atenuar grandemente quaisquer radiações que incidam sobre ela, de modo que a membrana de mica seja o único caminho pelo qual as partículas carregadas adentrem a câmara. No entanto, a radiação de fundo que incida na direção membrana será contabilizada pelo *scaler*, por isso se faz necessário realizar uma contagem da radiação de fundo antes do experimento propriamente dito.

1.1 Dependência da Taxa de Dose com a Distância

A taxa de dose de radiação proveniente de uma fonte com certa atividade pode ser verificada via contador Geiger-Müller, mas como discutido anteriormente, a posição da fonte modifica sensivelmente essa medida. Especificamente, a dose será proporcional à atividade em Bequeréis (equação 1.1) e à constante de taxa de dose correspondente (Γ'), e inversamente proporcional ao quadrado da distância (r), como na equação 1.2 (OKUNO; YOSHIMURA, 2016):

$$A(t) = A_0 \exp\left(\frac{-0,693t}{\tau_{1/2}}\right) \quad (1.1)$$

$$\dot{D} = \frac{\Gamma' \cdot A(t)}{r^2} \quad (1.2)$$

Adotando o método descrito no capítulo de metodologia, a influência da distância da fonte até a câmara de ionização pode ser verificada, contudo vale notar que a posição da fonte na bandeja também afeta o resultado por modificar o ângulo sólido através do qual as partículas carregadas atingem a membrana de mica.

1.2 Eficiência Intrínseca

Este parâmetro expressa uma relação entre a quantidade de partículas emitidas, isto é, a atividade de uma fonte radioativa e o número de contagens corrigido por um contador Geiger-Müller, de acordo com a equação 1.3.

$$\epsilon_f = \frac{1}{60} \frac{N^*}{A(t)} \quad (1.3)$$

Nela, $A(t)$ é a atividade corrigida da fonte analisada, N^* é o número de contagens por minuto registradas pelo contador (equação 1.4) e o fator $\frac{1}{60}$ é responsável por corrigir a unidade de medida de tempo.

$$N^* = \frac{n'}{1 - n'\tau_r} \quad (1.4)$$

Sendo $n' = n - n_{fundo}$ o número de contagens descontadas as contagens por radiação de fundo e τ_r , o tempo decorrido durante contagem.

A eficiência intrínseca é um fator que diz respeito ao contador em questão, o que significa que ela pode ser usada, conjuntamente a uma fonte de calibração, para determinar a atividade de uma segunda fonte, desde que ambas sejam emissoras dos mesmos tipos de radiações ionizantes e as condições de contagem sejam semelhantes, especificamente, a geometria e a distância da fonte ao contador devem ser as mesmas:

$$A(t) = \frac{1}{60} \frac{N^*}{\epsilon_f} \quad (1.5)$$

Capítulo 2

Metodologia

2.1 Materiais utilizados

Para a realização da prática experimental utilizou-se:

- Fonte selada de Cs-137, calibrada em 03/2022 com uma atividade $A_0 = 208.647$ Bq.
- Integrador de contagens Spectech ST360 com temporizador integrado;
- Fonte selada de Co-60 (fonte “desconhecida”), calibrada em 03/2022 com uma atividade $A_0 = 196.310$ Bq
- Tubo de ionização;
- Suporte do tubo de ionização acoplado a prateleira de acomodação de amostras;
- Suporte para amostras (porta fontes).

2.2 Métodos

Feita a conexão do cabo de alimentação do sistema na tensão de 110V, o contador de radiação foi ligado. Através do ‘display select’, acessou-se o menu de configuração para o ajuste do tempo de contagem (TIME) para 60 segundos e da tensão para seu valor ótimo, previamente determinado de 920V.

Como primeira medida, fundamental para a apuração das demais, foi feita a contagem da radiação de fundo, ou seja, contagem sem nenhuma amostra no suporte. Feito isso, a primeira fonte, Cs-137, foi posicionada no *slot* $y = 1$ cm e a contagem foi efetuada. Esse procedimento foi repetido variando-se a posição da fonte até 10 cm, de 1 em 1 cm. Os resultados obtidos foram anotados em uma tabela e a fonte foi guardada no cofre, para não interferir na segunda parte do experimento.

Com uma fonte guardada no cofre, a outra, “desconhecida” (Co-60), foi posicionada em $y = 3$ cm e a contagem foi realizada. O resultado também foi anotado.

Em posse dos valores obtidos, foi calculada a eficiência intrínseca do contador em relação às distâncias e os resultados obtidos foram posteriormente utilizados para a confecção de um gráfico. A atividade da fonte desconhecida também foi calculada, tendo como comparativo a amostra de calibração de Cs-137. Os valores foram comparados.

Capítulo 3

Resultados e discussões

Nesta seção foram explicitados os resultados e discussões obtidos realizando a prática experimental prevista na Metodologia e com base nos princípios teóricos apresentados anteriormente. Com base nos dados apresentados para a fonte radioativa de Césio-137 e tendo como base a equação (1.1), a sua atividade atual, passados 2 anos da calibração é dada por (3.1), com o tempo de meia-vida do Cs-137 sendo de 30,05 anos.

$$A(2) = 208.647 \times 10^3 \exp\left(\frac{-0,693.2}{30,05}\right) \Rightarrow A(2) = 199.242,107\text{Bq} \quad (3.1)$$

A eficiência do contador Geiger-Müller pode ser obtida através da equação (1.3). Desse modo, realizou-se contagens para diferentes distâncias entre o contador e a fonte radioativa. Todos os dados coletados foram compilados na tabela 3.1, para a sua confecção foi aferido que a radiação cósmica durante a experimentação era de $n_f = 27$ contagens por minuto. Outrossim, o tempo de resolução do equipamento utilizado foi aferido como sendo de $\tau_r = 5,56 \times 10^{-6}\text{min}$. Os valores N' são referentes aos valores líquidos aferidos para cada distância e N^* consistem nos valores verdadeiros, os quais são calculados utilizando o tempo de resolução do equipamento.

Y (cm)	N (cpm)	N' (cpm)	N* (cpm)	Eficiência
1	16.661	16.634	18.329,17	0,001533
2	10.485	10.458	11.103,64	0,000929
3	6.794	6.767	7.031,56	0,000588
4	4.818	4.791	4.922,12	0,000412
5	3.462	3.435	3.501,88	0,000293
6	2.687	2.660	2.699,93	0,000226
7	2.140	2.113	2.138,12	0,000179
8	1.727	1.700	1.716,22	0,000144
9	1.417	1.390	1.400,83	0,000117
10	1.283	1.256	1.264,83	0,000106

Tabela 3.1: Tabela de dados calculados com base nos valores de contagem obtidos durante a experimentação

A análise da tabela acima permite observar que cada distância apresenta seu valor de eficiência intrínseca. Partindo dessa consideração, é possível estabelecer que a exposição e, por consequência, a dose é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Tal comportamento pode ser visualizado no gráfico 3.1, o qual correlaciona a eficiência intrínseca com a distância.

A partir dos valores calculados para eficiência, pode-se calcular para uma mesma distância a atividade de uma fonte radioativa que emita o mesmo tipo de radiação que a fonte de Cs-137.

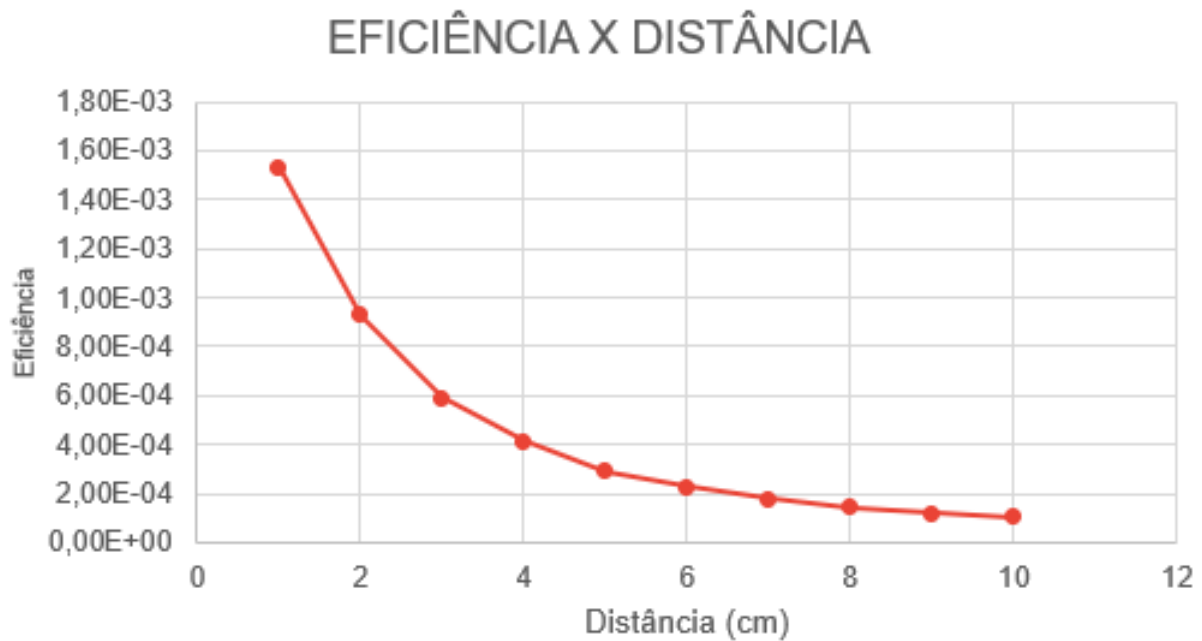


Figura 3.1: Gráfico da eficiência em função da distância entre a fonte radioativa de Césio-137 e o contador Geiger-Müller.

Assim, para uma fonte desconhecida foi aferida um número de contagens verdadeiro de 7.660,99 contagens à 3cm da fonte. Logo, utilizando com base a equação da eficiência intrínseca, porém isolando a atividade da fonte, obtém-se o seguinte resultado exposto abaixo.

$$A = \frac{1}{60} \frac{N^*}{\epsilon_f} \Rightarrow A = \frac{1}{60} \frac{7.660,99}{0,000588} = 217.077,326 \text{Bq} \quad (3.2)$$

No entanto, a fonte desconhecida é sim conhecida, ela consiste em uma fonte de Cobalto-60, emissor de partículas β e de raios γ cuja atividade atual passado-se dois anos de sua calibração é calculada em 150.919,538 Bq. o cálculo foi realizado de forma análogo ao apresentado em (3.1), porém tendo a fonte de Cobalto-60 um tempo de meia-vida de 5,271 anos. Nota-se portanto uma diferença entre os valores calculados através da equação (3.2) e o valor calculado através da eficiência intrínseca de aproximadamente 30%.

A divergência no valor está associada a diversos fatores, o primeiro deles corresponde ao pouco tempo utilizado para cada aferição, apenas 1 min. Tal medida é empregada visando estabelecer uma menor exposição aos discentes e docente, uma vez que o objetivo do experimento não é a análise numérica totalmente precisa. Ademais, o contador Geiger fornece a atividade através de relações envolvendo a contagem aferida, já a fonte foi inicialmente calibrada utilizando uma câmara de ionização certamente muito mais precisa que o equipamento empregado.

Capítulo 4

Conclusão

A partir da prática realizada, observou-se, de forma clara, a relação entre a posição da amostra sob o contador com a eficiência intrínseca do mesmo, verificando-se que quanto mais distante a fonte, menor a eficiência. Observou-se ainda a curva característica para essa relação.

Também foi demonstrado experimentalmente a obtenção da atividade de uma fonte desconhecida, no caso Co-60, a partir do uso de uma fonte de calibração, conhecida, sendo esta Cs-137. Obteve-se um desvio percentual de aproximadamente 30%, o qual pode ser justificado pelo pouco tempo de aferição utilizado, de 60 segundos, pensado para menor exposição da equipe, podendo assim ser minimizado com maiores tempos de contagem.

Conclui-se, portanto, que a prática foi satisfatória, tendo em vista que atingiu os objetivos previamente estabelecidos, levando a um maior desenvolvimento teórico-prático dos estudantes.

Bibliografia

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. *Física das radiações*. [S.l.]: Oficina de Textos, 2016. [5](#)