



Universidade Estadual de Maringá

Centro de Ciências Exatas

Departamento de Física

Determinação da Radiação de Fundo e do Tempo de Resolução do Contador Geiger-Mueller

Laboratório de Física Moderna II – Física Nuclear e Radiações Ionizantes

Acadêmicos:

Vitor Hugo Ferrari, RA 112481 – Física (Bacharelado)

Maringá, 22 de fevereiro de 2024

Determinação da Radiação de Fundo e do Tempo de Resolução do Contador Geiger-Mueller

Laboratório de Física Moderna II – Física Nuclear e Radiações Ionizantes

Introdução

A determinação da radiação de fundo e do tempo de resolução do contador Geiger-Mueller é um experimento crucial no estudo da física moderna. Este experimento permite não apenas compreender a natureza da radiação ionizante que permeia nosso ambiente, mas também oferece insights valiosos sobre a sensibilidade e eficiência dos detectores de radiação, como o contador Geiger-Mueller, fundamentais em diversas áreas, desde a medicina nuclear até a pesquisa espacial.

A história da detecção de radiação remonta ao final do século XIX e início do século XX, quando cientistas como Henri Becquerel, Marie Curie e Ernest Rutherford lançaram as bases para nossa compreensão da radioatividade. Suas descobertas revolucionaram a física e a química, revelando um mundo invisível de partículas subatômicas em constante transformação.

O desenvolvimento dos primeiros detectores de radiação, como os tubos de Geiger-Mueller, foi um marco nesse processo, proporcionando uma maneira de medir e quantificar a radiação ionizante de forma precisa e eficiente.

A radiação de fundo, composta por partículas provenientes do espaço cósmico, elementos radioativos presentes na crosta terrestre e atividades humanas, é uma

Resumo

O experimento teve como objetivo central a determinação da radiação de fundo e do tempo de resolução do contador Geiger-Mueller. Esses parâmetros são de suma importância na física moderna, permeando diversas áreas de aplicação, desde a medicina nuclear até a segurança radiológica. A compreensão desses aspectos não apenas nos permite elucidar a natureza da radiação ionizante presente em nosso ambiente, mas também nos fornece insights cruciais sobre a sensibilidade e eficiência dos detectores de radiação, como o contador Geiger-Mueller. Ao longo do experimento, foram realizadas diversas medições em diferentes condições, utilizando fontes radioativas controladas e um contador Geiger-Mueller calibrado. O objetivo final foi obter dados que possibilitassem uma análise detalhada do tempo de resposta do contador diante de diferentes níveis de radiação, bem como compreender a influência das perdas por coincidência na detecção de radiação. Essas informações são fundamentais para avançar nosso conhecimento sobre a física da radiação e podem ter aplicações práticas importantes em diversos campos da ciência e tecnologia.

presença constante em nosso ambiente. Compreender sua natureza e quantificá-la é fundamental para diversos campos, incluindo a segurança nuclear, a proteção ambiental e até mesmo a datação de materiais arqueológicos. Além disso, o tempo de resolução do contador Geiger-Mueller é essencial para determinar a rapidez com que o detector é capaz de registrar eventos individuais de radiação, influenciando diretamente sua capacidade de distinguir entre diferentes fontes de radiação e de detectar variações sutis em sua intensidade.

O experimento proposto tem como objetivo principal determinar a taxa de contagem da radiação de fundo e investigar o tempo de resposta do contador Geiger-Mueller diante de diferentes níveis de radiação. Para isso, serão realizadas medidas em diferentes ambientes, variando desde áreas urbanas até locais mais afastados da interferência humana, e utilizando fontes radioativas controladas para calibrar o detector e avaliar sua sensibilidade.

A metodologia empregada envolve a utilização de um contador Geiger-Mueller calibrado, posicionado em locais estratégicos para a coleta de dados representativos da radiação de fundo. Serão registradas as contagens do detector ao longo de um período de tempo determinado, permitindo a análise estatística dos resultados e a determinação da taxa de contagem média. Além disso, serão realizados experimentos com fontes radioativas conhecidas, a fim de determinar o tempo de resolução do detector em diferentes condições.

Espera-se que os resultados obtidos neste experimento forneçam informações valiosas sobre a radiação de fundo em nosso ambiente e a eficiência do contador Geiger-Mueller na detecção e quantificação dessa radiação. Esses dados não apenas contribuirão para o avanço do conhecimento científico, mas também poderão ter aplicações práticas importantes em diversas áreas, desde a proteção radiológica até o desenvolvimento de novas tecnologias de detecção de radiação.

Fundamentação teórica

A detecção e quantificação da radiação ionizante são fundamentais para a compreensão da física moderna e têm aplicações em uma ampla gama de campos, incluindo medicina, indústria e pesquisa científica. Nesta seção, serão apresentados os princípios teóricos que fundamentam o experimento de determinação da radiação de fundo e do tempo de resolução do contador Geiger-Mueller, incluindo as equações relevantes para a análise dos dados obtidos.

Radioatividade e Decaimento Radioativo: A radioatividade é um fenômeno natural no qual núcleos instáveis de átomos emitem partículas ou radiação eletromagnética em um

processo conhecido como decaimento radioativo. A taxa de decaimento de uma amostra radioativa é descrita pela equação da lei do decaimento exponencial:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Em que $N(t)$ é a quantidade de material radioativo presente no tempo; N_0 é a quantidade inicial de material radioativo. λ é a constante de decaimento (também conhecida como taxa de decaimento) e t é o tempo decorrido.

Uma outra propriedade importante da radiação é a atividade, que representa a taxa na qual um material radioativo decai. A atividade é medida em becquerel (Bq), que equivale a uma desintegração por segundo. A equação fundamental que descreve a atividade é:

$$A = \lambda \cdot N \quad (2)$$

Em que A é a atividade (em becquerel), λ é a constante de decaimento radioativo (em segundos s^{-1}), e N é o número de átomos radioativos presentes. Esta equação mostra como a atividade está diretamente relacionada ao número de átomos radioativos e à taxa na qual eles decaem.

Essa compreensão teórica é crucial para a interpretação dos resultados experimentais ao detectar partículas beta ou radiação gama por meio de um contador. Após a detecção dessas radiações, ocorre um intervalo de tempo em que o contador fica temporariamente insensível a outras radiações, conhecido como "tempo morto" do tubo. Durante esse período, a atmosfera de íons formada dentro do tubo é coletada nos eletrodos, afetando a eficiência da detecção. Além do tempo morto, outros fatores, como o tempo de recuperação e o tempo de resolução do circuito eletrônico, influenciam na capacidade de detectar com precisão as partículas radioativas.

Em amostras com alta atividade, o tempo de resolução do sistema pode se tornar limitante, exigindo correções matemáticas para compensar as perdas por coincidência, quando duas ou mais partículas são contadas como uma única devido à sua proximidade temporal. Essa compreensão da teoria subjacente é crucial para interpretar e aprimorar os resultados experimentais, garantindo uma análise precisa e confiável da atividade radioativa das amostras em estudo.

Em nosso experimento, após a detecção de uma partícula beta ou radiação gama por um contador, há um período finito durante o qual o contador fica temporariamente insensível a outras radiações que possam incidir sobre ele. Durante esse intervalo, a atmosfera de íons formada dentro do tubo devido à passagem da primeira partícula é coletada nos eletrodos.

Esse intervalo é conhecido como "tempo morto" do tubo e geralmente varia entre 100 e 300 microssegundos (ou $1,6$ a $5,0 \times 10^{-6}$ minutos) para a maioria dos contadores GM.

Além do tempo morto, existem outros períodos relevantes a serem considerados. Há o tempo de recuperação, que é o período durante o qual uma partícula ionizante pode gerar um pulso, porém, não de magnitude suficiente para ser detectado. Há também o tempo de resolução do circuito eletrônico, que é geralmente insignificante em comparação aos outros dois. O tempo total de recuperação compreende a soma do tempo morto, do tempo de recuperação e do tempo de resolução do circuito eletrônico.

Em casos de amostras com alta atividade, o tempo de resolução do sistema pode limitar a capacidade de detectar todas as partículas que o atingem. Nesses casos, torna-se necessário aplicar uma correção matemática para compensar as perdas devido a coincidências, quando duas ou mais partículas penetram no contador com um intervalo menor do que o tempo morto e são contadas como uma única partícula.

Para tubos com um tempo de resolução aproximado de $300 \mu s$, a perda por coincidência é de 0,5% para uma atividade de 1.000 contagens por minuto (*cpm*) e aumenta para 5% quando a atividade atinge 10.000 *cpm*. Geralmente, não é necessário aplicar a correção por coincidência para atividades inferiores a 3000 *cpm*, a menos que seja exigida uma precisão excepcional no trabalho.

Para determinar o tempo de resolução do tubo, é possível realizar medições utilizando duas amostras com atividades em torno de 5.000 a 10.000 *cpm*. As contagens individuais dessas amostras são registradas como n_1 e n_2 , e as contagens combinadas são registradas como n_{12} . Em uma situação ideal sem perdas por coincidência, n_{12} deveria ser igual a $n_1 + n_2$. No entanto, devido às contagens perdidas durante o tempo de resolução do tubo, isso pode não ser o caso.

$$n_1 + n_2 < n_{12} \quad (3)$$

Ao subtrair o valor das contagens referentes à radiação de fundo (n_{fundo}) dessas contagens, obtemos as seguintes contagens líquidas, respectivamente:

$$n_1' = n_1 - n_{fundo} \quad ; \quad n_2' = n_2 - n_{fundo} \quad ; \quad n_{12}' = n_{12} - n_{fundo} \quad (4)$$

Por causa do tempo de resolução, é necessário corrigir essas contagens líquidas. Os valores reais das taxas de contagem dessas amostras (N^*), ajustadas para as perdas por coincidência, são calculadas por:

$$N_1^* = \frac{n_1'}{1 - n_1' T} \quad ; \quad N_2^* = \frac{n_2'}{1 - n_2' T} \quad ; \quad N_{12}^* = \frac{n_{12}'}{1 - n_{12}' T} \quad (5)$$

Em que T é o tempo de resolução do tubo, expresso em minutos. Uma vez conhecido os valores verdadeiros das velocidades de contagens a seguinte relação tornam-se verdadeira:

$$N_1^* + N_2^* = N_{12}^* \quad (6)$$

Substituindo (5) na equação (6) e isolando a variável T , temos que, em uma primeira aproximação, o tempo de resolução do tubo pode ser calculado por meio da expressão:

$$T = \frac{n_1' + n_2' - n_{12}'}{2 n_1' n_2'} \quad [min] \quad (7)$$

Procedimento e dados experimentais

Materiais Utilizados

- Integrador de contagens Spectech ST360 com temporizador integrado.
- Tubo de ionização.
- Suporte do tubo de ionização acoplado a prateleira de acomodação de amostras.
- Suporte para amostras (porta fontes).
- Duas amostras radioativas.

Procedimento Experimental

- 1 - Programe o integrador de contagens para operar na tensão de operação GM anteriormente determinada, ajustando seu temporizador para realizar contagens no intervalo de tempo de tempo de 60 s.
- 2 - Com as amostras radioativas devidamente afastadas da prateleira de amostras determine a contagem relativa à radiação de fundo. Anote o resultado (n_{fundo}) na tabela 1.
- 3 - Cuidadosamente, coloque uma das fontes sob o detector, fora do centro, de modo que a segunda fonte possa ser depositada posteriormente, ao lado da primeira sem deslocá-la, conforme ilustrado na figura 1 (a). Realize a contagem e anote o resultado (n_1) na tabela 1.
- 4 - Coloque cuidadosamente a segunda amostra ao lado da primeira, sem tocar nesta. Realize a contagem e anote o resultado (n_{12}) na tabela 1.

- 5 - Remova a primeira amostra sem deslocar a segunda. Realize a contagem e anote o resultado (n_2) na tabela 1.
- 6 - A partir dos resultados acima utilize a equação 4 para calcular os valores das contagens líquidas. Anote o resultado na tabela 1.
- 7 - A partir da equação 7 calcule o valor do tempo de resolução do tubo GM.
- 8 - Utilize a equação 5 para calcular os valores verdadeiros das contagens N .

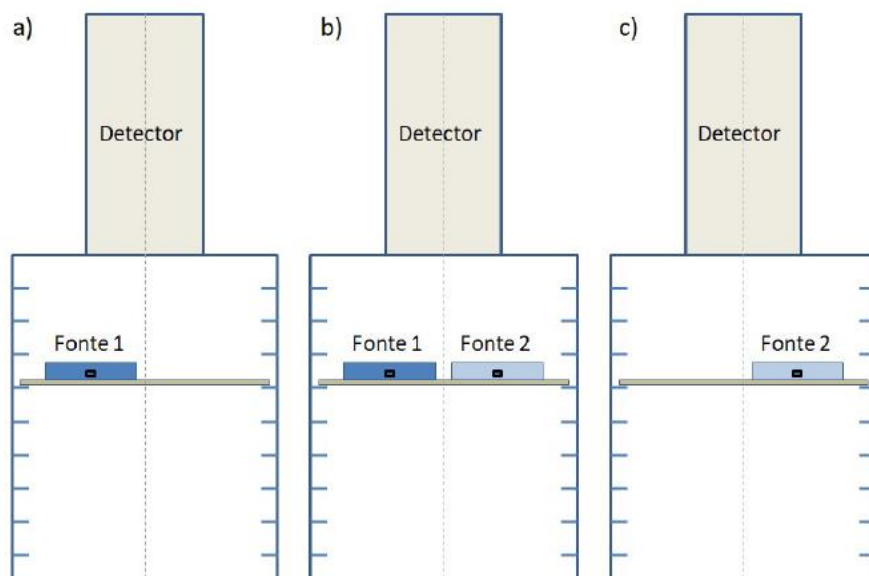


Figura 1 - Setup experimental contendo tubo GM, acoplado a prateleira de acomodação de amostras. Posicionamento correto das amostras sob o detector: a) apenas fonte 1, b) fontes 1 e 2, c) apenas fonte 2.

Resultados

À partir dos procedimentos e métodos anteriormente mencionados, ao executar os experimentos, utilizamos as duas fonte radioativas abaixo mencionadas e obtivemos os seguintes dados experimentais:

- Fonte radioativa 1 (n_1): Europeu-152 (Eu-152). Emissor de partículas Beta.
- Fonte radioativa 2 (n_2): Césio-137 (CS-137). Emissor de radiação Gama.

n_1 (cpm)	n_{12} (cpm)	n_2 (cpm)	n_{fundo}	n_1' (cpm)	n_{12}' (cpm)	n_2' (cpm)
3695	7665	4183	75	3620	7590	4108

Tabela 1 - Dados Experimentais

Ao fazer os cálculos solicitados no procedimento experimental, concluímos que:

$$n_1' + n_2' > n_{12}' \Rightarrow 3620 \text{ cpm} + 4108 \text{ cpm} > 7590 \text{ cpm}$$

Essa desigualdade indica que existem perdas de contagem por coincidência, sugerindo que duas ou mais partículas podem ser detectadas simultaneamente em um período menor do que o tempo morto do sistema de detecção, levando a uma subestimação da atividade real. Essas perdas por coincidência são um desafio comum em experimentos de alta atividade e exigem correções adequadas para garantir a precisão dos resultados.

Logo, partimos para o cálculo da resolução do tubo:

$$T = \frac{n_1' + n_2' - n_{12}'}{2 n_1' n_2'} \Rightarrow T = \frac{3620 + 4108 - 7590}{2 \cdot 3620 \cdot 4108} \times 60 \text{ s} = 278,4 \mu\text{s}$$

Com a obtenção deste resultado, que corresponde ao tempo de resolução do tubo, torna-se possível calcular a velocidade de contagem corrigida pelas perdas por coincidência. Essa correção é essencial para garantir a precisão dos dados, especialmente em experimentos de alta atividade, nos quais a detecção simultânea de múltiplas partículas pode levar a uma subestimação da atividade real. Os valores corrigidos são apresentados na tabela abaixo:

$$N_1^* = \frac{n_1'}{1 - n_1' T} = N_1^* = 3597,13$$

$$N_2^* = \frac{n_2'}{1 - n_2' T} = N_2^* = 3672,41$$

$$N_{12}^* = \frac{n_{12}'}{1 - n_{12}' T} = N_{12}^* = 7269,54$$

Ao resolver a equação 6 com os dados obtidos anteriormente, temos:

$$N_1^* + N_2^* = N_{12}^* \Rightarrow 3597,13 + 3672,41 = 7269,54$$

Ao analisar os resultados apresentados na seção anterior, torna-se evidente que, embora haja uma tendência à concordância, algumas disparidades podem surgir devido à metodologia experimental. Possíveis variações no próprio equipamento ou nas técnicas de contagem podem contribuir para essa discrepância. No entanto, é essencial ressaltar que o cálculo do tempo de resolução do tubo revelou valores que estão apenas ligeiramente distantes dos ideais para os contadores Geiger-Muller. Essa informação é crucial para uma compreensão mais completa da precisão das medidas realizadas neste estudo.

Conclusão

Em uma análise mais detalhada dos dados obtidos, é evidente que diversos fatores devem ser considerados para uma conclusão precisa. Entre esses fatores, destacam-se a possibilidade de erro humano durante a montagem experimental e a coleta de dados, bem como potenciais anomalias no aparato experimental. No entanto, a prática experimental permitiu a determinação do tempo de resolução do contador Geiger-Mueller, empregando o método das duas fontes, utilizando as fontes de radiação Césio-137 e Európio-152, além da correção de perdas por coincidência. O tempo de resolução foi calculado como $278,4 \mu s$.

Este resultado é crucial para a precisão das contagens e foi utilizado na correção das contagens corrigidas para cada fonte. Para a Fonte Radioativa 1 (Eu-152), com uma contagem corrigida de $n_1' = 3620 \text{ cpm}$; para a Fonte Radioativa 2 (Cs-137), com $n_2' = 4108 \text{ cpm}$; e para a combinação das duas fontes ($n_{12}' = 7590 \text{ cpm}$). Vale ressaltar que a soma das contagens corrigidas para cada fonte (n_1' e n_2') é maior do que a contagem corrigida para a combinação das fontes (n_{12}'), evidenciando a presença de coincidências. Esses dados fornecem uma compreensão mais abrangente da eficácia do equipamento e da metodologia utilizada neste experimento.

Referências Bibliográficas

E. Okino e E. Yoshmura, Física das Radiações, São Paulo: Oficina de Textos 2010.

M. H. S. Passos e A. A. Souza, Química Nuclear e Radioatividade - 2a edição, Campinas: Editora Átomo 2012.