

Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos

Laboratório Avançado II

Sugestão de Roteiro para o Experimento de Radiação Gama

Estudantes:

Leticia Vieira Dorea Hupsel de Oliveira - 11876551

Luiza Batista Capuzzo - 12557021

São Carlos, junho de 2024

1 Introdução

No ano de 1900, o físico francês Paul Villard descobriu uma radiação "misteriosa" enquanto estudava as propriedades dos elementos químicos do rádio e do urânio. No estudo, percebeu-se que a energia não poderia ser desviada de campos elétricos e magnéticos, supondo-se, na época, que se tratava de radiações eletromagnéticas. Esta radiação ficou conhecida, mais tarde, por radiação gama, batizada por Ernest Rutherford, o descobridor das radiações alfa e beta.

No entanto, a investigação acerca da radiação já havia se iniciado em 1896, a cientista polonesa Marie Curie, junto ao seu marido, Pierre Curie, descobrem que certos minérios emitiam uma radiação desconhecida, o que os levou a ganhar o Nobel em 1903.

2 Objetivos

- Caracterizar diferentes amostras radioativas;
- Estudar processos de decaimento nuclear;
- Investigar os processos de interação da radiação com matéria;
- Descobrir a constante de atenuação do chumbo.

3 Equipamentos

- Cintilador;
- Analisador multicanal;
- Computador;
- Amostras de cobalto-60, tório-234, estrôncio-90, céscio-137, rádio-226, amerício-242 e tálio-204;
- Placas de chumbo.



Figura 1: Aparato experimental

4 Descrição do experimento

Decaimento radioativo é um processo espontâneo no qual um átomo instável emite partículas ou radiação para se tornar mais estável. Três dos principais tipos de radiação emitida pelo núcleo de átomos são partículas alfa, partículas beta, e radiação gama. Esta última é radiação eletromagnética altamente energética, variando de centenas de KeV até MeV, cuja emissão permite que o núcleo do átomo caia para um estado menos energético. O exemplo da figura 3 mostra o decaimento por radiação gama do cobalto-60.

Como observado, o cobalto-60 emite radiação gama nos comprimentos de 1,17 MeV e 1,33 MeV. Assim como o cobalto-60, cada fonte radioativa possui emissões características, de forma que é possível identificá-las pelo seu espectro; esse método de identificação é chamado espectroscopia de radiação gama.

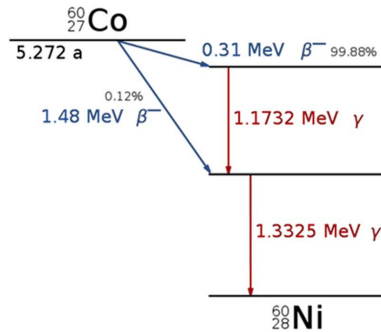


Figura 2: Decaimento do cobalto-60

Assim, nesse experimento, serão medidos os espectros de diversas amostras com o objetivo de caracterizá-las, comparando-as com a literatura.

Além disso, outro aspecto tratado nesse experimento é a atenuação. A radiação emitida pelo núcleo pode ser atenuada ao passar por determinados meios. Como a radiação gama é altamente energética, o seu poder de penetração é bastante alto em comparação àqueles de partículas alfa e beta. De maneira geral, pode-se modelar a atenuação assumindo que ela é linearmente proporcional ao número de emissões e à espessura percorrida pela radiação no material:

$$dN = -\mu N(x)dx \quad (1)$$

em que dN é a quantidade de radiação atenuada ao percorrer uma espessura dx , dada uma quantidade $N(x)$ de emissões na posição x . A constante de proporcionalidade μ é denominada constante de atenuação. Resolvendo a equação diferencial, tem-se

$$N(x) = N_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

em que N_0 é o número de emissões em $x = 0$.

Pode-se definir a camada semirredutora $d_{1/2}$, dada pela distância que a radiação deve percorrer em certo material para que ela seja reduzida pela metade.

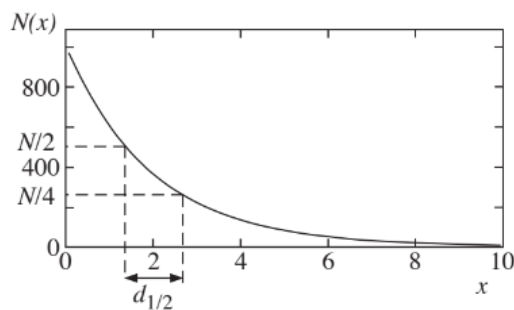


Figura 3: Gráfico da atenuação da radiação ao passar por um meio.

A camada semirredutora é análoga ao tempo de meia vida de um radioisótopo, isto é, o tempo que demora para que metade da amostra tenha decaído. Assim, tem-se que

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}. \quad (3)$$

A camada semirredutora depende não só do material, mas também da energia da radiação. Existem três principais efeitos responsáveis pela atenuação dos raios gama: efeito fotoelétrico, efeito Compton, e produção de pares. A contribuição de cada efeito para a atenuação depende da energia da radiação.

A atenuação também é uma função do material pelo qual a radiação está passando. A tabela 1 contém os valores de camada semirredutora para fontes de diferentes energias em alguns meios.

Tabela 1: Valores de camada semirredutora do cobalto-60 e do cézio-137 para alguns materiais.

Fonte	Energia (MeV)	$d_{1/2}$		
		Água	Ar	Chumbo
Cs 137	0,66	9,5 cm	70,2 m	0,6 cm
Co 60	1,17 e 1,33	13 cm	99,5 m	1 cm

No experimento, será medida a camada semirredutora e a constante de atenuação do cézio-137 no chumbo a partir da equação 3.

5 Procedimento experimental

Atenção: o manuseio das amostras nesses experimentos só pode ser feito por técnicos ou professores.

5.1 Encontrando a tensão e tempo de integração

O detector utilizado para coletar as medidas é um cintilador, que contém um cristal de iodeto de sódio. O cristal, ao receber radiação gama, emite luz proporcional à energia da radiação incidente, que é convertida em pulsos elétricos a partir de uma fotomultiplicadora. Nela, o fóton emitido desprende elétrons do metal, que são acelerados por ddp. Uma ilustração da fotomultiplicadora está representada na figura 4.

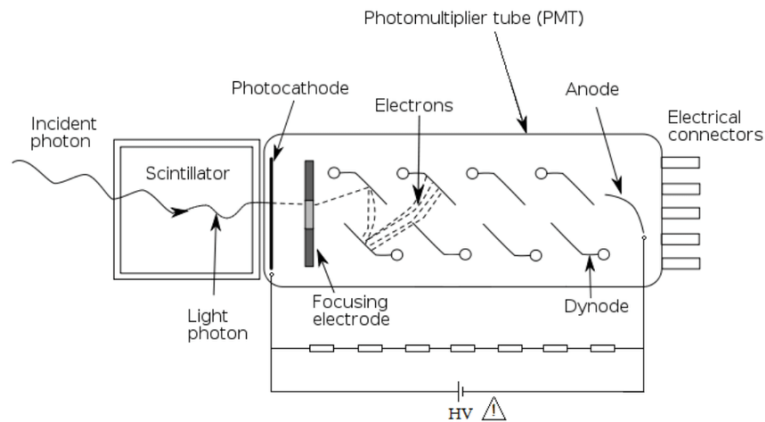


Figura 4: Esquema da fotomultiplicadora

A intensidade do sinal, portanto, é proporcional à tensão da fotomultiplicadora. Nessa parte do experimento, meça o sinal da amostra de cobalto-60 para diferentes tensões na fotomultiplicadora e escolha a que produz o melhor espectro. Teste de 600 V a 800 V, variando de 50 em 50 V. A tensão escolhida deve ser utilizada para todas as medidas posteriores.

Além da tensão, é necessário variar o tempo de integração da medida, isto é, por quanto tempo o detector irá medir a radiação incidente. O tempo de integração pode ser variado no software da medida, WinDAS.



Figura 5: Detector

Meça para os tempos 5, 10, 30, 60, 90, 120 e 180 segundos. Escolha aquele que forneça a melhor resolução do espectro e utilize esse tempo de integração para todas as medidas posteriores.

Por último, utilizando os parâmetros anteriores, meça um espectro sem nenhuma amostra. Esse será o seu zero, de forma que esse sinal deverá ser subtraído de todas as medidas.

Dica: ao salvar os espectros, clique em “Salvar como TXT”, e assim o arquivo sairá em formato *.asc*. Se o arquivo for salvo em formato *.dat*, muito provavelmente não será possível abrir ele sem o software do detector.

5.2 Calibração

Perceba que até agora, os espectros obtidos estão em função de canais. Esses canais são uma forma de discretização do detector, de forma que, quando mais energético for o sinal, maior será o canal atingido. Para obter o espectro em energia, é necessário fazer uma calibração, relacionando o canal com a energia da radiação. Será utilizada a amostra de cobalto-60, que possui picos característicos em 1,17 MeV e 1,33 MeV.

Obtenha o espectro do cobalto-60 e calibre utilizando o software de detecção. Para isso, use o comando *calculate centroid* e selecione o começo e o final de um pico, o que te dará o centro de massa do pico. Depois, use *calibrate energy* e insira a energia desse pico. Faça isso para ambos os picos do cobalto-60 e salve o arquivo. Este arquivo será utilizado como referência para calibrar todas suas medidas da seguinte forma: após medir um outro espectro, vá em *calibrate from file* e selecione a referência, e ele mudará automaticamente o eixo x.

Apesar disso, vale lembrar que os arquivos dos espectros calibrados não terão os valores de energia como eixo x. Ao invés disso, note que a segunda linha do arquivo terá a letra C seguida de dois números, que te darão os coeficientes para a calibração, como na figura 6. O primeiro número é o coeficiente linear e o segundo é o coeficiente angular, de forma que você pode obter os valores de energia multiplicando o canal pelo segundo e somando com o primeiro.

5.3 Medidas dos espectros das amostras

Agora, obtenha os espectros das amostras de estrôncio-90, céσιο-137, rádio-226, amerício-242, tálio-204 e da camisa de lampião, um objeto utilizado para aumentar o brilho de uma chama e que contém uma

H	3	1024	"2024-05-15 10:11:45"	7	0.00
C	-0.024756		0.002587	0.000000	"MeV"
0	0				
1	0				
2	0				
3	0				
4	0				
5	0				
6	0				

Figura 6: Primeiras linhas de um arquivo calibrado.

pequena quantidade de tório-234. As amostras em forma de caneta são muito intensas, então caso as meça, pode ser necessário colocar placas de chumbo.

Além disso, meça o espectro de uma amostra misteriosa. Descubra qual é esse material a partir do seu espectro, comparando-o às outras amostras.

5.4 Atenuação no chumbo

Como explicado anteriormente, os meios podem atenuar a radiação emitida. Nessa parte do experimento, meça o espectro da amostra de céσιο-137 em pastilha como função da espessura de chumbo percorrida pela radiação, utilizando as placas de chumbo disponíveis no laboratório. Adicione as placas uma a uma, tirando um espectro em cada passo. Faça um gráfico do número de contagens no pico de energia em função da espessura total do chumbo, que deve seguir a relação 2. Linearize o gráfico e calcule o coeficiente angular, e com isso, obtenha o coeficiente de atenuação e o valor da camada semirredutora. Compare com resultados da literatura.

6 Questões

- Discuta a origem e as aplicações da radiação gama;
- Foi tirado um espectro sem amostra nenhuma para servir de referência do zero. Esse espectro representa de fato radiação gama? De onde ele vem?
- Descreva os caminhos de decaimento de cada amostra medida;
- Compare o poder de penetração das radiações alfa e beta com o da radiação gama;
- Descreva os processos responsáveis pela atenuação da radiação gama;
- Sugestão: da mesma forma que mediu o número de contagens em função da espessura de chumbo, faça o mesmo com o ar, alterando a distância (espessura do ar) entre a base do cintilador e a amostra. O valor da camada semirredutora é fiel? Proponha uma justificativa para o resultado.