
Absorção de Radiação β **4****META:**

Verificar a absorção da radiação β pela matéria.

OBJETIVOS:

Ao fim desta aula o aluno deverá:

- Compreender quais as propriedades do material são importantes para conter a radiação de um sistema.

PRÉ-REQUISITOS

- Curso introdutório de física nuclear.

4.1 Introdução

A presença de desequilíbrio entre o número de prótons e de nêutrons em muitos elementos químicos da tabela periódica faz com que, na tentativa de reestabelecer o equilíbrio, estes núcleos emitem partículas α , β ou radiação γ .

- **Radiação α :**

- São constituídas por dois prótons e dois nêutrons, formam portanto o núcleo do elemento hélio.
- Seu poder de penetração é pequeno se comparado com as demais formas de radiação ionizante.
- As partículas α possuem massa muito maior que as do elétron e portanto não desviam sua trajetória a medida que a medida que atravessam um determinado material.
- O alcance médio $\langle t \rangle$ é dado pela espessura do absorvedor que reduz a contagem de partículas α à metade do seu valor sem absorvedor.

- **Radiação β :**

- São constituídas por dois tipos de partículas elétron e o positron.

- Seu poder de penetração é maior que o da partícula alfa.
- Possuem massa igual a do elétron, portanto podem sofrer grandes desvio em sua trajetória quando estão atravessando um determinado material.
- As partículas β provenientes de uma mesma fonte possuem uma distribuição de energia continua que vai desde zero até um valor máximo chamado de energia de ponto final.
- As partículas β de baixa energia são desviadas rapidamente de sua trajetória.

- **Radiação γ :**

- São fótons com alta energia.
- Após a emissão de partículas α ou β o núcleo do elemento resultante pode apresentar um excesso de energia que é liberada na forma de raios γ .
- Para este tipo de radiação podemos ter três diferente tipos de interação com a matéria:

Efeito fotoelétrico - A energia do fóton é cedida a um elétron do átomo do meio absorvedor sendo o

elétron ejetado do átomo. A energia cinética do elétron ejetado é igual a diferença de energia entre o fóton incidente (radiação γ) e a energia de ligação do elétron com o átomo.

Espalhamento Compton - O fóton incidente proveniente da radiação γ é desviado de sua trajetória inicial de um ângulo θ . Neste processo de interação pode ser descrita como um processo de colisões inelástico onde o fóton transfere parte de sua energia a um elétron de um átomo de meio absorvedor. A energia transferida para o elétron pode variar de zero até uma grande fração da energia do fóton. Este processo de interação com a matéria é predominante neste tipo de radiação.

Criação elétron-positron - Ao passar próximo de um núcleo com massa elevada, os fótons proveniente da radiação γ com energia maior ou igual a 1,02 MeV, que é o dobro da energia de repouso do elétron, transforma-se em um par elétrons-positron. Após a criação o positron é rapidamente aniquilado por outro elétron do meio absorvedor, ocorrendo aparecimento de dois fótons de 0,51MeV.

O exato instante em que um dado núcleo irá decair não pode ser previsto, trata-se de um evento aleatório, mas se for observada uma grande coleção de N núcleos radioativos idênticos, o número ΔN de decaimentos em um curto espaço de tempo Δt é dado por:

$$\Delta N \approx -N \frac{\Delta t}{\tau}, \quad (4.17)$$

onde τ é o tempo de "vida media" do núcleo radioativo, ou seja, é o tempo necessário para que 63% do número original de núcleos decaiam.

Se a amostra tem inicialmente N_0 núcleos no instante $t = 0$ então o número de núcleos remanescentes após um certo tempo t é:

$$N = N_0 e^{-t/\tau}. \quad (4.18)$$

A taxa R com que os núcleos decaem é portanto:

$$R = \frac{-\Delta N}{\Delta t} \approx \frac{N}{\tau}, \quad (4.19)$$

$$R = (N_0/\tau) e^{-t/\tau}. \quad (4.20)$$

Se a vida media é muito longa quando comparada com a duração de um experimento, a taxa R de decaimento do núcleo é praticamente constante:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \approx \frac{N}{\tau}, \quad (4.21)$$

Muitas vezes é conveniente expressar a vida de um núcleo radioativo através de sua "meia vida" $\tau_{1/2}$ que corresponde ao tempo necessário para que 50% do núcleo decaia; $\tau_{1/2} = 0.69 \tau$. Esta expressão é uma aproximação válida quando o intervalo de tempo Δt é muito mais curto que τ , como é o caso neste experimento.

4.2 Descrição do experimento

Na aula de hoje iremos estudar a absorção da radiação β , proveniente de decaimentos do núcleo do Sr^{90} , pela matéria. Queremos mensurar o quanto os diferentes tipos de materiais podem blindar este tipo de radiação. Este estudo é a base para o desenvolvimento de técnicas usadas em proteção radiológicas.

IMPORTANTE:

Quando um feixe de partículas N_o atravessa uma camada de absorvente de espessura t (mg/cm²) o número de partículas que emerge é dado por:

$$N = N_o e^{-t/\lambda}, \quad (4.22)$$

e o número de partículas absorvidas em uma pequena espessura Δt é dada por:

$$\Delta N \approx -N \frac{\Delta t}{\lambda}, \quad (4.23)$$

aqui λ é o coeficiente de absorção do material, e corresponde à espessura necessária para que 63% do número original de núcleos seja absorvida. Em geral, o coeficiente de absorção que depende do meio absorvedor e da energia do ponto final da partícula β . Uma outra grandeza de importância, relacionada à espessura de absorção, é μ , ou a absorbância.

Os dados têm uma forma exponencial, se tomarmos o logaritmo do número de partículas, obtém-se uma expressão linear que é mais

fácil de analisar, neste caso a inclinação da reta fornece o valor de $-1/\lambda$:

$$\ln N = \ln N_o - \frac{t}{\lambda}, \quad (4.24)$$

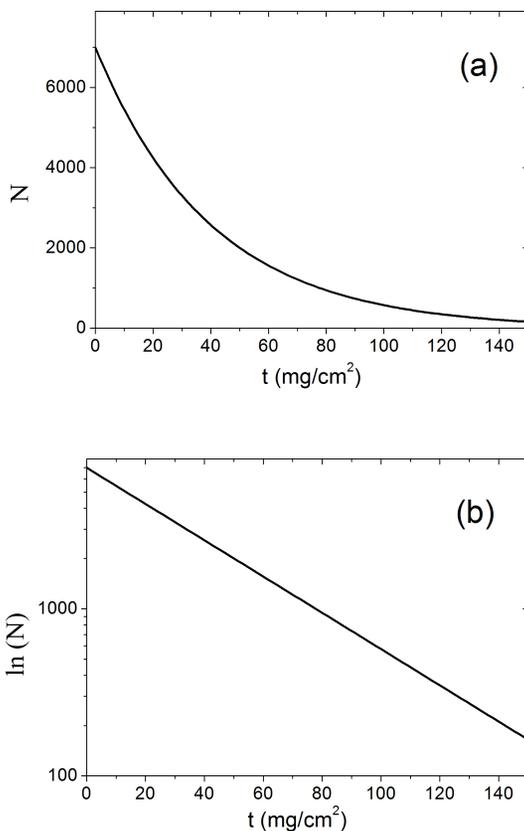


Figura 4.1: (a) Número de partículas e (b) logaritmo do número de partículas em função da espessura (t) do absorvedor. A inclinação da reta no gráfico com o logaritmo do número de partícula nos fornece o valor de $-1/\lambda$.

OBS: Note que a espessura é medida em cm. Para se obter a espessura em mg/cm^2 basta multiplicar a espessura em cm pela densidade do material.

Material Utilizado

- Detector de radiação Aware integrado a um PC;
- Fonte radioativa de Sr;
- Série de absorvedores de alumínio de variadas espessuras.

Procedimento**• Determinação da radiação de fundo**

1. Meça por 10 vezes consecutivas, a cada intervalo de 10 segundo, a radiação proveniente do ambiente.
2. Obtenha a média e o desvio padrão destas medidas.
3. Expresse sua medida na forma: $R_{amb} = \bar{R}_{amb} \pm \Delta R_{amb}$.
OBS: Este valor deverá ser utilizado para separar a radiação de fundo dos valores efetivamente obtidos nas medidas que serão realizadas a seguir.

• Medida a absorção do Alumínio

1. A fonte de radiação β a ser utilizada será a de Estrôncio.
2. Para cada espessura de alumínio faça uma série de 10 contagens de 10 segundos cada.

3. Leve em consideração a radiação de fundo em seus cálculos.
4. Determine a taxa de contagem (Divida o número de contagem pelo tempo de aquisição).
5. Para cada espessura determine o valor médio e o desvio padrão da taxa de contagem.
6. Comece com a espessura mínima de 1 mm e aumente a espessura em incremento de 1 mm até 10 mm (tome pelo menos a medida de 10 espessuras diferentes).
7. Faça um gráfico da taxa de contagem em função da espessura do material.
8. Faça um gráfico do logaritmo taxa de contagem em função da espessura do material.
9. Determine λ e μ e para o alumínio com as respectivas incertezas.

OBS: (a) Ao utilizar o software da Aware tome a precaução para que a aquisição dos dados seja em forma pura, ou seja, sem tomar as médias. Desta maneira podemos assegurar uma resposta mais rápida do sistema de contagens.

- (b) Assegure-se de que a distância entre a fonte e o detector se mantém constante durante todo o experimento.

- (c) Radiação é sempre uma fonte de risco. Aja de acordo.
- (d) Quando uma lâmina de alumínio de uma nova espessura for introduzida, espere cerca de 1 minuto para que o detector não obtenha contagens espúrias.
- **Repita o procedimento acima para outros materiais disponíveis no laboratório como: chumbo, acrílico, papelão, aço, etc.**



RESUMO

Na aula de hoje, estudamos o efeito da atenuação e do poder de penetração das radiações ionizantes, mais precisamente, estudamos a radiação β . Entendemos o mecanismo de produção e também como os diferentes tipos de radiação interage com a matéria. Verificamos as propriedades que os materiais devem ter para que possamos blindar adequadamente a radiação e entendemos um pouco sobre os princípios que estão por trás da proteção radiológica.

ATIVIDADES



1. Descreva como os diferentes tipos de radiação são produzidas.
2. Descreva a interação dos diferentes tipos de radiação com a matéria. Proponha pelo menos um material que seja eficaz para blindar cada um dos tipos de radiação ionizante.
3. Descreva como os diferentes tipos de radiação pode ser absorvida ou espalhada.
4. O que é energia de ponto final?
5. O que é radiação de fundo?
6. O que é tempo de meia-vida?
7. O que significa a energia de repouso do elétron? Calcule este valor.
8. Descreva a série radioativa do ^{90}Sr .
9. O que é um contador Geiger? descreva o seu funcionamento.



PRÓXIMA AULA

Em nossa próxima aula realizaremos experimentos afim de verificar o comportamento da atenuação da radiação com a distância do sensor à fonte radioativa. Bons estudos!

AUTO-AVALIAÇÃO



- Eu sei descrever os diferentes tipos de radiação produzido pela matéria?
- Eu sei descrever como os diferentes tipos de radiação ionizante interage com a matéria?
- Eu sei o que quer dizer tempo de meia-vida?
- Eu sei o que significa uma série radioativa?
- Eu sei descrever a série radioativa do ^{90}Sr ?
- Eu conheço o principio de funcionamento de um contador Geiger?



LEITURA COMPLEMENTAR

- [1] Roteiro para experimento de física nuclear da Phywe, Elaborado por Osvaldo Guimarães, PUC-SP.
- [2] Notas de aula, curso de laboratório de mecânica quântica e física nuclear, DFI-UFS;
- [3] Aplicação industrial das radiações ionizantes, Prof. Sergio V. Möller, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- [4] BREHM, John J.; MULLIN, Willian J., **Introduction to the Structure of Matter**, John Willey & Sons.