

Medição do coeficiente de atenuação de massa de partículas beta transportadas através da matéria

(aluna: Mirela Andressa Maluf; orientador: Antônio Renato P. Biral - CEB/Unicamp)

Introdução

A atenuação sofrida por um feixe de fótons quando transportado pela matéria é descrita por uma lei exponencial do tipo

$$\frac{I}{I_0} = \exp\left(-x\left(\frac{\mu}{\rho}\right)\rho\right)$$

onde ' I/I_0 ' é a fração do feixe original transmitida pela espessura do meio atenuador sob questão, ' x ' se refere a espessura do meio, ' ρ ' a densidade do meio atravessado, e ' μ/ρ ' ao chamado coeficiente de atenuação de massa.

No entanto, apesar de sua natureza corpuscular, as partículas beta, quando transportadas em meio material, apresentam uma curva de atenuação que também pode ser descrita como uma atenuação exponencial. Esse comportamento, verificado empiricamente, é inesperado, uma vez que a atenuação exponencial (caracterizada por um coeficiente de atenuação de massa ' μ/ρ ') é uma característica da atenuação sofrida por fótons, antes sem massa e cuja a probabilidade de interação é governada por fatores probabilísticos.

O espectro de emissão beta, como mostra a figura 1, pode ser dividido em uma componente de baixa energia e outra de alta energia. A componente de emissão beta de baixa energia ao passar por um meio material sofre colisão inelástica, perdendo energia no processo e sendo absorvida pelo meio. Já a componente de alta energia se encontrará mais sujeitas a colisões elásticas (deflexões). Como resultado, em um experimento onde absorvedores se encontrem entre a fonte beta e o sistema de detecção, a componente beta de baixa energia tende a não ser incluída na contagem. Por outro lado, empiricamente, verifica-se que a componente beta de alta energia será atenuada obedecendo a uma lei exponencial.

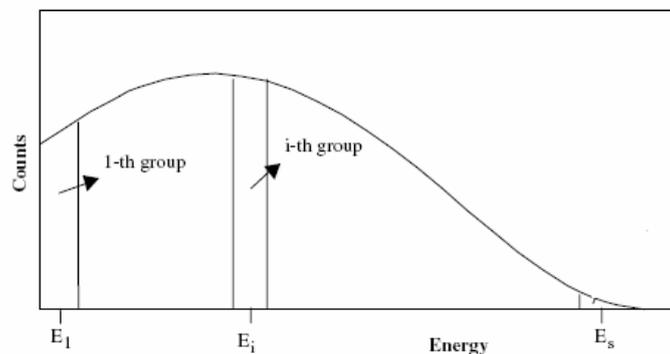


Figura 1 : Espectro típico de emissão de partícula beta. Na figura ' E_s ' representa a energia máxima de emissão da partícula beta, energia essa característica de cada radionuclídeo em particular.

Além disso, um fato notável da atenuação exponencial das partículas beta é que o coeficiente de absorção de massa parece ser regulado exclusivamente pela energia.

Isso deve a dois fatos: 1) a forma do espectro energético permanece praticamente constante durante o transporte das partículas beta pelo meio absorvedor e 2) do padrão de distribuição angular das partículas beta permanecer relativamente constante durante a absorção.

Outra característica da atenuação exponencial, verificada empiricamente, é que o coeficiente de atenuação independe do número atômico do material absorvedor.

Abaixo segue uma tabela com as características de alguns emissores beta e de seu transporte através da matéria:

Table 2.1. Properties of some commonly used beta emitters.

Property	Beta emitter				
	³ H	¹⁴ C	⁴⁵ Ca	³² P	⁹⁰ Sr
Half-life	12.3 yr	5730 yr	163 d	14.3 d	28.1 yr
Maximum beta energy (MeV)	0.0186	0.156	0.257	1.71	2.27 ^a
Average beta energy (MeV)	0.006	0.049	0.077	0.70	1.13 ^b
Range in air (ft)	0.02	1	2	20	29
Range in unit density material (cm)	0.00052	0.029	0.06	0.8	1.1
Half value layer, unit density absorber (cm)	—	0.0022	0.0048	0.10	0.14

tabela 1: características de alguns emissores beta [3]

Sabemos que a ‘profundidade’ de matéria (thickness depth) é dada por:

$$prof = \int \rho dx$$

porém, caso a densidade seja constante

$$prof = \rho \int_0^x dx$$

$$prof = \rho x$$

Na tabela 1 a espessura da camada semi-redutora (CSR) é apresentada como “Half value layer, unit density absorber (cm)” e o alcance de “Range in unit density material (cm)”. Note que ambos são dados em g/cm² (unidade de ‘profundidade’), lembrando ainda que o alcance das partículas beta é praticamente independente do material absorvedor. [7]

Pelos dados da tabela 1 temos que, para o espectro de emissão de partículas beta do ³²P, o alcance vale 0,8 g/cm² e a camada semi-redutora vale 0,1 g/cm². Aplicando a definição de “profundidade” e sabendo que o ρ do alumínio vale 2,3 g/cm³, encontramos os valores de 0,04cm para a espessura da CSR no alumínio e 0,35 cm para o alcance no alumínio.

Na literatura encontramos algumas relações empíricas que relacionam o coeficiente de absorção com a energia máxima:

$$\mu = \frac{22}{E_{\max} \cdot 1,33} \quad [7]$$

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{17}{E_{\max}^{1,14}} \quad [5]$$

A queda exponencial da partícula beta, ao contrário do que acontecem com os fótons, não é contínua indefinidamente, somente é válida até um alcance máximo (R_m), a partir do qual as partículas não são mais detectadas. (ver figura 2).

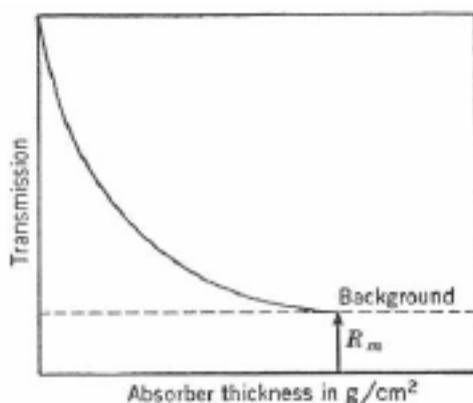


figura 2: típico gráfico de aproximação exponencial da transmissão de partículas beta através de absorvedores de varias espessuras. R_m é chamado de alcance máximo. ^[4]

Referências:

- [1] – Antônio Renato P. Biral, “*Radiação Ionizante para Médicos, Físicos e Leigos*” (editora Insular, 2002), página 61.
- [2] – Jacob Shapiro, “*Radiation Protection: a guide for scientists, regulators, and physicians*” (Harvard University Press, 2002), páginas 26-31.
- [3] – Jacob Shapiro, “*Radiation Protection: a guide for scientists, regulators, and physicians*” (Harvard University Press, 2002), páginas 13.
- [4] – Robley D. Evans, “*The atomic nucleus*”, página 625.
- [5] – Robley D. Evans, “*The atomic nucleus*”, páginas 621-629.
- [6] – Gerald J. Hine and Gordon L. Brownell, “Radiation dosimetry”, páginas 104-107; 695-697, 704,713,740.
- [7] - Olga Y. Mafra, “*Técnicas e medidas nucleares*”, Editora Edgard Blucher Ltda. Páginas 1-37.

Arranjo experimental

1. Sonda Pancake do aparelho MIR 7028 produzido pela MRA.
2. Suporte de isopor.
3. fonte beta de ^{32}P , encorporada no papel filtro protegido com papel filme.
4. Absorvedores de alumínio (4 de 1mm de Al e 1 de 0,5mm de Al)
5. Moedas de chumbo com diâmetros variados de 1mm.

A sonda pancake será apoiada em um suporte de isopor, para que durante as medições a distância fonte e sonda não variem. A fonte beta de ^{32}P será gotejada em um papel filme, em cima deste será colocado um pedaço de papelão com um furo de diâmetro pequeno, que terá a função de simular uma fonte pontual além de proteger os absorvedores, pois como estes estarão em contato com o papelão não serão contaminados pela fonte. (Ver figura 3)

Apesar do manual do aparelho afirmar que este já está corrigido pelo tempo morto, isso será verificado com o uso das moedas de chumbo ^[7].

Neste mês foram consultadas diversas referências, além de conseguirmos adquirir a fonte beta de ^{32}P e confeccionarmos (com a ajuda do pessoal da Oficina do CEB) todos os aparatos experimentais desde o isopor até as placas absorvedoras.

Agora com todos os materiais do experimento, falta rever mais uma vez a estatística de contagens a fim de estabelecer quantas contagens iremos adquirir para cada medida, e fazer as medidas.