
Lei do inverso do quadrado da distância

1. Resumo

O objectivo deste trabalho consiste no estudo da variação da intensidade da radiação X e gama com a distância fonte radioactiva-detector.

2. Tópicos Teóricos

A radiação X e gama são da mesma natureza. Ambas são radiação electromagnética e propagam-se no vácuo com a velocidade de qualquer onda electromagnética. A sua energia é dada por:

$$E = h\nu \quad (1)$$

onde

E = energia do fóton

ν = frequência da radiação

h = constante de Planck¹

A designação de radiação X e gama deve-se à necessidade de distinguir entre radiação electromagnética que provem do cortejo electrónico (raio X) e do declínio dos núcleos (gama).

Ao explicar a lei do inverso do quadrado da distância é conveniente estabelecer uma analogia entre uma fonte de luz e uma fonte de radiação gama.

Vamos portanto considerar uma fonte pontual de luz que emite fótons de luz visível a uma taxa de N_0 fótons/s. É razoável assumir que a emissão dos fótons de luz seja isotrópica, isto é, igual em todas as direcções. Se colocarmos esta fonte pontual no centro de uma esfera de

¹ Constante conhecida com grande precisão cujo valor é $6.6260693 \times 10^{-34}$ J.s ou $4.135\ 667\ 43 \times 10^{-15}$ eV.s

plástico transparente, é fácil medirmos o número de fotões visíveis por segundo por cada cm^2 da esfera. Esta intensidade é dada por:

$$I_0 = \frac{N_0}{A_0} \quad (2)$$

onde N_0 = número total de fotões/s, e A_0 = área total da esfera em cm^2 .

Como $A_0 = 4\pi R_0^2$, onde R_0 é o raio da esfera, a equação (2) pode ser reescrita como:

$$I_0 = \frac{N_0}{4\pi R_0^2} \quad (3)$$

Como N_0 e 4π são constantes, I_0 varia com $1/R_0^2$. O objectivo deste trabalho experimental é verificar a equação (3).

3. Material

Fonte radioactiva – ^{137}Cs

Detector de cintilação NaI(Tl);

Fonte de alta tensão (HV 556);

Pré-amplificador de tensão (PRE-AMP 113);

Amplificador (AMPLIFIER 571);

Analizador multicanal (MCA);

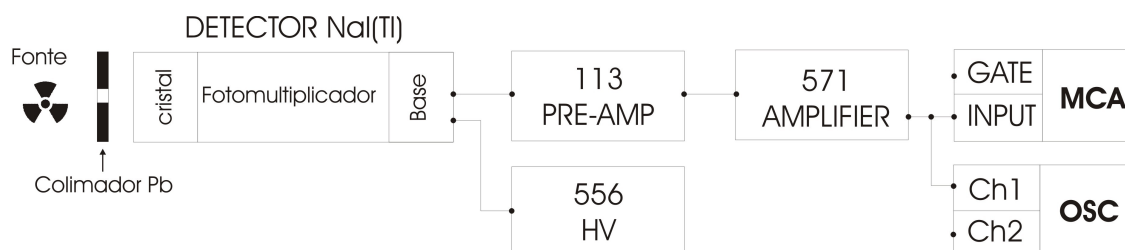
Osciloscópio (*opcional*);

Cabos coaxiais;

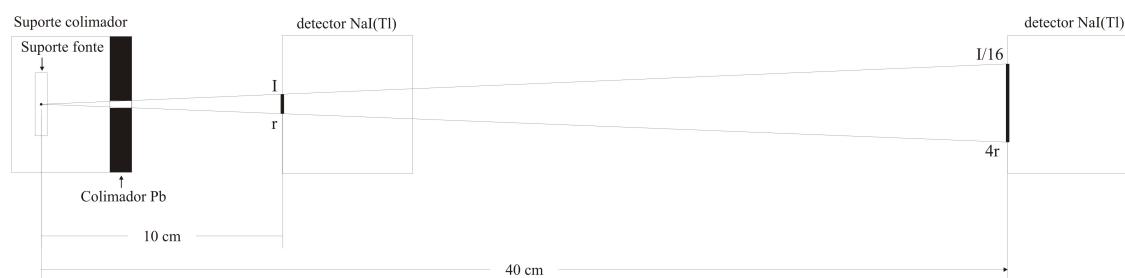
*Todos os dispositivos electrónicos referidos actuam sobre sinais de tensão.

4. Procedimento experimental

Esquema da montagem:



Esquema geométrico da montagem:



4.1 Calibração do sistema

- 4.1.1 Com o detector de NaI(Tl) montado de acordo com o esquema, colocar em frente do detector uma fonte de ^{137}Cs , a uma distância de cerca de 10 cm.
- 4.1.2 Ligar o módulo de alta tensão e regular lentamente a tensão até 1000V. *Atenção! 1000V corresponde a 1.00kV no visor do módulo de alta tensão HV 556.*
- 4.1.3 Fazer uma aquisição de dados no multicanal durante um curto intervalo de tempo de forma a identificar o pico de energia máxima da fonte de ^{137}Cs (ver esquema em anexo). Ajustar o ganho do amplificador de forma a centrar o pico no MCA.
- 4.1.4 No *software* do MCA, marcar uma região de interesse (ROI) sob o pico de absorção total do ^{137}Cs .

4.1.5 Programar o *software* do MCA de forma a realizar uma aquisição automática durante 180s na opção *Live time*. Esta opção entra em consideração com o tempo morto do MCA.

4.2 Medições experimentais

4.2.1 Retirar a fonte e fazer uma aquisição de dados da radiação de fundo durante o intervalo de tempo programado. Registrar o valor da contagem integral da ROI. *Atenção! Durante a aquisição do espectro de fundo, não podem existir quaisquer fontes nas proximidades do detector de NaI(Tl).*

4.2.2 Colocar novamente a fonte de ^{137}Cs e fazer uma aquisição durante o intervalo de tempo programado. Registrar o valor da contagem integral da ROI.

4.2.3 Repetir o ponto anterior para intervalos de distância de 2 cm até atingir um máximo de 30 cm entre a fonte e o detector. Fazer uma ultima medição aos 35 cm e outra aos 40 cm.

4.3 Exercício

4.3.1 Corrigir os valores do integral das ROIs subtraindo o valor do fundo.

4.3.2 Traçar um gráfico de intensidade colocando o integral de contagens no eixo YY e a distância fonte radioactiva-detector no eixo XX.

4.3.3 Traçar uma recta da intensidade colocando o integral de contagens no eixo YY e o inverso do quadrado da distância fonte radioactiva-detector no eixo XX.

4.4 Perguntas

4.4.1 A radiação ionizante cumpre a lei do inverso do quadrado da distância? Justificar.

4.4.2 Qual seria a primeira acção importante para protecção em caso de uma ruptura de um contentor com material radioactivo?

4.4.3 Quão diferente seria o risco de exposição às fontes radioactivas se a radiação ionizante seguisse uma lei do inverso do cubo da distância?

4.4.4 Qual a vantagem em utilizar este detector e método de medida relativamente a usar um simples detector Geiger?

5. Anexos

Declínio radioactivo do ^{137}Cs

	Energia (keV)	Intensidade (%)
RX l	4.47	0.90 % 5
RX $\text{k}\alpha_2$	31.817	1.96 % 8
RX $\text{k}\alpha_1$	32.194	3.58 % 15
RX $\text{k}\beta_3$	36.304	0.342 % 14
RX $\text{k}\beta_1$	36.378	0.66 % 3
RX $\text{k}\beta_2$	37.255	0.209 % 8
γ	283.5 1	5.8E-4 % 8
γ	661.657 3	85.10 % 20

