

OK LISTA 6 - EXERCÍCIO 1

a) Chumbo  $\left\{ \begin{array}{l} \text{---} \text{ atenuação } \left( \frac{\mu}{\rho} \right) \\ \text{- - - -} \text{ absorção } \left( \frac{\mu_{ab}}{\rho} \right) \end{array} \right.$

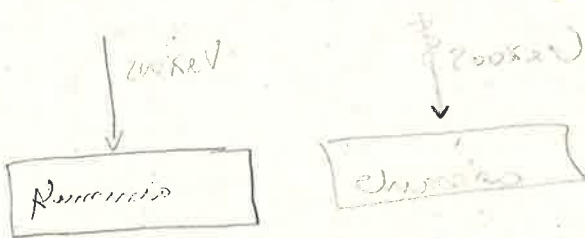
Alumínio  $\left\{ \begin{array}{l} \text{- o - o - o} \text{ atenuação } \left( \frac{\mu}{\rho} \right) \\ \text{- \cdot - \cdot - \cdot} \text{ absorção } \left( \frac{\mu_{ab}}{\rho} \right) \end{array} \right.$

b) Para baixas energias  $\frac{\mu_{ab}}{\rho}$  se compara a  $\frac{\mu}{\rho}$ , para esses materiais. Diferenças significativas surgem para a faixa de energia onde se predomina o efeito Compton e para o alumínio, que possui menor número atômico.

c)  $\frac{\mu}{\rho}$  é a seção de choque de atenuação por unidade de massa. A atenuação está relacionada à energia transferida ao meio prob. de interação (de qualquer tipo)

$\frac{\mu_{ab}}{\rho}$  é a seção de choque de absorção por unidade de massa. Esta relaciona-se à energia absorvida pelo meio, resultado das interações dos photons.  $\frac{\mu_{ab}}{\rho} = (s-g) \frac{\mu_{tr}}{\rho}$

d)



Nessa energia o Alumínio espalhará mais fôtons, pois a diferença entre  $\frac{\mu}{\rho}$  e  $\frac{\mu_{ab}}{\rho}$  é maior para esse elemento. Além disso, nessa energia o efeito Compton é predominantemente para elementos com baixos n. atômicos.



a)

Energia  
0,5 MeV

$$\frac{\mu}{\rho} = 0,18$$

(figura 8.20)

O N = total de interações e<sup>-</sup>

$$N_{int} = N_0 - N = -N_0 e^{-\mu x} + N_0 = N_0 (1 - e^{-\mu x})$$

$$N_{int} = N_0 (1 - e^{-\mu x})$$

$$N_{int} = 10^{10} \frac{\text{fotons}}{\text{cm}^2} (1 - e^{-(0,18 \times 11,4) \times 1}) \times \text{Area}$$

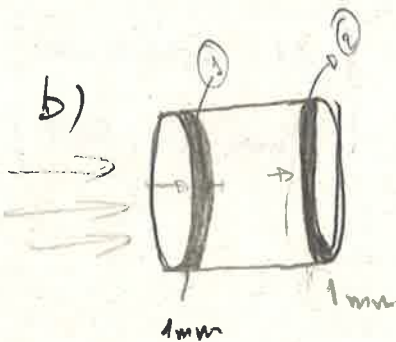
$$N_{int} = 6,358 \cdot 10^9 \frac{\text{fotons}}{\text{cm}^2} \cdot 3,1415 \text{ cm}^2$$



$$\text{Area} = \pi r^2 = 3,1415 \text{ cm}^2$$

$$N_{int} = 2,73 \times 10^{10} \text{ interações}$$

b)



Para Area 1 temos:

$$N_{01} = 10^{10} \frac{\text{fotons}}{\text{cm}^2} \times \text{Area}$$

$$N_{01} = N_0$$

↳ n: de fotons que chegam à area 1.

$$N_{02} = \pi \cdot 10^{10} \text{ fotons}$$

$$N_{int_1} = N_{01} (1 - e^{-(0,18 \times 11,4) \times 0,1 \text{ cm}})$$

$$= 5,83 \times 10^9 \text{ interações}$$

$N_{02}$  → Número de fotons que atravessam os primeiros 9 mm sem interagir

$$N_{02} = N_0 e^{-\mu x} = 10^{10} \times \pi \cdot e^{-(0,18 \times 11,4) \cdot 0,9}$$

$$N_{02} = 4,95 \times 10^9 \text{ fotons}$$

$$N_{int_2} = N_{02} (1 - e^{-(0,18 \times 11,4) \times 0,1})$$

$$N_{int_2} = 9,18 \times 10^8 \text{ interações}$$



c) Os E futes convertem nas seguintes proporções

$$\text{Compton: } \frac{M_{\text{Compton}}}{M} = \frac{0,08}{0,18} = 44\%$$

(Podemos ver pág 380)

$$\text{Fotoelétrico: } \frac{M_{\text{Fotoel.}}/P}{M/P} = \frac{0,10}{0,18} = 55\%$$

$$\text{Pares} = \frac{M_{\text{Pares}}/P}{M/P} = \frac{0}{0,18} = 0\%$$

$$d) \frac{M_{tr}}{P} = \frac{M}{P} \frac{E_{tr}}{h\nu}$$

$$E_{tr} = \frac{M_{tr} \cdot h\nu}{M}$$

↳ 1 fóton

$$= \frac{0,09}{0,18} \times 0,5 \text{ MeV}$$

$$\approx 0,25 \text{ MeV/fóton}$$

$$\approx 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} = \frac{\text{J}}{\text{fóton}}$$

Podemos ver (394)

~~comp.  $6,734 \cdot 10^{-2}$   
 fot.  $8,257 \cdot 10^{-2}$   
 Pares: 0 (Nest)~~

i) item a)

$$E_{tr} = 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} \times N_{\text{int}}(a) \\ = 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \times 2,73 \times 10^{10} \text{ J} \\ = \boxed{1,09 \times 10^{-3} \text{ J}}$$

ii) item b

$$\textcircled{1} E_{tr} = 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} \times N_{\text{int}} \\ = 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \times 5,83 \times 10^9 = \boxed{2,32 \times 10^{-4} \text{ J}}$$

$$\textcircled{2} E_{tr} = 0,25 \times 1,6 \times 10^{-13} \times 9,18 \times 10^8 = \boxed{3,67 \times 10^{-5} \text{ J}}$$

B ~~xxxx~~ Espectro não filtrado.  
 Apresentam fótons numo feixe de energia mais ampla em relação aos demais.

A ..... filtrado com chumbo

- uma das bordas de absorção do chumbo está em aproximadamente 90 keV (fig. 8.20). A partir desse valor a probabilidade de ocorrer efeito fotoelétrico aumenta resultando na atenuação do feixe nessa região.
- O chumbo também atenua (pelo mesmo efeito anterior) para baixas energias. Por ter nº atômico alto, elimina fótons de baixa energia por efeito fotoelétrico (fig. 6.2)

C — filtrado por cobre, Cu

Por ter um número atômico relativamente alto, o cobre elimina quase todos os fótons de 40 keV por efeito fotoelétrico. Porém como  $Z_{Cu} < Z_{Pb}$  o cobre atenua menos que o Pb.

b) 1ª CRS é a espessura de alumínio necessário para reduzir a intensidade  $I_0$  de um feixe para  $I_0/2$ .

O feixe filtrado pelo chumbo é mais penetrante que o feixe filtrado pelo cobre, pois o primeiro está mais intenso (concentrado) para energias mais altas (70 a 87 keV). Fótons com essa energia pouco interage com camadas finas de alumínio e por isso a CRS é maior.

c) A energia absorvida para esse valor de keV é composta por frações de energia absorvida por processo fotoelétrico e Compton. Considero nado que



elétrons secundários não podem <sup>ter</sup> toda a energia  
no volume de ar considerado por meio de colisões,  
no processo fotoelétrico, toda energia do fóton é absorvida  
pelo meio, no processo Compton apenas parte dele.

Assim, para o feixe não filtrado há muitos fótons de baixa  
energia que interagem por efeito Compton e fotoelétrico  
e que contribuem p/ dose.

Por os feixes filtrados possuem poucos fótons de baixa  
energia e por isso predomina a interação Compton  
e desse modo apenas uma parte da energia dos fótons  
é absorvida pelo meio.