Ex: Unidade de Hounsfield

* Qual é a unidade de Hounsfield para um material cujo coeficiente de atenuação é igual a duas vezes o coeficiente de atenuação da água.

A equação que determina o número de HU p/ materiais diferentes da água é:

$$H = \left[\frac{(\mu - \mu_{ag})}{\mu_{ag}} \right] \times 1000$$

sendo $\mu = 2\mu_{ag}$, então

$$H = \left[\frac{2\mu_{ag} - \mu_{ag}}{\mu_{ag}} \right] \times 1000$$

$$H = 1000$$

Ex: Energia mínima do fóton espalhado no Efeito Compton

* Qual a energia mínima do fóton espalhado no efeito compton devido a interação de um fóton incidente com energia de 10 MeV.

a equação que relaciona a energia do fóton incidente com o fóton espalhado é dada por.

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_0c^2}(1 - \cos\theta)}$$

→ a menor energia ocorre no retroespalhamento, onde $\theta = 180°$ e portanto.

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + 2\frac{h\nu}{m_0c^2}}$$

como $\frac{h\nu}{m_0c^2} \to \infty$ $(>> 1)$.

$$\frac{m_0c^2}{h\nu} << 1$$

$$h\nu' = \frac{\cancel{\frac{h\nu}{m_0c^2}} \cdot m_0c^2}{\cancel{\frac{h\nu}{m_0c^2}}\left(\cancel{\frac{m_0c^2}{h\nu}}^{\,0} + 2\right)}$$

$$h\nu' = \frac{m_0c^2}{2}$$

→ portanto.

$$h\nu' \approx 0{,}256 \text{ MeV}$$

Ex: E_K na Produção de pares

* Qual a energia cinética compartilhada pelo um par elétron-pósitron produzidos devido ao processo de produção de pares resultante da interação de um fóton com energia de 5 MeV como campo nuclear do átomo.

Como são criadas duas partículas após a interação, pelo princípio de conservação de energia temos que:

$$h\nu = E_K + 2m_ec^2$$

Portanto $E_K = h\nu - 2m_ec^2$

$$E_K = 5\,\text{MeV} - 1,022\,\text{MeV}$$

$$E_K = 3,978\,\text{MeV}$$

//

Ex: Atividade Específica e Massa da Fonte

* Uma fonte calibrada de ^{137}Cs possui uma taxa de exposição de $2000\ R/h$ a uma distância de $100\ cm$ da fonte. Dado que o ^{137}Cs possui uma atividade específica de $88\ Ci/g$, qual é a massa de ^{137}Cs presente na fonte, $\left(\Gamma = 3.43 \ \dfrac{R \cdot cm^2}{mCi \cdot h}\right)$

A exposição e a atividade estão relacionadas através da seguinte equação:

$$X = \frac{\Gamma A}{d^2},$$

sabendo que a atividade específica "a" é dada por

$$a = \frac{A}{m} \rightarrow A = m \cdot a$$

onde m é a massa do material.

portanto

$$X = \frac{\Gamma a m}{d^2}$$

$$m = \frac{X \cdot d^2}{\Gamma \cdot a}$$

$$m = \frac{2000 \cancel{R} \cdot \cancel{h^{-1}} \cdot (100)^2 \cancel{cm^2}}{3.43 \cancel{R} \cancel{cm^2} \cdot mCi^{-1} \cdot \cancel{h^{-1}} \cdot 88 Ci \cdot g^{-1}}$$

$$m = \frac{2000 \cdot (100)^2}{3.43 \cdot (10^{-3} Ci)^{-1} \cdot 88 Ci \cdot g^{-1}}$$

$$m \approx 66\ g$$

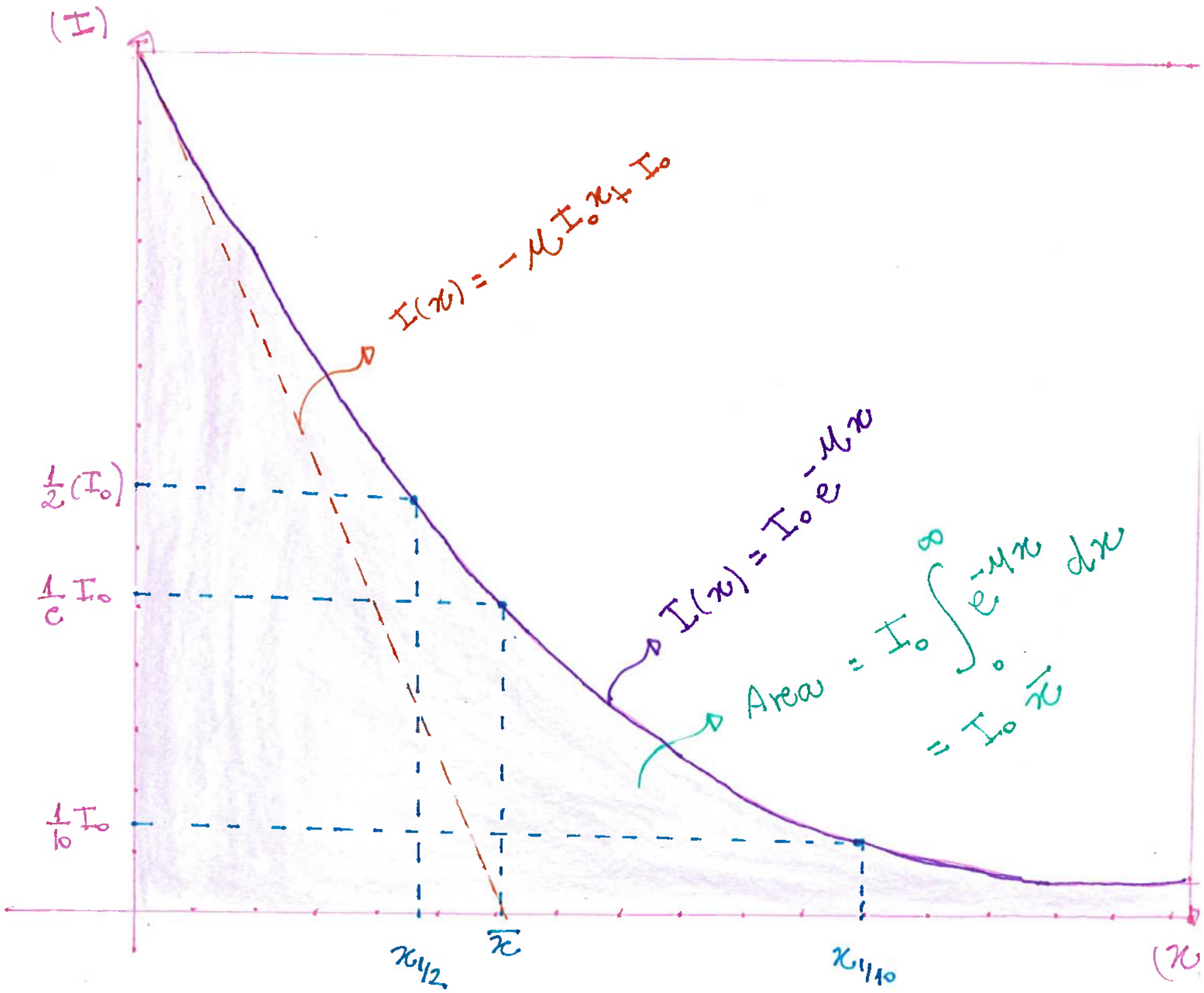
///

Exercício: Curva de Atenuação do Feixe de Fótons.

* A atenuação de um feixe de fótons monoenergético de intensidade I e energia $h\nu$ em um absorvedor de espessura x é dado pela função exponencial.

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

a) Desenhe uma curva de atenuação de I vs x, destacando I_0, $x_{1/2}$; $x_{1/10}$ e $\bar{x}$ (livre caminho médio)



Exercício: Atenuação do feixe de fótons. Coeficiente de atenuação livre caminho médio de feixe desconhecido.

* Um experimento conduzido para um feixe de fótons desconhecido utilizando uma geometria de feixe estreito e várias espessuras de chumbo, com $\rho = 11.36\ g/cm^3$ e massa atômica $A = 207.2\ g/mol$, resultou nas seguintes taxas de exposição apresentadas na tabela abaixo, medidos com uma câmara de ionização:

x(mm Pb)	0	2	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50
$\dot{X}$ (R/min)	123.6	108.3	94.9	83.2	72.9	63.9	56.0	45.9	33.0	23.7	17.1	8.8	4.6

a) A partir dos dados fornecidos, determine o coeficiente de atenuação linear para o feixe desconhecido.

A equação é

$$Y = I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

aplicando ln p/ ser linear

$$\ln I(x) = \ln(I_0 e^{-\mu x})$$

$$\ln I(x) = \ln I_0 + \ln e^{-\mu x}$$

$$\ln I(x) = \ln I_0 - \mu x.$$

$$Y - Y_0 = m(x - x_0)$$

$$m = \frac{Y - Y_0}{x - x_0}$$

coeficiente angular da reta.

onde $m = -\mu$

$Y = \ln I(x)$

$x = x.$

c) Determine o coeficiente de atenuação mássico.

$$\to \mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0,660\ cm^{-1}}{11.36\ g \cdot cm^{-3}}$$

$$\frac{\mu}{\rho} = 0,058\ \frac{cm^2}{g}$$

portanto, o coeficiente de atenuação mássico é $0,058\ cm^2 \cdot g^{-1}$

d) Determine o coeficiente de atenuação atômico:

O coeficiente de atenuação atômico $a\mu$ é dado por:

$$a\mu = \frac{1}{\rho} \frac{A}{N_A} \mu \;,$$

$$a\mu = \frac{207,2\ \cancel{g} \cdot \cancel{mol^{-1}} \cdot 0,660\ cm^{-1}}{11.36\ \cancel{g} \cdot cm^{-3} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}\ \text{átomos} \cdot \cancel{mol^{-1}}}$$

$$a\mu = \frac{136,752\ cm^2}{6,840\ 992 \cdot 10^{24}\ \text{átomos}}$$

$$a\mu = 1,999 \cdot 10^{-23}\ cm^2/\text{átomos}$$

$$a\mu \cong 20 \cdot 10^{-24}\ cm^2/\text{átomos}$$

Exemplo: Atenuação de Fótons.

1) Para um feixe monoenergético de fótons de 2 MeV interagindo com um absorvedor de chumbo ($Z = 82$; $A = 207.2$ g/g-atomo ; $\rho = 11.36$ g/cm³), o coeficiente de atenuação linear para o efeito fotoelétrico, Efeito compton, Rayleigh e produção de pares são:

$$\tau = 0.055 \, cm^{-1},$$
$$\sigma_R = 0.008 \, cm^{-1};$$
$$\sigma_C = 0.395 \, cm^{-1}$$
$$K = 0.056 \, cm^{-1}.$$

A energia média transferida para partículas carregadas é:

$$(\bar{E}_K)_{Tr} = 1.13 \, MeV$$

A energia média absorvida pelo chumbo é:

$$(\bar{E}_K)_{ab} = 1.04 \, MeV.$$

a) Calcule o coeficiente de atenuação linear total:

portanto $\mu_a = \frac{1}{\rho} \frac{A}{N_A} \mu.$

$$\mu_a = \frac{1}{11.36 g/cm^3} \frac{207.2 g/atomo}{6,022 \cdot 10^{23}} \cdot 0,514 cm^{-1}$$

$$\mu_a = \frac{106,5008}{6,840992 \cdot 10^{24}} \frac{g/atomo \cdot 1/cm}{g/cm^3}$$

$$\mu_a = 1.56 \cdot 10^{-23} \left[\frac{\frac{g}{atomo \cdot cm}}{\frac{g}{cm^3}}\right] = \frac{\cancel{g}}{atomo\ \cancel{cm}} \cdot \frac{cm^{3}}{\cancel{g}}$$

$$\mu_a = 1,56 \cdot 10^{-23}\ cm^2/atomo.$$

//

d) Determine o coeficiente mássico de transferência de energia:

O coeficiente mássico de transferência de energia é dado pelo coeficiente de atenuação mássico multiplicado pela fração da energia do fóton incidente que é convertida como energia cinética para as partículas carregadas

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{(\bar{E}_k)_{tr}}{h\nu} \cdot \frac{\mu}{\rho}.$$

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = \frac{1.13\,MeV}{2\,MeV} \cdot 0.0453\ cm^2/g$$

$$\frac{\mu_{tr}}{\rho} = 0{,}0256\ cm^2/g$$

e) Determine o coeficiente mássico de absorção de energia;

é dado por.

$$\frac{\mu_{ab}}{\rho} = \frac{(\bar{E}_K)_{ab}}{h\nu} \cdot \frac{\mu}{\rho}$$

$$\frac{\mu_{ab}}{\rho} = \frac{1.04\,MeV}{2\,MeV} \cdot 0.0453\ cm^2/g$$

$$\frac{\mu_{ab}}{\rho} = 0{,}0236\ cm^2/g$$

A3

Exemplo: Obter Coef. de Atenuação Linear

* Determine o coeficiente de atenuação linear (μ) dado que 2 mm de espessura de um material transmite 25% de um feixe de fotons monoenergéticos.

Como 25% é o equivalente a 2 HVL,

e $HVL = \dfrac{\ln 2}{\mu}$

$$2\,HVL = \frac{2 \cdot \ln 2}{\mu}$$

$$2\,mm = \frac{2 \ln 2}{\mu}$$

$$\mu = \frac{2 \ln 2}{2\,mm}$$

$$\mu = \ln 2 \; mm^{-1}$$

$$\mu = 0,693 mm^{-1}$$

Exemplo: variação da A.

* Qual é, aproximadamente, a meia vida de um radioisótopo que decresce sua atividade em torno de 5% por dia?

o tempo de meia vida é dado por:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (*)$$

podemos escrever λ em termos de A e A_0.

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{A}{A_0} \rightarrow \lambda = -\frac{1}{t} \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

Substituindo em (*) temos

$$t_{1/2} = \frac{-t \ln(2)}{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)} \quad (\heartsuit)$$

Sabendo que o isotopo decresce sua atividade em 5% em um $t = 1$ dia.

então $A = 0.95 A_0$ p/ $t = 1$.

substituindo em $\heartsuit$ temos

$$t_{1/2} = \frac{-1 \ln(2)}{\ln\left(\frac{0,95 \cancel{A_0}}{\cancel{A_0}}\right)}$$

$$t_{1/2} = -\frac{\ln(2)}{\ln(0,95)}$$

$$t_{1/2} = 13.5 \text{ dias}.$$

Qual a espessura de chumbo necessária para reduzir a exposição de uma fonte de ^{99m}Tc produzindo 0.64 mSv/h a 1 metro para um nível aceitável em uma área livre?
(HVL = 0.027 cm)

O limite de taxa de dose para áreas livres é de 0.02 mSv/h.

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n \qquad \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = n \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{\ln\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{0.02}{0.64}\right)}{\ln(0,5)} \qquad n = 5$$

são necessários 5 HVL's.

$$5 \times 0,027\,cm = 0.135\,cm$$

Qual a espessura de chumbo necessária para reduzir a taxa de exposição de 3.0 mR/h para 1.0 mR/h atrás de uma barreira secundária dado que a TVL para o chumbo é de 4.826 cm.

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$TVL = \frac{\ln 10}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{\ln 10}{TVL}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{\ln 10}{TVL} \cdot x}$$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\frac{\ln 10}{TVL} \cdot x$$

$$x = -\frac{TVL}{\ln 10} \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$x = -\frac{TVL}{\ln(10)} \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$x = \frac{-4.826}{\ln 10} \cdot \ln\left(\frac{1}{3}\right)$$

$$x = 2.30 \text{ cm}$$

* outra forma:

$$n = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$n \approx 0,48$$

$$x = TVL \cdot n$$

$$x \approx 4.826 \cdot 0,48$$

$$x \approx 2,31$$

Um levantamento radiométrico em uma área livre utilizando uma câmara de ionização mostra uma taxa de 25 mR/h para um feixe que atinge diretamente uma das barreiras da área; Se o fator uso (U) for de 0.5 e o feixe estiver ligado por um total de 5 minutos por hora, quantos mR é estimado em qualquer hora neste local.

- Como $U = \frac{1}{2}$;

a taxa p/ a parede é de. 12,5 mR/h.

$$12{,}5\,mR \longrightarrow 60\ min$$
$$x? \longrightarrow 5\ min$$

$$x = \frac{12.5\ mR \cdot 5\ min}{60\ min}$$

$$x \cong 1{,}04\ mR$$

$x \cong 1\ mR$ a cada hora.

Qual a espessura de chumbo necessária para reduzir a exposição de uma fonte pontual de ^{137}Cs em 70% sendo HVL = 0,65 cm.

$$\frac{I}{I_0} = 0,3. \qquad \frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}}$$

$$\frac{x}{HVL} = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{\ln(0,5)} \qquad x = \frac{\ln(0,3)}{\ln(0,5)} \cdot HVL$$

$$x = \frac{\ln(0,3)}{\ln(0,5)} \cdot 0,65$$

$$x = 1,129 \text{ cm}$$

$$\underline{x \approx 1,1 \text{ cm}}$$

//

* A taxa de dose aumenta por um fator 2 após um atenuador de feixe ser removido. Qual a espessura do atenuador caso possua um coeficiente de atenuacão linear de 0,25 cm^{-1}

- A taxa de dose com o absorvedor é dada por

$$\dot{D}_1 = \dot{D}_0 e^{-\mu x} \quad (*)$$

- A taxa de dose sem o absorvedor é obtida por

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_0 e^{-\mu x}, \quad \text{como } x = 0.$$

$$\dot{D}_2 = \dot{D}_0$$ portanto a taxa de dose sem o absorvedor é igual a taxa de dose inicial.

porem como $\dot{D}_2 = 2 \cdot \dot{D}_1$ (enunciado)

e como $\dot{D}_2 = \dot{D}_0 \Rightarrow$ portanto $\dot{D}_0 = 2 D_1$

substituindo em $(*)$

$$\dot{D}_1 = 2\dot{D}_1 e^{-\mu x}$$

$$\frac{\dot{D}_1}{2\dot{D}_1} = e^{-\mu x}$$

$$e^{-\mu x} = \frac{1}{2}$$

$$-\mu x = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$x = \frac{-\ln\left(\frac{1}{2}\right)}{\mu}$$

$$x = 2,773$$

$$\underline{x \cong 2,8 \text{ cm}}$$

Se 0.5mm de Pb atenua o feixe em 91%, 0.25mm Pb atenuará quantos por cento do feixe.

$$f_1 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x_1}{HVL}} \qquad f_2 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x_2}{HVL}}$$

$$\ln(f_1) = \frac{x_1}{HVL} \cdot \ln(0,5)$$

$$\ln f_2 = \frac{x_2}{HVL} \cdot \ln(0,5)$$

$$\frac{\ln f_2}{\ln f_1} = \frac{\frac{x_2}{HVL} \cdot \ln 0,5}{\frac{x_1}{HVL} \cdot \ln 0,5}$$

$$\frac{\ln f_2}{\ln f_1} = \frac{x_2 \ln 0,5}{\cancel{HVL}} \cdot \frac{\cancel{HVL}}{x_1 \ln(0,5)}$$

$$\frac{\ln f_2}{\ln f_1} = \frac{x_2}{x_1}$$

$$\ln f_2 = \frac{x_2}{x_1} \ln f_1$$

$$\ln f_2 = \ln f_1^{\frac{x_2}{x_1}}$$

$$f_2 = f_1^{\frac{x_2}{x_1}}$$

$$f_2 = 0,09^{\frac{0,25}{0,5}}$$

$$f_2 = 0,3$$

atenua 70%

Ex: Transmissão após n HVLs - Camadas Semi-Redutoras

* Qual a fração de transmissão de um feixe de fótons após atravessar 5 HVL's? (Percentual de transmissão)

sabendo que a fração dos fótons transmitidos é dada por $\frac{I}{I_0}$, e sabendo que,

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$ onde n é o número de HVL's.

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = 0,03125$$

$$\frac{I}{I_0} = 3,125\%$$

Um tubo de raios-X está funcionando a 80 KVp e a 10 mAs. As configurações são alteradas para 120 KVp e 5 mAs. Qual é a mudança aproximada na saída do tubo.

output $\propto$ $KVp^2 \cdot mAs$.

$\Theta_1 = 80^2 \cdot 10$ $\qquad$ $\Theta_2 = 120^2 \cdot 5$

$\Theta_1 = 64000$ $\qquad$ $\Theta_2 = 72000$

$\frac{\Theta_2}{\Theta_1} = \frac{72000}{64000}$ $\qquad$ $\Theta_2 \approx 1,1\,\Theta_1$

Aumenta o output em 10%

Dado um material com coeficiente de atenuação mássico de $(0,0329\ cm^2/g)$ e densidade de $1,2\ g/cm^3$, que espessura do material é necessária para criar um bloco de transmissão parcial que forneça 85% da dose de campo aberto?

$$\frac{\mu}{\rho} = 0,0329\ cm^2/g$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}{\ln(0,5)} \cdot \frac{\ln(2)}{\frac{\mu}{\rho} \cdot \rho}$$

$$x = \frac{\ln(0.85) \cdot \ln 2}{\ln(0,5)\ 0,0329 \cdot 1,2}$$

$$x = 4,116\ cm$$

$$x \approx 4,1\ cm$$

Assumindo que $3.12 \cdot 10^{10}$ elétrons de 6. MeV são necessários para tratar um tumor superficial com 2Gy. Dado que a carga do elétron é $1.62 \cdot 10^{-19}$ C, qual é a corrente do feixe incidindo no paciente caso a dose seja entregue em 10 s?

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{3,12 \cdot 10^{10} \cdot 1,62 \cdot 10^{-19}}{10}$$

$$I = 5,05 \cdot 10^{-10}\ A$$

$$I = 505 \cdot 10^{-12}\ A$$

$$I \approx \underline{500\ pA}$$ //

* Um isotopo que decresce sua atividade em 5% por dia tem uma meia vida de aproximadamente quantos dias?

um decréscimo de 5% por dia indica que

$\lambda = 0,05 / \text{dia}$ =

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{0,05}$$

$$\rightarrow t_{1/2} = 13,863$$

$$t_{1/2} \approx \underline{13,9 \text{ dias}}$$ //

* Qual é o percentual de transmissão ~~após~~ de um bloco com 5 HVL

como $\frac{I}{I_0}$ é a fração de transmissão temos:

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}}$$

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5HVL}{HVL}}$$

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{5}$$

$$\frac{I}{I_0} = 0,03125$$

$0,03125 \times 100\ \%$

$= 3,125\%$ de transmissão após 5 HVL.

* Se os valores brutos de transmissão para filmes radiocrômicos expostos a 0cGy é de 30 000 e 250cGy é de 3 000 qual é a densidade optica liquida correspondente a 250 cGy?

$$\rho = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$\rho = -\log\left(\frac{3\cancel{000}}{30\cancel{000}}\right)$$

$$\rho = -\log\left(\frac{3}{30}\right)$$

$$\rho = 1.0.$$

$$OD = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$OD = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)^{-1}$$

$$OD = \log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$$OD = \log\left(\frac{30\cancel{000}}{3\cancel{000}}\right)$$

$$OD = \log(10)$$

$$= 1$$

(3)

* Se um isótopo $^{220}_{105}A$ decai por emissão α e na sequência por emissão β^-, Qual o número atômico e o número de massa do novo elemento.

* No decaimento α, é emitido um núcleo de Hélio, e portanto o novo elemento será $^{A-4}_{Z-2}B \rightarrow {}^{220-4}_{105-2}B \rightarrow {}^{216}_{103}B$.

* No decaimento β^-, o núcleo está com excesso de neutrons e portanto precisa de mais prótons, e isto é realizado convertendo um neutron em um próton + um "negatron", portanto.

$$^{A}_{Z+1}C \rightarrow {}^{216}_{103+1}C \rightarrow {}^{216}_{104}C$$

Portanto o novo elemento terá $A = 216$ e $Z = 104$.

* A atividade inicial de um elemento desconhecido é de 3Ci, após 12 dias sua atividade é de 2.61 Ci. Qual a meia-vida deste elemento? Que elemento poderia ser

Sabendo que

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$, portanto temos que

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{t}{t_{1/2}} \ln(0,5)$$

$$t_{1/2} = t \cdot \frac{\ln(0,5)}{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}$$

como $t = 12$ dias, $A = 2.61$ Ci e $A_0 = 3$Ci, temos

$$t_{1/2} = 12 \cdot \frac{\ln(0,5)}{\ln\left(\frac{2,61}{3}\right)}$$

$$t_{1/2} = 59,7 \text{ dias}$$

poderia ser o ^{125}I. que possui $t_{1/2} = 59.4$ dias.

para $n = 2$

$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} = 0{,}25$, portanto após $2\ t_{1/2}$ restará 25% da atividade inicial.

para $n = 3$

$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8} = 0{,}125$; restará 12,5% de A_0 após $3\ t_{1/2}$.

Para $n = 4$

$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16} = 0{,}0625$; restará 6,25% de A_0 após $4\ t_{1/2}$

Para $n = 5$

$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32} = 0{,}03125$; restará 3,125% de A_0 após $5\ t_{1/2}$

Para $n = 10$

$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{10} = \frac{1}{1024} = 0{,}0009765 = 0{,}097\%$ da A_0 após $10\ t_{1/2}$. $\sim 0{,}1\%$

* Dado que a atividade inicial de uma nova fonte de ^{192}Ir é de 9.98 Ci, qual será sua atividade, em GBq três meses depois (90 dias) dado que a meia vida do ^{192}Ir é de 74 dias?

• A relação entre Ci e Bq é:

$$1\,Ci = 3,7 \cdot 10^{10}\ Bq$$

, como o prefixo $G = 10^9$,

o Ci em GBq é:

$$1\,Ci = 37 \cdot 10^9\ Bq = 37\ GBq.$$

* obtendo a Atividade após 90 dias, temos

$$A = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}} \cdot A_0$$

$$A = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{90}{74}} \cdot 9,98\,Ci$$

$$A = 4,2955\ Ci$$

* Convertendo para GBq,

$$A = 4,2955 \cdot 37\ GBq$$

$$A = 158,93\ GBq$$

$$A \cong 159\ GBq$$

* Qual é a atividade de um implante de prostata após um ano dado que foi utilizada sementes de ^{125}I com atividade inicial de 30 mCi.

sabendo que $t_{1/2} = 59,4$ dias. e a atividade em função do tempo é dada por:

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot t}$$

para $t = 1$ ano = 365dias, temos

$$A = 30 mCi \, e^{-\frac{\ln(2)}{59,4 \cancel{d}} \cdot 365 \cancel{d}}$$

$$A = 0,42 \, mCi.$$

* Uma fonte decai 3% em um dia. Qual é o decréscimo em sua atividade após 30 dias.

- após 1 dia, a atividade da fonte diminui em 3%, portanto a fração $\frac{A}{A_0} = 0,97$;

- obtendo a meia vida da fonte, temos

$$\frac{A}{A_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$$

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = \frac{t}{t_{1/2}} \ln(0,5) \Rightarrow t_{1/2} = \frac{t \cdot \ln(0,5)}{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}$$

para $t = 1d$ y $\frac{A}{A_0} = 0,97$.

$$t_{1/2} = \frac{\ln(0,5)}{\ln(0,97)} \Rightarrow t_{1/2} = 22,76 \text{ dias}.$$

* Se 2 mm de espessura de um material transmite 25% de um feixe de fótons monoenergético, calcule a camada semi redutora (HVL) e o coeficiente de atenuação linear do feixe.

• Como o material transmite 25% do feixe, ou seja a razão entre a intensidade final e a inicial é de $\frac{1}{4}$, o que equivale a 2 HVL, portanto

$$2\,HVL = 2\,mm$$

$$HVL = 1\,mm$$

• Outra forma de calcular é através da relação:

$$\frac{I}{I_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}}$$

$$\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}} \rightarrow \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{x}{HVL}\ln\left(\frac{1}{2}\right)$$

$$HVL = \frac{x \cdot [\ln(1) - \ln(2)]}{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}$$

$$HVL = \frac{-x\ln(2)}{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)} \rightarrow HVL = \frac{-2\,mm\,(\ln(2))}{\ln(0,25)}$$

$$\underline{HVL = 1\,mm} \rightarrow HVL = 0{,}1\,cm$$

→ O coeficiente de atenuação linear é determinado através da equação:

$$HVL = \frac{\ln(2)}{\mu} \rightarrow \mu = \frac{\ln(2)}{HVL}$$

$$\mu = \frac{0{,}693}{1} \rightarrow \mu = 0{,}693/mm$$

$$\mu = 6{,}93/cm$$

* Um campo de fótons é calculado para uma SSD de 100 cm. Qual seria uma boa estimativa para o erro da dose absorvida entregue caso o paciente fosse posicionado na SSD de 110 cm?

Uma boa estimativa para o erro seria utilizando o fator de redução do feixe com base na lei do inverso quadrado da distância

$$IQD = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = \left(\frac{100}{110}\right)^2 = 0,826$$

portanto será entregue ≈ 83% da dose

resultando em uma diferença de 17%

* No espalhamento compton, um feixe incidente de fótons de 6 MeV interage com um elétron aproximadamente livre e é espalhado em um ângulo de 60°, Qual a energia do elétron ejetado?

A relação entre a energia do fóton incidente com a energia do fóton espalhado é dado pela seguinte relacão

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1 + \frac{h\nu}{m_0c^2}(1 - \cos\theta)}$$

sabendo que $h\nu = 6\ MeV$, $m_0c^2 = 0,511\ MeV$ e $\theta = 60°$

9

* Dado que as energias de ligação das camadas K L M N de um átomo de Iodo são 34 KeV, 5 KeV, 0.6 KeV e ~ 0KeV, respectivamente. Quais são as possíveis energias dos raios-X característicos seguindo a ejeção de um elétron da camada K?

- Uma vacância na camada K, será preenchida por um elétron de uma camada mais alta, que irá gerar outra vacância caso a transição ocorra nas camadas intermediárias L ou M, e essas transições podem emitir não somente raios-X característicos como elétrons auger.

→ As possíveis transições:

$L \to K$

$E_{LK} = 34 - 5 = 29\ KeV$

$M \to L$

$E_{ML} = 5 - 0.6 = 4,4\ KeV$

$M \to K$

$E_{MK} = 34 - 0.6 = 33,4\ KeV$

$N \to L$:

$E_{ML} = 5\ KeV$

$N \to K$

$E_{NK} = 34\ KeV$

$N \to M$

$E_{NM} = 0.6\ KeV$

Portanto, as possíveis energias para os raios X característicos são

0,6 KeV; 4,4 KeV; 5 KeV; 29 KeV; 33,4 KeV e 34 KeV.

Qual o comprimento de onda de uma onda eletromagnética propagando com uma frequência de 500 kHz 10

A relação de λ com ν é dada por

$$c = \lambda \nu$$; sendo c a velocidade da luz

por se tratar de onda eletromag.

Como $c \approx 3 \cdot 10^8 \; m/s$;

convertendo ν p/ $\frac{1}{s}$, temos $\nu = 500 \cdot 10^3 /s$

Portanto $$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3 \cdot 10^8 \; m \cdot s^{-1}}{500 \cdot 10^3 \cdot s^{-1}}$$

$$\lambda = 600 \; m$$

Qual a energia cinética de uma massa de 10 Kg viajando a uma velocidade de 5 m/s?

A energia cinética é dada por

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$, sabendo que $1J = 1 N \cdot m = Kg \cdot m/s^2 \cdot m$

Como já estão no SI $\qquad [\Delta J] = \left[Kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \right]$

$$K = \frac{1}{2} 10 \, Kg \cdot \left(5 \cdot m \cdot s^{-1}\right)^2$$

$$K = 5 \, Kg \cdot 25 \cdot m^2 \cdot s^{-2}$$

$$K = 125 \, J$$