

a) Grandezas físicas: podem ser medidas, determinadas experimentalmente.

Grandezas Operacionais: servem para monitoração de área e monitoração individual. Podem ser usadas para estimar o limite superior dos valores das grandezas de proteção nos tecidos ou órgãos ou no corpo todo como um todo exposto à radiação externamente. Correlacionam-se com as respostas de dosímetros usados na monitoração após calibração e cálculos.

Grandezas de proteção: são grandezas dosimétricas especificadas no corpo humano e foram introduzidas para o estabelecimento de limites de exposição à radiação, mas não podem ser medidas com nenhum equipamento. Se correlacionam com as grandezas físicas por meio de coeficientes ~~fixos~~ de conversão.

b) Kerma: Equivale à soma das energias cinéticas iniciais de todas as partículas carregadas liberadas pelas partículas sem carga (fótons e nêutrons) em um elemento de massa dm .

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm} \text{ (Gy)}$$

Dose absorvida:

$D = \frac{dE_{ab}}{dm} \text{ (Gy)}$ É a energia média depositada pela radiação em um volume elementar de massa dm .

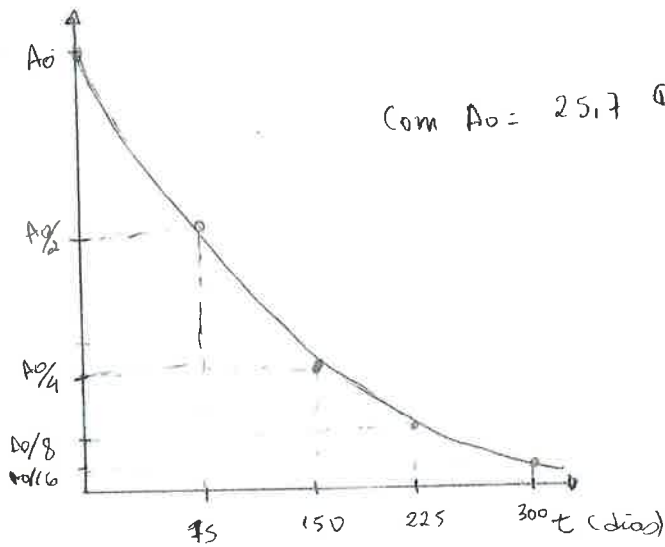
c) Equivalente de dose pessoal $H_p(d)$

É obtida pelo produto da dose absorvida em um ponto, na profundidade d do corpo humano, pelo fator de qualidade Q da radiação nesse ponto.

d) Dose efetiva, E ,

Estabelece os limites de exposição do corpo todo à radiação, a fim de limitar a ocorrência de efeitos cancerígenos e hereditários

A)



Com $A_0 = 25,7 \text{ Ci} = 25,7 \times 10^3 \text{ mCi}$

B) $I = I_0 e^{-\mu x}$; para $x = 0,48 \text{ cm} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \frac{1}{2}$

Assim: $0,5 = e^{-\mu \cdot 0,48} \Rightarrow \mu = -\frac{\ln(0,5)}{0,48} \Rightarrow \mu = 1,444 \text{ cm}^{-1}$

Para 7 cm de chumbo:

$$\frac{I}{I_0} = e^{-1,444 \times 7} = 4,07 \times 10^{-5} = 4,07 \times 10^{-3} \%$$

É a porcentagem de radiação transmitida.

C)

$$\dot{X} = \frac{X}{t} = \frac{\pi \cdot A}{r^2} = \frac{3,970 \times (4,07 \times 10^{-5}) \times 25,7 \times 10^3}{(7)^2}$$

devido à blindagem

$$\dot{X} = 0,085 \text{ R/h} = 85 \text{ mR/h}$$

D) A exposição a 50 cm é

$$X = \frac{3,970 \times 25,7 \times 10^3 \times 10}{(50)^2} = 397 \text{ R}$$

$$D_{ab} = 0,00876 \cdot f \cdot X(\text{R}) = 0,00876 \cdot 1 \cdot 397 = 3,47 \text{ Gy}$$

DADOS:

$$A = 1375 \text{ Ci} = 1.375 \cdot 10^3 \text{ mCi}$$

$$m = 70 \text{ kg}$$

$$r = 100 \text{ cm}$$

$$t = 0.5 \text{ h}$$

$$A_{\text{po}} = 10 \text{ mCi}$$

$$T_{1/2 \text{ fis}} = 30 \text{ anos}$$

$$T_{1/2 \text{ Bio}} = 70 \text{ dias}$$

$$\Gamma = 3.25 \text{ R} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mCi}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$E = 0.660 \text{ MeV}$$

$$\Delta \text{ dia} = 8.64 \times 10^4 \text{ s}$$

A)

$$X = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{r^2} = \frac{3.25 \times 1375 \times 10^3 \times 0.5}{(100)^2} = 222.6 \text{ R}$$

considerando $f = 1.11$ f (água) tempo:

$$D = 0.00876 \times 1.11 \times 222.6 = 2.16 \text{ Gy}$$

$$D = 2.16 \text{ mGy}$$

B) Como o radionuclídeo emite somente um tipo de partícula

$$D = \frac{D_0}{\lambda_{\text{ef}}} (1 - e^{-\lambda_{\text{ef}} t}) \quad \text{com} \quad \lambda_{\text{ef}} = \lambda_{\text{fis}} + \lambda_{\text{bio}}$$

$$\left\{ \frac{1}{T_{1/2 \text{ ef}}} = \frac{1}{T_{1/2 \text{ fis}}} + \frac{1}{T_{1/2 \text{ Bio}}} \right. \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{T_{1/2 \text{ ef}}} = \frac{1}{30 \text{ anos}} + \frac{1}{(70/365) \text{ anos}} = \frac{1}{5.25}$$

$$T_{1/2 \text{ ef}} = 5.2476 \quad \lambda_{\text{ef}} = \frac{\ln 2}{5.2476} = 0.132 \text{ anos}^{-1}$$

$$D_0 = \frac{A \cdot E}{m} = \frac{10 \times 3.7 \times 10^7 \text{ s}^{-1} \times 0.660 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}}{70 \text{ kg}}$$

$$D_0 = \frac{3.90 \times 10^5}{70} = 5.58 \times 10^7 \frac{\text{Gy}}{\text{s}} = 5.58 \times 10^{-7} \times 8.64 \times 10^4 \text{ Gy/Dia}$$

$$\dot{D}_0 = 0.0482 \text{ Gy/Dia}$$

$$D = \frac{\dot{D}_0}{\lambda_{\text{eff}}} (1 - e^{-\lambda_{\text{eff}} t}) = 0.0482 \frac{\text{Gy}}{\text{Dia}} \times \frac{1}{(0.132/365) \text{ dia}^{-1}} \left(1 - e^{-0.132 \text{ d} \times \frac{30}{365 \text{ d}}} \right)$$

$$D = 133.28 \text{ Gy} \times (0.03079) = 4.14 \text{ Gy}$$

A)

Sendo:

$$A = 6 \times 10^5 \text{ Ci} = 6 \times 10^8 \text{ mCi}$$

$$t = 5 \text{ h}$$

$$T_{1/2} = 5.3 \text{ anos}$$

$$\Gamma = 12.97 \text{ R} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mCi}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$X [R] = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{r^2} \Rightarrow$$

$$10^6 \text{ R} = \frac{12.97 \cdot \text{R} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mCi}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \times 6 \cdot 10^8 \text{ mCi} \times 5 \text{ h}}{r^2}$$

$$10^6 = \frac{3.89 \times 10^{10}}{r^2} \Rightarrow r^2 = \frac{3.89 \times 10^{10}}{10^6}$$

$$r^2 = 3.89 \times 10^4 \Rightarrow r = 197 \text{ cm}$$

$$r = 1.97 \text{ m}$$

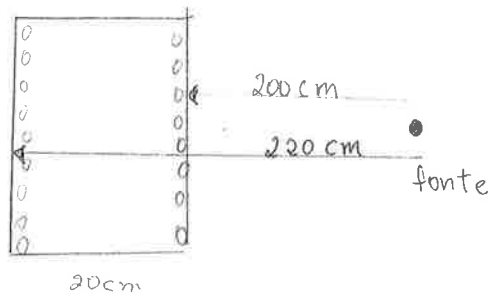
$$B) \quad t = 10.6 \text{ anos} = 2 \times T_{1/2}$$

$$\text{Logo } A(t) = \frac{1}{4} A_0 \Rightarrow A(t) = 1.5 \times 10^5 \text{ Ci} \Rightarrow A(t) = 1.5 \times 10^8 \text{ mCi}$$

$$X [R] = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{r^2} \Rightarrow 10^6 = \frac{12.97 \times 1.5 \times 10^8 \times 5}{r^2}$$

$$\Rightarrow r^2 = \frac{9.73 \times 10^9}{10^6} \Rightarrow r = 98.6 \text{ cm} \Rightarrow r = 0.986 \text{ m}$$

c)



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

$$\frac{I}{I_0} = 0,5 \text{ para } x = 5 \text{ cm (CSR)}$$

$$0,5 = e^{-\mu \cdot 5} \Rightarrow -4,5 = \log(0,5)$$

$$\mu = \frac{-\log(0,5)}{5} = 0,138 \text{ cm}^{-1}$$

Para 20 cm

$$\frac{I}{I_0} \text{ equivale } \frac{N}{N_0} = \frac{\lambda N}{\lambda N_0} = \frac{A}{A_0}$$

$$\Rightarrow A = \frac{I}{I_0} A_0 \quad \text{Desconsiderando a atenuação do ar}$$

$$\frac{I}{I_0} = e^{-0,138 \text{ cm}^{-1} \cdot 20 \text{ cm}} \Rightarrow \frac{I}{I_0} = 0,0633$$

$$X = \frac{\Gamma \cdot (0,0633) A_0 \cdot t}{r^2} = \frac{12,97 \cdot 0,0633 \cdot 6 \times 10^8 \cdot 5}{(220)^2}$$

$$X = 5,08 \times 10^4 \text{ R}$$

D) NÃO. As interações de fótons com a matéria (fotoelétrico, Compton, pares e esp. coerente) não afetam a estabilidade dos núcleos do elemento do meio, portanto não os tornam radiativos.

- a) Pág 204 - Livro Física dos Radiações.
- b) Pág 212 - (seção 10.4) - Livro Física dos Radiações.
- c) Páginas 213-214 - Livro Física dos Radiações.
- d) Pag 217 - Livro Física dos Radiações.

$$a) 4 \text{ Gy} = \frac{4 \text{ J}}{\text{kg}}$$

Panque 70 kg

$$E_{ab} = 70 \text{ kg} \times \frac{4 \text{ J}}{\text{kg}} = 280 \text{ J}$$

$$\text{Lem } 1 \text{ J} = \frac{1}{4.186} \text{ cal}$$

$$E_{ab} = \frac{280}{4.186} = 66.9 \text{ cal}$$

$$b) \text{ valor calórico: } 3,8 \text{ kcal} \frac{\text{cal}}{\text{g}} = \frac{3,8 \times 10^3 \text{ cal}}{10^{-3} \text{ kg}} = 3,8 \times 10^6 \frac{\text{cal}}{\text{kg}}$$

$$3,8 \times 10^6 \text{ cal} \rightarrow 1 \text{ kg}$$

$$66,9 \text{ cal} \rightarrow x$$

$$x = \frac{66.9}{3,8 \times 10^6} = 1,76 \times 10^{-5} \text{ kg}$$

c) Calor específico:

$$1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 20^\circ\text{C}$$

$$\text{Energia: } 20 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 20 \times 10^3 \frac{\text{cal}}{\text{kg}}$$

$$\text{Logo: } m = \frac{66.9}{20 \times 10^3} = 3,34 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

a)

① - Erutemas no peito de Becquerel: Reações teciduais

② - lesões com escorções nos mãos e antebraços de Marie: Reações teciduais

③ leucemia de Mme Curie: efeitos estocásticos.

b) Não há limiar de doses para efeitos estocásticos. Para as reações teciduais mostradas existe um limiar de dose entre $< 3-6 \text{ Gy}$ (Tab 10.3)

c) Para os efeitos estocásticos não há relação entre a gravidade e dose. Já para as reações teciduais, a gravidade é função da dose.

d) Para os efeitos estocásticos existem um tempo de latência, que é o tempo entre a exposição e o surgimento do efeito, geralmente longo (vários anos). Já as as reações teciduais podem ocorrer imediatamente após a exposição ou tardiamente. Mesmo em reações teciduais tardias, o tempo de latência é menor que para ~~os~~ efeitos estocásticos.

e) Pág 221 - Livro Física das Radiações

a)

EQUIVALENTE DE DOSE PESSOAL:

$$H = Q \cdot D$$

$$X = \frac{P \cdot A \cdot t}{r^2}$$

$$d = 1,5 \text{ m}$$

$$P = 0,397 \text{ R} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Ci}^{-1}$$

$$t = 6 \text{ h}$$

$$A = 1,36 \times 10^{12} \text{ Bq}$$

$$A = \frac{1,36 \times 10^{12}}{3,7 \times 10^{10}} \text{ Ci} = 36,75 \text{ Ci}$$

$$X = \frac{0,397 \times 36,75 \times 6}{(1,5)^2}$$

$$X = 38,9 \text{ R}$$

usando $f = 1,1$ (muscular - tab 9.2)

$$D = 0,00876 \times 1,1 \times 38,9 = 0,37 \text{ Gy}$$

sendo $Q = 1$ $H = 0,37 \text{ Sv}$

b)

considerando a tabela 10.3, o efeito que poderia ocorrer é a esterilidade temporária, nos testículos com um tempo de latência de 3 a 9 semanas, já que esse efeito tem um limiar de dose de $\approx 0,1 \text{ Gy}$.

c) Não foram contaminados. A fonte era selada.

d)

$$\frac{A}{A_0} = e^{-\mu x}$$

$$\ln(0.5) = -\mu \cdot 0.48 \text{ cm} \Rightarrow \mu = \frac{\ln(2)}{0.48 \text{ cm}} = 1.44 \text{ cm}^{-1}$$

$$\dot{X} = \frac{X}{t} = \frac{\pi A}{r^2} \cdot \frac{0.397 \times 36.75 \times e^{-1.44 \times 7}}{(0.07)^2}$$

$$\dot{X} = 0.125 \text{ R} \cdot \text{h}^{-1}$$

e) $A_0 = 36.75 \text{ Ci}$

$A(7 \text{ cm Pb}) = 0.056 \text{ Ci}$

A blindagem atenua bastante a radiação β , mas não completamente. A atividade decresce por um fator $e^{-\mu x}$ que só deve tender a zero se x tender a infinito.

O Pb é suficiente para atenuar a radiação β . No entanto, pode ocorrer a produção de radiação de freoneto, com a interação dos eletrons com o Pb, e essa radiação também escapa da blindagem.