LISTA 1 PARA ENTREGAR

1)

a) Radiação é energia em trânsito. É uma forma de energia emitida por uma fonte e transmitida por meio do vácuo, do ar ou de meios materiais.

b) Radiações ionizantes são partículas capazes de produzir ionização no meio onde estão interagindo, podendo ser classificadas em diretamente ionizantes e indiretamente ionizantes.

- Diretamente ionizantes: partículas carregadas, exemplos: elétrons, pósitrons, prótons, partículas α.
- Indiretamente ionizantes: partículas sem carga, exemplos: fótons e nêutrons.

Diretamente ionizantes	Indiretamente ionizantes
Raios α	Raios ultravioletas
Partículas β	Raios γ
	Raios X

Os demais tipos de radiações apresentadas no problema são do tipo não ionizantes.

c) Uma radiação é considerada como não ionizante se não for capaz de arrancar um elétron de um átomo ou de uma molécula, ao qual ele está ligado por força elétrica. Portanto, radiação não ionizante é incapaz de produzir ionização no meio que interage.

d) Uma partícula carregada com energia cinética K interage com o meio causando ionização, excitação e subexcitação, que aquece o gás instantaneamente, gastando para isso porção de sua energia. Por exemplo, para gases nobres e gases moleculares as partículas carregadas perdem aproximadamente 3/5 de K e 2/5 de K, respectivamente, em ionização. Dessa forma, como na energia média, W, gasta para formar um par de íons está incluso a parte usada na excitação e também aquecimento, W é sempre maior que a energia de ionização do elétron de valência dos átomos.

2)

v = $1{,}03 * 10^{8}$m/s
Ek = - 20keV
EL = - 2,5 keV
me = $9{,}1 * 10^{-31} Kg$
1 eV = $1{,}602 * 10^{-19} J$

a) Para um tratamento não relativístico:

E = $\frac{m*v^2}{2}$

$E = \frac{(9,1*10^{-31}Kg)*\left(1,03*\frac{10^8 m}{s}\right)^2}{2}$

E = $4,83 * 10^{-15} Kg * m^2/s^2$ = $4,83 * 10^{-15} J$ = 30,14 keV.

Com 1 J = $6,24x10^{18}$ eV

b) $\lambda m\acute{i}n = \frac{hc}{Em\acute{a}x}$ = $((4,13 * 10^{-15} eV * s) * (3,0 * \frac{10^8 m}{s}))/(30,14 * 10^3 eV)$

λmín = 0,041nm

Ocorre quando o elétron incidente no alvo de Mo perde toda a sua energia (30,14keV) no processo de freamento ou Bremsstrahlung.

c) λ*ν = EL – EK = -2,5 – (-20) = 17,5 keV

$\lambda = \frac{h*c}{E} = \frac{(4,13*10^{-15} eV*s)*\left(3,0*\frac{10^8 m}{s}\right)}{17,5*10^3 eV}$ = 0,071nm

3)

a) $I = Io * e^{-\mu x}$ (1)

Como I é proporcional ao número de contagens, C, podemos usar a seguinte aproximação:

$C = Co * e^{-\mu x} \rightarrow \frac{C}{Co} = e^{-\mu x}$

Aplicando ln é possível encontrar o μ.

$\mu = 0,67 cm^{-1}$

b) O material é o chumbo, Pb.

c) Usando a equação (1), sendo $\frac{I}{Io} = 0,5$ para x = CSR, e aplicando o ln, chegamos a:
CSR =1,05cm

4)

	H2O	Al	Pb
μ (cm^{-1})	0,170	0,459	62,98

Para 1 cm de Pb temos:

$\frac{I}{Io} = e^{-\mu(Pb)*x(Pb)} = e^{-62,98 cm^{-1}*1cm}$

$\frac{I}{Io} = 4,45 * 10^{-28}$

Admitindo-se que as intensidades iniciais e finais sejam as mesmas para os três materiais temos:

$\ln\left(\frac{I}{Io}\right) = -\mu x \rightarrow x = \frac{\ln\left(\frac{I}{Io}\right)}{-\mu}$

xAl = $\frac{\ln(4{,}45*10^{-28})}{0{,}459cm^{-1}}$ = 137,2 cm

xH2O = $\frac{\ln(4{,}45*10^{-28})}{0{,}170cm^{-1}}$ = 370,5 cm

5)

a) Pelo gráfico temos que a camada semirredutora é 4,0cm de tecido humano, logo:

$\mu = \frac{ln2}{CSR}$ = 0,173 cm^{-1}

A porcentagem de fótons que irá sensibilizar o filme é:

$\frac{N}{No} = e^{-(\mu x)}$

- Pessoa com peso normal, Pn:

$\frac{N}{No} = e^{-\mu x(Pn)} = e^{-0{,}173cm^{-1}*20cm}$ = 0,0314 = 3,14%

- Pessoa gorda, Pg:

$\frac{N}{No} = e^{-\mu x(Pg)} = e^{-(0{,}173cm^{-1}*2{,}5cm)} = 4{,}16 * 10^{-4} = 0{,}04\%$

b) A quantidade de radiação retirada do feixe pelas interações é:

Pn = 96,86%

Pg = 99,96%

6)

a) Seja 0,66 MeV = E1; 1,25 MeV = E2, temos:

$N(E1) = No(E1) * e^{-\mu(E1)*x}$ (1)

$N(E2) = No(E2) * e^{-\mu(E2)*x}$ (2)

Como *No(E1) = 2* No(E2)*, a expressão (1) fica:

*N(E1) = 2*No(E2)*$e^{-\mu(E1)x}$ (3)

Dividindo (3) por (2):

$$\frac{N(E1)}{N(E2)} = \frac{2 * e^{-(\mu(E1)x)}}{e^{-(\mu(E1)x)}}$$

Se os números de fótons transmitidos para as duas energias são iguais, temos:

1 = $\frac{2*e^{-(\mu(E1)x)}}{e^{-(\mu(E1)x)}} \rightarrow 2 * e^{-(\mu(E1)x)} = e^{-(\mu(E2)x)}$

ln(2) + (-μ(E1)x) = - μ(E2)x

$x = \frac{\ln(2)}{-\mu(E2)+\mu(E1)}$ (4)

Da tabela 2.2:
- Para o Pb:
μ(E2) = $0{,}66cm^{-1}$
μ(E1) = $1{,}23cm^{-1}$
Portanto, da expressão (4) → x(Pb) = 1,2 cm
- Para p Al:
μ(E2) = $0{,}15cm^{-1}$
μ(E1) = $0{,}20cm^{-1}$
Portanto, x(Al) = 13,86 cm

7)

a) Sr (A=90 e Z=38) → Y (A=90 e Z=39) + β^{-1} + ν^{-}
Y(A=90 e Z=39) → Zr (A=90 e Z=40) + $\beta^{-1} + \nu^{-}$
Em ambos decaimentos há um aumento no número atômico ou número de prótons: Z→ Z +1. Isso é característico de reações nucleares do tipo: n → $p^{+} + \beta^{-} + \nu^{-}$. Portanto são emitidas partículas beta menos e anti-neutrinos.

b) Equilíbrio secular, uma vez que T1/2 pai >> T1/2 filho.

c) $A = \frac{\lambda}{N} =$ (ln 2/ $T_{1/2}$)*N = $\frac{ln2*4{,}15*10^{19}}{29{,}12*(365*24*60*60)s}$

$A = 3{,}13 * 10^{10}s^{-1}$ = $3{,}13 * 10^{10}Bq$

Usando o número de Avogadro ($6{,}02 * 10^{23}átomos$) e sabendo que a massa atômica do Sr vale 90g, é possível obter: N = $4{,}15 * 10^{19}átomos$.

d) Como estão em equilíbrio secular, Apai = Afilho = $3{,}13 * 10^{10}Bq$

e) Ay = $3{,}13 * 10^{10Bq}$

A = λN → N=A/λ = A. ($T_{1/2}$/ln2) = $\frac{3{,}13*10^{10s^{-1}}*(64*3600s)}{ln2}$

N = $1{,}04 * 10^{16}átomos$

Por regra de três,

90g → $6{,}02 * 10^{23}átomos$
m → $1{,}04 * 10^{16}átomos$

$$m = 1{,}55 * 10^{-6}g$$

f) Basta saber a atividade do pai em 100 anos, uma vez que estão em equilíbrio secular:

Afilho = Apai = $(3{,}13 * 10^{10}Bq) * e^{-\left(\frac{ln2*100\ anos}{29{,}12anos}\right)}$

$$A = 2{,}9 * 10^{9}Bq$$

8)

a)

$$n + U^{235} \rightarrow Kr^{92} + Ba^{141} + 3n$$

$$Q = \{[m_n + M(U^{235})] - M(Kr^{92}) – M(Ba^{141}) - 3m_n\} \times 931{,}5\ MeV$$

$$Q = [235{,}0439231 - 91{,}9261528 – 140{,}9144064 – 2 * 1{,}0087086] * 931{,}5\text{MeV}$$

$$Q = 173{,}21 \text{ MeV} = 2{,}775 * 10^{(-11)} Joule$$

Essa energia torna-se energia cinética dos produtos dessa reação, além de calor e possíveis estados excitados.

b) Energia liberada = $6{,}3 * 10^{13} J$
Energia por átomo = $2{,}775 * 10^{(-11)} J$

$$N = \frac{Energia\ liberada}{(Energia\ por\ átomo)} = \frac{6{,}3 * 10^{13}}{2{,}775 * 10^{-11}}$$

$$N = 2{,}27 * 10^{24} átomos$$

c) Por regra de três:
235 → $6{,}02 * 10^{23} átomos$
m → $2{,}27 * 10^{24} átomos$
m = 886,12 g ~ 0,9Kg

9)

a) Seja:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N + y$$

y é a taxa de produção considerada constante.

Separando as variáveis:

$$\frac{dN}{-\lambda N + y} = dt \quad (1)$$

Fazendo mudança de variável:

$u = -\lambda N + y \rightarrow du = -\lambda dN$ ou $dN = \frac{du}{-\lambda}$

Voltando à equação (1):

$$\frac{du/-\lambda}{u} = dt \quad \rightarrow \quad \frac{du}{u} = -\lambda dt$$

Integrando:

ln u = $-\lambda$t + C → ln$(-\lambda N + y)$ = $-\lambda$t + C

Condições de contorno: {em t=0 → N=0
Aplicando essa condição temos: C = lny

$$\ln(-\lambda N + y) = -\lambda \mathrm{t} + lny$$

$$ln\left[\frac{(-\lambda N + y)}{y}\right] = -\lambda \mathrm{t}$$

$$\frac{-\lambda N + y}{y} = e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

$$-\lambda N + y = y * e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

$$-\lambda N = -y + y * e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

$$N = \frac{y}{\lambda}(1 - e^{-\lambda \mathrm{t}}) \qquad \text{com } A = \lambda N$$

$$A = y(1 - e^{-\lambda \mathrm{t}})$$

Assim teremos 28 MBq em:

$$28 * 10^6 s = 35 * 10^6 s^{-1}(1 - e^{\frac{-0693*t}{10,2*(30*24*3600)s}})$$

t = 23,68 meses.

b) Do cálculo anterior:

$$ln(-\lambda N + y) = -\lambda \mathrm{t} + \mathrm{C}$$

$$\mathrm{t} = 0 \rightarrow \lambda N = 5 * 10^6 Bq$$

$$\mathrm{C} = \ln(-5 * 10^6 + y)$$

$$\ln(-\lambda N + y) = -\lambda \mathrm{t} + \ln(-5 * 10^6 + y)$$

$$\ln\left(\frac{-\lambda N + y}{5 * 10^6 + y}\right) = -\lambda \mathrm{t}$$

$$\frac{-\lambda N + y}{-5 * 10^6 + y} = e^{-\lambda \mathrm{t}} \rightarrow -\lambda N + y = (-5 * 10^6 + y) * e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

$$-\lambda N = -y + (-5 * 10^6 + y) * e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

$$A = y\left(1 - e^{-\lambda \mathrm{t}}\right) + 5 * 10^6 * e^{-\lambda \mathrm{t}}$$

Portanto:

$28 * 10^6 = 35 * 10^6 * \left(1 - e^{-\lambda \mathrm{t}}\right) + 5 * 10^6 * e^{-\lambda \mathrm{t}}$
28-35 = -30 $* e^{-\lambda \mathrm{t}}$

Resolve aplicando ln:
t =21,41 meses.

c) $T_{1/2}$ pai = 7,30 anos = 87,60 meses
Tempo = 23,7 meses
A = 28 MBq
Af = Ap $\left(\frac{\lambda f}{\lambda f-\lambda p}\right) * (1 - e^{-(\lambda f-\lambda p)t})$
$28 * 10^6 = Ap * (\frac{0,0679}{0,0599} * (1 - e^{-(0,0679-7,9*10^3)t})$
Ap = 32,65 MBq

10)

a) Cs (A=137 e Z = 55) → Ba (A=137 e Z=56) + β^{-1} + ν^-
com $n \rightarrow\ p^+ +\ e^- +\ \beta^{-1} + \nu^-$
Q = {[M(Cs-137)-55me] – [(M (Ba-137) – 56me) + 1me]} c²
Q = {[136,9070835] – [136,9058214]}*931,5MeV
Q = 1,1756 MeV

b) $T_{1/2}$ = 30,07 anos
$N = No * e^{-\lambda t}$, para t = $T_{1/2}$ → $N = \frac{No}{2}$
$\frac{No}{2} = No * e^{-\lambda T_{1/2}}$

Aplicando ln:
$\lambda\ = 0,023\ anos^{-1} = 7,31 * 10^{-10} s^{-1}$

c) 137 g → $6,02 * 10^{23} átomos$
19,26 g → No
$No = 8,46 * 10^{22} átomos\ na\ época\ do\ acidente$
A = λN → $Ao =\ \lambda No$
Substituindo pelos respectivos valores:

$Ao = 6,2 * 10^{13} Bq$ é a atividade na época do acidente

Hoje:
t = 29,5 anos
t = $9,3 * 10^8 s$
Aplicando $N = No * e^{-\lambda t}$, onde N será o N de hoje, Nh, encontra-se:
$Nh = 4,28 * 10^{22}\ átomos$
$A = Nh * \lambda = 3,13 * 103 Bq$

d) Em fevereiro de 1970
t = 17 anos e 7 meses antes do acidente
t = $-5,54 * 10^8 s$

N70$= No * e^{-\lambda t}$

N70 = $1{,}27 * 10^{23}$á$tomos$

A70 = λ* N70

A70 = 9,28 Bq