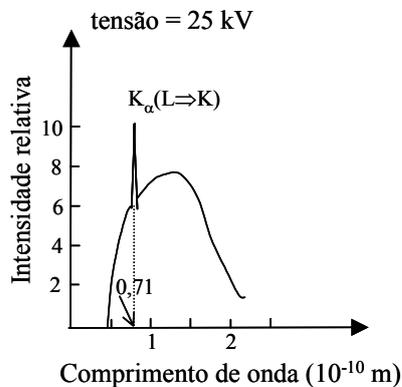


Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes 4300436/IFUSP/2013

Lista de Exercícios 2 (Extraídos de Okuno e Yoshimura, 2010, capítulo 2)

- 1) O que são raios X? O que você entende por espectros em Física?
- Explique como são produzidos os raios X com espectro contínuo.
 - Explique como são produzidos os raios X com espectro característico.
 - Como podemos diminuir a proporção de fótons de energia baixa do espectro contínuo de raios X usados para radiografar partes do corpo? Por que é importante fazer isso?
 - Discuta a diferença e a semelhança entre raios X e raios gama.
 - Discuta a diferença entre fótons de luz e fótons de raios X característicos emitidos por átomos, durante a desexcitação. Quais elétrons de átomos estão envolvidos na produção deles.
- 2) Os tubos de televisão em cores operam com diferença de potencial de 27 000 V
- Qual é a energia máxima de um fóton produzido em um desses tubos?
 - Qual é o comprimento de onda da onda eletromagnética correspondente?
 - Sabendo que os raios X têm comprimento de onda menor do que o dos raios ultravioleta que variam de 100 a 400 nm, discuta se há produção de raios X em um tubo de TV.

- 3) A figura mostra o espectro de raios X emitidos por um tubo com alvo de molibdênio, quando elétrons são acelerados por uma diferença de potencial de 25 kV. Note que o raio X característico K_β não foi colocado no gráfico, mas ele existe. Em um átomo de Mo a energia total de um elétron da camada K vale - 20 keV.



colocado no gráfico, mas ele existe. Em um átomo de Mo a energia total de um elétron da camada K vale - 20 keV.

- Calcule a energia de um fóton da linha espectral K_α do espectro da figura;
- Determine o comprimento de onda mínimo do espectro da figura;
- Esboce, justificando, outro espectro de raios X, sabendo-se que o comprimento de onda mínimo desse espectro vale 0,083 nm e determine a diferença de potencial aplicada entre os eletrodos do tubo nessa nova situação.

- 4) Num tubo de raios X, elétrons são acelerados por uma diferença de potencial e sua velocidade antes de atingir o alvo de Mo é de $1,03 \times 10^8$ m/s. A energia total de um elétron da camada K e de um outro da camada L do átomo de Mo valem respectivamente -20 keV e -2,5 keV. Calcule:
- a diferença de potencial aceleradora dos elétrons;
 - o λ_{\min} do fóton de raio X emitido, justificando em que situação isso ocorre;
 - o λ do raio X característico – linha K_α .

Considere que, para essa velocidade, o tratamento relativístico do elétron não é necessário.

- 5) Considere um tubo de raios X com alvo de molibdênio. A energia total de um elétron da camada K do Mo é de - 20 keV. Uma dada diferença de potencial aplicada entre os eletrodos do tubo produz um

espectro contínuo de raios X e uma linha espectral característica K_{α} com comprimento de onda de 0,071 nm.

- Explique fisicamente o processo de produção de fótons de raios X do espectro contínuo e do espectro de linha (raia espectral).
- Determine, justificando, a diferença de potencial mínima que deve ser aplicada entre os eletrodos do tubo para produzir esse espectro.
- Determine o comprimento de onda mínimo do raio X produzido;
- Determine a energia do fóton da raia espectral K_{α} ;
- Faça um esboço do espectro dos raios X emitidos por esse tubo;
- Esboce agora outro espectro de raios X emitidos de um tubo com alvo de tungstênio em que a energia total de um elétron da camada K é de - 69,6 keV, com a mesma tensão aplicada entre os eletrodos que a do tubo com alvo de Mo.

6) Os alvos de um tubo de raios X são feitos de material com alto ponto de fusão como o molibdênio e o tungstênio. A energia total de um elétron da camada K desses átomos é respectivamente de - 20,0 keV e - 69,5 keV.

- O que há de semelhante e de diferente nos espectros de raios X produzidos nos tubos com esses alvos, se a diferença de potencial aplicada entre os eletrodos for de 45 kV? Justifique sua resposta.
- Apresente esboço dos dois espectros.
- Explique fisicamente como os raios X que compõem o espectro são produzidos.

7) A fotografia da figura de difração de DNA obtida por Rosalind Franklin levou Watson e Crick a propor o famoso modelo de DNA. Nesse tipo de experimento usa-se um difratômetro com um tubo de raios X com alvo de cobre. Sabe-se que os raios X característicos emitidos nesse tubo têm energias $E_{K\alpha} = 8,038$ keV e $E_{K\beta} = 8,905$ keV. A energia total de um elétron da camada K do cobre é de - 8,979 keV.

- Determine a diferença de potencial mínima que deve ser aplicada entre os eletrodos do tubo para produzir esses raios X característicos.
- Esboce o espectro de raios X produzidos nesse tubo.
- Determine a energia total de um elétron da camada L e de um da camada M.

8) Numa experiência com detector de radiação Geiger para a escolha de material a ser usado em blindagem de radiação gama de 1,25 MeV, foram obtidas as seguintes contagens (já subtraídas da radiação de fundo), intercalando-se entre a fonte de radiação e o detector placas de um dado material:

| espessura da placa (cm) | (contagem - contagem de fundo)/5min |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 0,3 | 800 |
| 0,8 | 574 |

Considere a intensidade da radiação proporcional ao número de contagens.

- A partir desses dados, faça uma primeira estimativa do coeficiente de atenuação linear do material.
- Identifique esse material entre os listados na tabela abaixo.
- Determine a camada semirredutora do material usado.

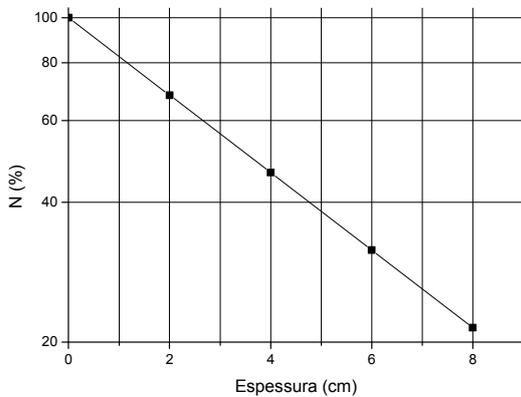
| material | μ (cm ⁻¹) |
|----------|---------------------------|
| Pb | 0,66 |
| Al | 0,15 |

9) Um feixe policromático de raios X com energia efetiva de 100 keV é usado para radiografar um pulmão com projeção ântero/posterior de uma pessoa gorda e de uma pessoa magra com espessura de tórax de 30 cm e 15 cm respectivamente. Sabendo-se que a camada semirredutora para o tecido mole para a energia dos raios X monocromáticos de 100 keV é de 4,15 cm, calcule a porcentagem da radiação transmitida pelo tórax de cada uma das pessoas separadamente.

10) Determine a espessura de água e de alumínio necessária para blindar uma fonte de radiação de forma equivalente a uma blindagem de chumbo com espessura de 1,0 cm. Admita que as intensidades inicial e final sejam as mesmas para os três materiais. São dados os coeficientes de atenuação linear respectivamente de Al, Pb e água: $0,459 \text{ cm}^{-1}$, $62,98 \text{ cm}^{-1}$ e $0,170 \text{ cm}^{-1}$.

11) A intensidade de um feixe de fótons pode ser diminuída usando-se absorvedores. Sejam 10 placas de absorvedores de igual espessura e mesmo material e N_0 o número de fótons que atingem o primeiro absorvedor. Suponha que cada placa de absorvedor diminui o número de fótons nele incidente de 10%. Coloque num gráfico do número de fótons em função do número de placas absorvedoras. Determine o número de fótons transmitidos após 10 placas absorvedoras e o coeficiente de atenuação linear do material absorvedor em função da espessura das placas. Considere o feixe de fótons monocromático.

12) A figura ao lado mostra a curva de percentual do número de fótons de raios X de 80 keV transmitidos em função da espessura de tecido humano. Se



esses raios X forem usados para radiografar um abdômen com projeção ântero-posterior de uma pessoa normal e de uma pessoa gorda com espessura respectivamente de 20 cm e 45 cm, determine:

- a porcentagem de fótons que irá sensibilizar o filme de raios X em cada caso;
- a porcentagem de radiação retirada do feixe pelas interações no abdômen em cada caso.
- Considere o feixe como sendo monoenergético.

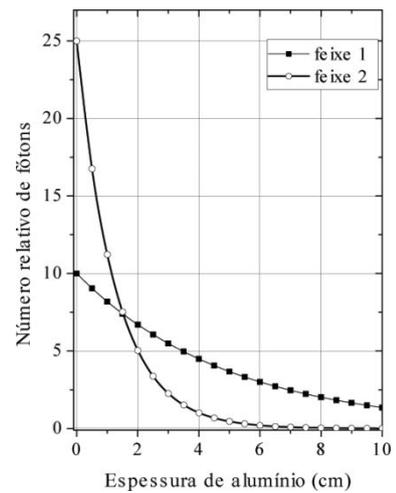
13) Considere um conjunto de placas de Pb que são irradiadas simultaneamente por fótons emitidos por Co-60 e Cs-137. Ao incidir na primeira placa do conjunto o número de fótons de 0,66 MeV é o dobro do número de fótons de 1,25 MeV.

- Que espessura de chumbo é necessária para que o número de fótons de 0,66 MeV que atravessa o conjunto seja igual ao de fótons de 1,25 MeV?
- Repita o problema para um conjunto de placas de alumínio na mesma situação.

14. O gráfico representa o número de fótons de dois feixes monoenergéticos (paralelos e colimados) que atravessam perpendicularmente placas de alumínio com diversas espessuras.

Com base no gráfico:

- Qual dos feixes possui fótons de maior energia? Por que?
- Avalie o coeficiente de atenuação de um dos feixes esclarecendo como o fez.
- Se os dois feixes incidem simultaneamente no alumínio, comente sobre a eficiência desse método para “filtrar” o feixe, ou seja, eliminar ou diminuir muito o número de fótons de uma das energias incidentes. A escolha do material é adequada? Ou seria mais conveniente um material de número atômico mais alto (como Pb) ou mais baixo (C por exemplo)?



Respostas

- a) 22 keV; b) $0,56 \times 10^{-10}$ m.
- a) 17,5 keV; b) $0,497 \times 10^{-10}$ m.
- a) 30,2 keV; b) 0,041 nm; c) 0,071 nm.
- b) 20 keV; c) 0,0621 nm; d) 17,5 keV.
- a) 8,979 keV; d) $E_L = -0,941$ keV e $E_M = -0,074$ keV
- a) Pb; b) CSR = 1,05 cm.
- $x_{\text{água}} = 370,5$ cm e $x_{\text{Al}} = 137,2$ cm.
- a) $N_{10}/N_0 = 0,35$ e $\mu = 1,05/(\text{espessura de 10 placas})$.
- a) 1,2 cm; b) 13,9 cm.