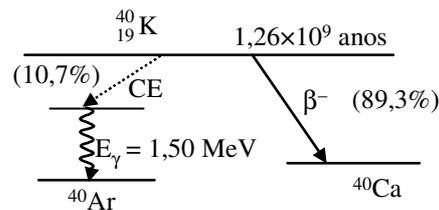


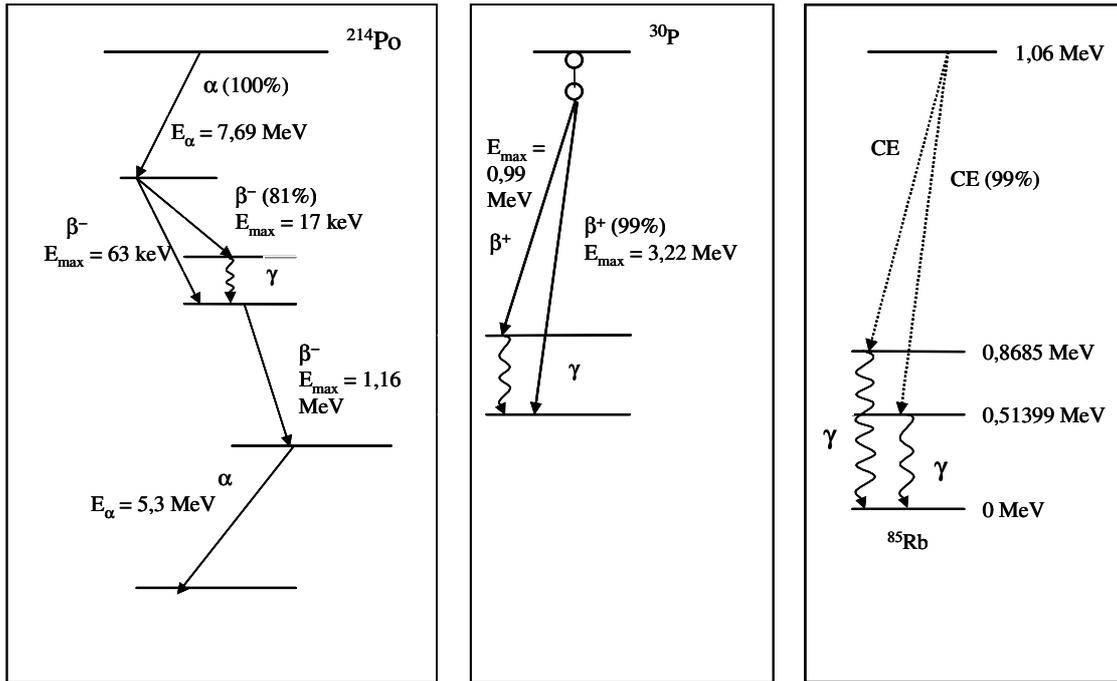
Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes 4300436/IFUSP/2013

Lista de Exercícios 4 (Extraídos de Okuno e Yoshimura, 2010, capítulo 5)

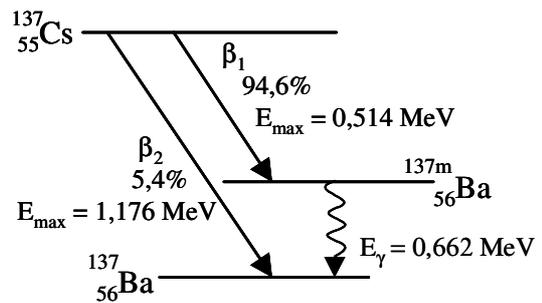
1. O esquema de decaimento do $^{40}_{19}\text{K}$ é mostrado na figura abaixo. Em um litro de leite de vaca há em média 1,4 g de potássio (K), do qual 0,0118% é ^{40}K , que é radioativo. A meia-vida física do ^{40}K é de $1,26 \times 10^9$ anos, enquanto que a meia-vida biológica é de 58 dias. As massas atômicas do ^{40}K , ^{40}Ca e do ^{40}Ar são, respectivamente, 39,9639988 u, 39,9625907 u e 39,9623831 u.



- Calcule a atividade do ^{40}K em um litro de leite;
 - Faça um gráfico do decaimento da atividade do ^{40}K contido em 1 litro de leite;
 - Calcule o tempo necessário para que a atividade do ^{40}K no corpo de uma pessoa que tomar 1 litro de leite diminua para 5 Bq. Justifique o raciocínio usado.
 - Determine os números atômicos do ^{40}Ca e do ^{40}Ar , explicando o que ocorre dentro do núcleo e o que é emitido para cada caso.
 - Determine a energia máxima da partícula β^- emitida.
 - Discuta se é possível o ^{40}K decair emitindo uma partícula β^+ . Justifique.
2. Em fins de Setembro de 1987, uma fonte de ^{137}Cs com uma atividade de 1375 Ci, usada em radioterapia, foi violada, na cidade de Goiânia. Em consequência disso, cerca de 250 pessoas se contaminaram interna e/ou externamente, e outras mil foram irradiadas. A meia-vida física do ^{137}Cs é de 30 anos. Calcule:
- a constante de desintegração do ^{137}Cs ;
 - a massa do ^{137}Cs da fonte quando foi violada;
 - a atividade do rejeito radioativo em setembro de 2087 (100 anos após o acidente), supondo que 80% do ^{137}Cs tenha sido recuperado e está armazenado em um depósito definitivo em Abadia de Goiás, a 20 km de Goiânia.
3. A massa atômica do cobre com $A = 64$ e $Z = 29$ é 63,9297568 u. Esse cobre transforma-se espontaneamente em zinco com massa atômica de 63,9291400 u e $A = 64$ e $Z = 30$. Determine:
- qual ou quais partículas são emitidas nesse decaimento;
 - a energia da desintegração.
4. O ^{64}Cu ($Z = 29$) decai em ^{64}Ni ($Z = 28$) emitindo uma partícula. Sabendo-se que a massa atômica do ^{64}Ni é 63,927956 u, encontre:
- a partícula emitida;
 - a energia dessa partícula.
5. Dados os esquemas de desintegração, encontre os isótopos não identificados (número atômico, número de massa e símbolo químico) e a energia da partícula emitida.



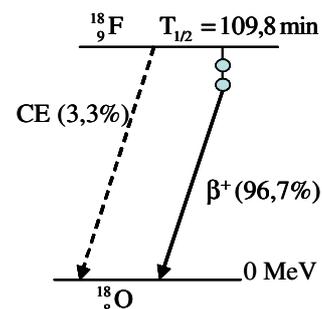
6. O esquema de decaimento do Cs-137 é mostrado na figura. Na época do acidente de Chernobyl, o Brasil importou leite em pó com contaminação máxima de ^{137}Cs permitida por lei que era de 3700 Bq em 1,0 kg de leite em pó, segundo Diretrizes Básicas de Radioproteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear da época. A reidratação é feita com 250 g de leite em pó, dissolvidos em 1,0 litro de água. A meia-vida física do ^{137}Cs é de 30 anos e a meia-vida biológica no corpo de uma criança é de 40 dias.



- especifique se no decaimento do Cs-137, as partículas β emitidas são elétrons ou pósitrons. Justifique sua resposta.
- Qual elemento é o emissor do fóton de 0,662 MeV? Justifique.
- Em caso de absorção de energia das partículas β emitidas por um tecido biológico, qual valor de energia deve ser considerado? Justifique sua resposta.
- Calcule o número de átomos de ^{137}Cs ingeridos por uma criança após ela ter tomado 1 litro de leite contaminado reidratado.
- Calcule a atividade do ^{137}Cs no corpo da criança 1 ano após ter tomado 1 litro de leite contaminado re-hidratado.
- Onde o ^{137}Cs se acumula preferencialmente no corpo da criança? Por quê?

7. O flúor-18 usado para marcar a molécula de glicose é empregado em mapeamento cerebral por tomografia por emissão de pósitron (PET). Seu esquema de decaimento é mostrado na figura.

- Discuta o processo de decaimento por CE.
- Discuta porque ocorre o decaimento por β^+ .



- c. Determine o excesso de energia do núcleo pai em relação ao núcleo filho, sabendo-se que a massa atômica do F-18 vale 18,000937 u e a do O-18 17,999160 u.
- d. Discuta qual radiação é detectada para se obter uma imagem por PET.

8. O ^{210}Po decai em ^{206}Pb que é estável, emitindo partícula alfa com energia de 5,3 MeV. Suas meias-vidas física e biológica são respectivamente de 138 dias e 50 dias. Foi noticiado nos jornais que o espião russo Alexander Litvinenko foi “envenenado” com chá contendo $1\ \mu\text{g}$ de ^{210}Po , vindo a falecer em Londres no dia 23/11/2006. Calcule:

- a. o número de átomos de ^{210}Po inicialmente presentes na xícara de chá;
- b. a atividade do ^{210}Po contido na xícara de chá;
- c. a meia-vida efetiva do ^{210}Po ;
- d. a atividade do Po-210 no corpo do Alexander, 7 dias após ele ter tomado o chá contaminado.
- e. Faça um gráfico do decaimento da atividade do ^{210}Po e do crescimento do ^{206}Pb na xícara de chá, colocando valores numéricos nos eixos (suponha que o chá ficou guardado por 1 ano).
- f. Discuta sucintamente como e por que ocorre a desintegração alfa.

9. Esboce, justificando, o espectro típico de energia de cada uma das partículas: α , β^+ , β^- e fótons emitidos por radionuclídeos; e os espectros de raios X produzidos por tubos de raios X com a voltagem de 35 kV aplicada entre os eletrodos, alvos de tungstênio e de molibdênio com energias de ligação do elétron da camada K respectivamente 69,5 keV e 20,0 keV.

10. O câncer de tireóide, quando descoberto, é retirado cirurgicamente. Cerca de 30 dias após a cirurgia, faz-se um mapeamento de todo o corpo para verificar a existência de metástases, administrando para tal 1 mCi de ^{131}I na forma de NaI. O ^{131}I , quando se desintegra, emite entre outras partículas, um fóton de 364 keV e sua meia-vida física é de 8 dias e meia-vida biológica de 138 dias.

- a) Calcule a atividade do ^{131}I no corpo da pessoa 15,12 dias após a realização do mapeamento.
- b) Discuta o que pode ocorrer (quanto à contaminação, irradiação e rejeitos) se o paciente voltar para casa no dia seguinte após a administração do ^{131}I .
- c) Outro radioisótopo bastante usado em mapeamento da tireóide é o ^{123}I que tem meia-vida física de 13 horas e meia-vida biológica de 138 dias. Discuta porque a meia-vida física é diferente e a meia-vida biológica é igual a do ^{131}I .

11. O $^{222}_{86}\text{Rn}$ é um gás nobre radioativo que decai emitindo partícula alfa e transmuta-se em Po (polônio). Sua meia-vida é de 3,824 dias. As massas atômicas do radônio, do polônio e do átomo de hélio são respectivamente de 222,01757 u e 218,00896 u e 4,002603 u. Após o decaimento, o polônio recua com energia cinética de 0,1055 MeV. A partícula alfa gasta em média 34,50 eV para produzir no ar um par de íons.

- a. Desenhe o esquema de decaimento e escreva a reação de desintegração do radônio.
- b. Determine a energia cinética com que a partícula alfa é emitida.
- c. Calcule o número de ionizações produzidas no ar pela partícula alfa emitida pelo radônio até parar.
- d. Discuta acerca do valor da energia média gasta para produzir um par de íons no ar que é muito mais alta do que a energia de ionização dos elétrons de valência de átomos em geral.

12. O estudo da função pulmonar pode ser feito com gás radioativo, sendo utilizado para esta finalidade o elemento $^{15}_8\text{O}$ com massa atômica de 15,0030654 u usado para essa finalidade. Esse elemento possui uma meia-vida física de 122 s e, quando decai, emite um neutrino junto com uma partícula β^+ .

- Qual é o elemento filho sabendo-se que na Tabela Periódica a ordem dos elementos na vizinhança do O é: B, C, N, O, F e Ne, em ordem crescente de número atômico?
- Por que ocorre esse decaimento?
- Calcule a energia das partículas emitidas, sabendo que a massa atômica do elemento filho é de 15,0001089 u.
- Se a desintegração ocorre no pulmão quanto de energia de cada partícula β^+ seria depositada? Justifique sua resposta.

Respostas

- a) 43 Bq; c) 180 dias; d) $Z_{Ca} = 20$ e $Z_{Ar} = 18$; e) 1,372 MeV; f) é possível, em princípio.
- a) $7,32 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$; b) 15,87 g; c) $109,8 \text{ Ci} = 4,0 \times 10^{12} \text{ Bq}$.
- a) β^- ; b) $E_{\text{max}} = 0,574 \text{ MeV}$.
- a) β^+ ; b) $E_{\text{max}} = 0,655 \text{ MeV}$.
- a) são elétrons. Dentro do núcleo $n \rightarrow p + \beta^- + \bar{\nu}_e$; d) $1,26 \times 10^{12}$ átomos; e) 1,62 Bq; f) músculos.
- c) 1,655 MeV; d) dois fótons emitidos em sentidos opostos quando ocorre a aniquilação do β^+ com elétron.
- a) $2,87 \times 10^{15}$ átomos; b) $1,67 \times 10^8 \text{ Bq}$; c) 36,7 dias; d) $1,46 \times 10^8 \text{ Bq}$.
- a) 0,25 mCi.
- b) 5,49 MeV.
- a) N (nitrogênio); c) a energia total das partículas emitidas (pósitron e neutrino) é de 1,73 MeV; d) $(\sim 1,73 \text{ MeV})/3$.