

Física Nuclear e Decaimento

- 1) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) Calcular a energia de ligação, e a energia de ligação por núcleon, a partir das massas dadas, para os nuclídeos (a) ${}^6\text{Li}$, (b) ${}^{12}\text{C}$, (c) ${}^{39}\text{K}$, (d) ${}^{56}\text{Fe}$, (e) ${}^{208}\text{Pb}$ e (f) ${}^{238}\text{U}$.
- 2) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) Achar a energia necessária para remover um nêutron do (a) ${}^4\text{He}$ e (b) ${}^7\text{Li}$.
- 3) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) Mostrar que a energia de repouso de uma unidade de massa unificada é 931,5 MeV.
- 4) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) O valor mais preciso para a massa do próton atualmente (1986) é 1,007 276 470 u. A massa do elétron é $5.485\,799\,031 \times 10^{-4}$ u. A energia de ligação do elétron ao átomo de hidrogênio é 13.6 eV. Calcule a massa do átomo de hidrogênio neutro.
- 5) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) A energia de repouso do núcleo de tungstênio ${}^{184}_{74}\text{W}$ é 171.303 MeV. As energias de ligação média dos elétrons em cada camada são:

Camada	Número de elétrons	Energia de ligação por elétron (eV)
K	2	69 525
L	8	11 023
M	18	2 125
N	32	215
O	12	35
P	2	1

Calcule a energia de repouso do tungstênio.

- 6) Considerando que o Urânio fissiona dividindo-se aproximadamente ao meio, os fragmentos irão decair preferencialmente emitindo β^+ ou β^- ? Considere em sua resposta a posição desses fragmentos com relação à razão de Z e N nos núcleos estáveis. Sugestão: inspecione a região do plano Z-n onde se encontram os núcleos estáveis.
- 7) Demonstre a expressão para a energia radiante liberada nos processos:
 - a) Emissão β^-
 - b) Emissão β^+
 - c) Captura eletrônica
 - d) Emissão α
 - e) Elétron de conversão
 - f) Elétron Auger
 - g) Fissão nuclear
- 8) Os seguintes núcleos isóbaros de massa 15 são conhecidos: ${}^{15}_6\text{C}$, ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{15}_8\text{O}$, dentre eles o ${}^{15}_7\text{N}$ é estável. Qual o tipo de decaimento espera-se do ${}^{15}_6\text{C}$ e ${}^{15}_8\text{O}$? Qual a máxima energia radiante é liberada em cada processo?
- 9) (KNOLL, Rad Det Meas) O espectro de radiação de energia pode ser classificado de duas maneiras:

- Espectro discreto, que consiste de uma ou mais energias discretas
- Espectro contínuo, que consiste de uma ampla distribuição de energia

Para cada processo de radiação listado abaixo, indique se discreto ou contínuo é a melhor descrição:

- Partícula α
- Partícula β
- Raio γ
- Raio X característico
- Conversão eletrônica
- Elétron Auger
- Fragmentos de fissão
- Bremsstrahlung
- Radiação de aniquilação

10) (KNOLL, Rad Det Meas) O que é mais energético? A conversão eletrônica a partir da camada L ou da camada M, se ambos são gerados a partir da mesma energia de excitação nuclear.

11) (KNOLL, Rad Det Meas) Por conservação simultânea da energia e momento, encontre a energia da partícula α emitida no decaimento de um núcleo com número de massa 210 se o valor Q do decaimento é 2,50 MeV.

12) (KNOLL, Rad Det Meas) A partir da tabela de valores de massa unificada, encontre a aproximação da energia liberada por fissão espontânea do ^{235}U em dois fragmentos de mesma massa.

13) (KNOLL, Rad Det Meas) Calcule a atividade específica do Trítio puro (^3H) com meia vida de 12,26 anos.

14) (KNOLL, Rad Det Meas) Qual é a maior energia para que um átomo de Hélio duplamente ionizado (partículas α) podem ser aceleradas em um acelerador com 3 MV de máxima voltagem?

15) Calcular a taxa de emissão de β^- do ^{99}Tc para as atividades de rotina em medicina nuclear.

16) (TIPLER,) A atividade de uma fonte radioativa, num certo instante $t = 0$ s, é 4.000 desintegrações/s. Depois de 10 s a atividade caiu para 1.000 desintegrações/s.

- Qual a meia-vida do nuclídeo radioativo?
- Qual a atividade no final de 20 s?

17) (TIPLER,) Uma certa fonte radioativa dá 2.000 impulsos/s num contador de radiação, no instante $t = 0$ s. A meia-vida do nuclídeo é 2 min.

- Qual a taxa de contagem depois de 4 min.?
- E depois de 6 min.?
- E depois de 8 min.?

18) (TIPLER,) A taxa de contagem da atividade de uma fonte radioativa é 6.400 impulsos/s. A meia-vida da fonte é 10 s. Fazer o gráfico da taxa de contagem em função do tempo para tempos até 1 min. Qual a constante de desintegração do nuclídeo da fonte?

19) (TIPLER,) A atividade medida de uma fonte radioativa é 8.000 impulsos por segundo, no instante $t = 0$ s e 10 min. depois, a taxa é 1.000 impulsos por segundo.

- Qual a meia-vida?
- Qual a constante de desintegração?

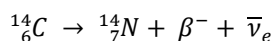
- c) Qual a atividade que se medirá, nas mesmas circunstâncias, depois de 20 min.?
- 20) (TIPLER,) A meia-vida do rádio é 1.620 anos. Calcular o número de desintegrações por segundo, em 1 g de rádio, e mostrar que esta taxa de desintegração é aproximadamente igual a 1 Ci.
- 21) (TIPLER,) Uma lamínula de prata radioativa ($t_{1/2} = 2,4$ min.) está colocada junto a um contador Geiger e se contam 1.000 impulsos/s no instante $t = 0$ s.
- Qual a taxa de contagem e $t = 2,4$ min. e em $t = 4,8$ min.?
 - Se a eficiência de contagem for 20%, quantos núcleos radioativos estariam presentes na amostra no instante $t = 0$ s? E no instante $t = 2,4$ min.?
 - Em que instante a atividade medida será cerca de 30 impulsos/s?
- 22) (TIPLER,) O isótopo estável do sódio é o ^{23}Na . Qual a radioatividade em que se pode esperar do:
- ^{22}Na
 - ^{24}Na
- 23) (TIPLER,) Usar a tabela de nuclídeos para calcular a energia, em MeV, da desintegração α do:
- ^{226}Ra
 - ^{242}Pu
- 24) (TIPLER,) Uma amostra de madeira tem 10 g de carbono e tem uma atividade de ^{14}C de 100 impulsos/min. qual a idade da amostra?
- 25) (TIPLER,) Atribui-se, a um osso achado num jazimento pré-histórico, a idade de 10.000 anos. O osso tem 15 g de carbono. Qual deve ser a atividade do ^{14}C neste osso?
- 26) (TIPLER,) Uma amostra de um osso animal, recuperada num sítio arqueológico, tem 175 g de carbono e a atividade de ^{14}C medida de 8,1 Bq. Qual a idade do osso?
- 27) (TIPLER,) Uma amostra de isótopo radioativo tem a atividade de 115,0 Bq imediatamente depois de ser retirada do reator onde foi produzida. A sua atividade, 2h 15 min. depois é 85,2 Bq.
- Calcular a constante de desintegração e a meia-vida do nuclídeo radioativo.
 - Quantos núcleos radioativos estavam na amostra, no instante inicial?
- 28) (TIPLER,) Deduzir que a atividade de 1 g de carbono natural, devida à desintegração β do ^{14}C é 15 desintegrações/min. = 0,25 Bq.
- 29) (TIPLER,) Uma amostra com 0,05394 kg de ^{144}Nd (massa atômica 143,91 u) emite, em média 2,36 partículas alfa em cada segundo. Achar a constante de desintegração, em s^{-1} e a meia-vida, em anos.
- 30) (TIPLER,)
- Mostrar que se a atividade de uma amostra for R_0 , no instante $t = 0$, e R_1 , num instante t_1 posterior, a constante de desintegração será dada por

$$\lambda = t_1^{-1} \ln \left(\frac{R_0}{R_1} \right)$$

e a meia-vida por

$$t_{1/2} = \frac{0,693 \cdot t_1}{\ln \left(\frac{R_0}{R_1} \right)}$$

- b) Usar estes resultados para calcular a constante de desintegração e a meia-vida se a atividade de uma amostra for 1.200 Bq a $t = 0$ s, e 800 Bq a $t_1 = 60$ s.
- 31) (TIPLER,) Uma amostra de 1 mg de uma substância cuja massa atômica é 59,934 u, emite partículas β com uma atividade de 1,131 Ci. Achar a constante de desintegração desta substância, em s^{-1} , e a sua meia-vida, em anos.
- 32) (TIPLER,) A atividade de uma amostra de substância radioativa é medida a cada minuto. As contagens observadas, por segundo, são sucessivamente: 1000, 820, 673, 453, 371, 305, 250. Plotar a atividade medida contra o tempo, num papel semilog, e usar o gráfico para achar a meia-vida da substância radioativa.
- 33) (TIPLER,) A atividade de uma amostra, num certo instante, foi medida como 115,0 desintegrações/min.
- Calcular a meia-vida do material radioativo.
 - Qual o tempo necessário (contado a partir do instante inicial) para que a atividade da amostra seja 10,0 desintegrações/min?
- 34) (TIPLER,)
- Usar as massas atômicas $m = 14,00324$ u para o $^{14}_6C$ e $m = 14,00307$ u para o $^{14}_7N$, para calcular a energia (Q) da reação de desintegração beta



em MeV.

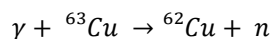
- Explicar a razão de ser necessário adicionar a massa de β^- à massa do $^{14}_7N$ atômico para fazer o cálculo.
- 35) (TIPLER,)
- Usar as massas atômicas $m = 13,00574$ u para o $^{13}_7N$ e $m = 13,003354$ u para o $^{13}_6C$, para calcular a energia (Q) da reação de desintegração beta
- $$^{13}_7N \rightarrow ^{13}_6C + \beta^+ + \nu_e$$
- Explicar a razão de ser necessário adicionar duas massas do elétron, em unidade unificada de massa, à massa do $^{13}_6C$ atômico para calcular corretamente a energia da reação.

- 36) (TIPLER,) Sendo N_0 o número de núcleos radioativos de uma amostra, num instante $t = 0$, o número de núcleos que se desintegram num certo intervalo de tempo dt , no instante t , é $-dN = \lambda N_0 \exp(-\lambda t) dt$. Se multiplicarmos este número pelo tempo de vida t destes núcleos, e se somarmos sobre todos os tempos de vida possíveis, de $t = 0$ até $t = \infty$ e depois dividirmos pelo número total de núcleos, teremos a vida média τ :

$$\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{N_0} t |dN| = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt$$

Mostrar que $\tau = \frac{1}{\lambda}$

- 37) (TIPLER,) Num acelerador, são produzidos à taxa constante R_p , núcleos radioativos que têm a constante de desintegração λ . O número de núcleos radioativos N segue, por isso, a equação $dN/dt = R_p - \lambda N$.
- Se $N = 0$, em $t = 0$, qual a curva de contra t ?
 - O isótopo do cobre, o ^{62}Cu , é produzido à taxa de 100 núcleos por segundo quando se irradia o cobre ordinário (^{63}Cu) por um feixe de fótons de alta energia. A reação é



O ${}^{62}\text{Cu}$ é um betaemissor com meia-vida de 10 min. depois de um tempo suficientemente dilatado, para que $dN/dt \approx 0$, quantos núcleos de ${}^{62}\text{Cu}$ estarão presentes na amostra irradiada?

- 38) (HOBBIE, R.K.; Interm Phys Med Bio) Mostre que $1 \mu\text{Ci.h} = 1,332 \cdot 10^8$ desintegrações ou Bq.s.
- 39) Demonstre a equação de Bateman
- 40) A partir da equação de Bateman, determine o tempo em que ocorre a atividade máxima de um radionuclídeo filho.
- 41) A partir da equação de Bateman, determine o tempo em que ocorre a atividade máxima de um radionuclídeo filho, quando a atividade inicial é 20% da atividade máxima, obtida na questão anterior.
- 42) A partir da equação de Bateman, determine o tempo em que ocorre a atividade específica máxima de ${}^{99m}\text{Tc}$ num gerador de Tecnécio.

Produção de Radionuclídeos

- 1) Determine a expressão para a taxa de ativação, faça um gráfico e analise o seu comportamento.
- 2) Demonstrar a expressão da energia cinética em um ciclotron.
- 3) Obtenha a equação da energia transferida para uma partícula num ciclotron.
- 4) Mostrar que o período de cada revolução do ciclotron é sempre o mesmo.
- 5) Qual é a taxa de ativação por grama de Európio na reação ${}^{153}\text{Eu}(n,p){}^{153}\text{Sm}$ para um reator com fluxo de nêutrons de $2 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$?
- 6) Qual é a taxa de ativação por grama de Telúrio na reação ${}^{131}\text{Te}(n,\gamma){}^{131}\text{Te} \xrightarrow{\beta^-} {}^{131}\text{I}$ para um reator com fluxo de nêutrons de $2 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$?
- 7) Nos exercícios anteriores, qual o tempo de ativação no qual as amostras devem permanecer no reator?
- 8) Para uma corrente de $350 \text{ microamperes/cm}^2$ em um ciclotron, qual a taxa de ativação por grama da reação ${}^{18}\text{O}(n,p){}^{18}\text{F}$ em uma amostra normal de água?