

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Física – Departamento de Física

FIS01184 – Física IV-C – Área 3 – Lista 2

1. Calcule a distância máxima de aproximação para uma colisão frontal entre uma partícula alfa de 5,30 MeV e o núcleo de um átomo de cobre. (R. 15,8 fm)

2. Quando uma partícula alfa colide elasticamente com um núcleo, o núcleo sofre um recuo. Suponha que uma partícula alfa de 5,00 MeV sofra uma colisão elástica e frontal com um núcleo de ouro que está inicialmente em repouso. Qual é a energia cinética após a colisão: **a.** do núcleo; **b.** da partícula alfa. (R. 0,39 MeV, 4,6 MeV)

3. Por que os núcleos tendem a ter mais nêutrons que prótons para números de massa elevados?

4. A energia potencial eletrostática de uma esfera uniforme de carga Q e raio R é

$$U = \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R}$$

(a) Determine a energia potencial eletrostática para o nuclídeo ^{239}Pu , supostamente esférico. (b) Para este nuclídeo, compare a energia potencial eletrostática por núcleon, e também por próton, com a energia de ligação por núcleon que vale 7,56 MeV. (c) O que você conclui? Dados: $Z = 94$; $r = 6,64$ fm.

Resposta: (a) 1150 MeV; (b) 4,8 MeV/núcleon; 12 MeV.

5. A meia vida de um isótopo radioativo é de 140 dias. Quantos dias seriam necessários para que a taxa de decaimento de uma amostra desse isótopo caísse a um quarto de seu valor inicial?

Resposta: 280 dias.

6. Um nuclídeo radioativo tem a meia-vida de 30 anos. Que fração de uma amostra inicialmente pura desse nuclídeo permanecerá sem decair depois (a) de 60 anos e (b) de 90 anos?

Resposta: (a) 1/4; (b) 1/8.

7. Um isótopo radioativo de mercúrio, ^{197}Hg , decai em ouro, ^{197}Au , com uma constante de decaimento de $0,0108 \text{ h}^{-1}$. (a) Calcule sua meia-vida. Que fração da quantidade inicial estará presente (b) depois de três meias-vidas e (c) depois de 10,0 dias?

Resposta: (a) 64,2 h; (b) 0,125; (c) 0,0749.

8. As células cancerosas são mais sensíveis aos raios X e aos raios gama do que as células saudáveis. Embora nos dias de hoje seja crescente a utilização de aceleradores lineares, a fonte padrão na terapia por irradiação tem sido o ^{60}Co , que decai por emissão de betas para um estado excitado do ^{60}Ni , que imediatamente cai para o estado fundamental, emitindo dois fótons de raios gama, cada um com energia de aproximadamente 1,2 MeV. A meia-vida do decaimento beta, controlador do processo é

de 5,27 anos. Quantos núcleos radioativos ^{60}Co estão presentes em uma fonte de 6.000 Ci usada num hospital?

Resposta: $5,3 \times 10^{22}$.

9. O raio de um certo núcleo, medido pelo método de espalhamento de elétrons, é de 3,6 fm. Qual é o provável número de massa do núcleo?

Resposta: 27.

10. Em geral, os nuclídeos mais pesados tendem a ser instáveis ao decaimento alfa. Por exemplo, o isótopo mais estável do urânio, ^{238}U , sofre decaimento alfa com uma meia-vida de $4,5 \times 10^9$ anos. O isótopo mais estável do plutônio é o ^{244}Pu , com uma meia-vida de $8,2 \times 10^7$ anos, e para o cúrio, temos ^{248}Cm e $3,4 \times 10^5$ anos. Quando a metade de uma amostra original de ^{238}U tiver decaído, que frações dos isótopos originais do plutônio e do cúrio restarão?

Resposta: Pu: $3,02 \times 10^{-17}$ e Cm: zero.

11. O ^{137}Cs está presente na precipitação radioativa de explosões de bombas nucleares na atmosfera. Como sofre decaimento beta com uma meia-vida relativamente pequena de 30,2 anos, resultando no ^{137}Ba e liberando considerável energia no processo, ele é de interesse ambiental. As massas atômicas de Cs e do Ba são, respectivamente 136,9071 u e 136,9058 u. Calcule a energia total liberada no decaimento.

Resposta: 1,21 MeV.

12. Em uma amostra de 5,00 g de carvão proveniente de uma mina antiga, a atividade do ^{14}C é de 63,0 desintegrações/min. Em uma árvore viva, a atividade do ^{14}C é de 15,3 desintegrações/min para 1,00 g de amostra. A meia-vida do ^{14}C é de 5.730 anos. Qual é a idade da amostra de carvão?

Resposta: 1600 anos.

13. Uma rocha, extraída das profundezas da Terra, contém 0,86 mg de ^{238}U , 0,15 mg de ^{206}Pb e 1,6 mg de ^{40}Ar . Que quantidade de ^{40}K deverá ela conter? As meias-vidas necessárias estão na tabela abaixo:

Nuclídeo Pai	Modo de Decaimento	Meia-vida (anos)	Nuclídeo Final Estável
^{238}U	α	$4,47 \times 10^9$	^{206}Pb
^{232}Th	α	$1,41 \times 10^{10}$	^{208}Pb
^{40}K	β	$1,25 \times 10^9$	^{40}Ar

Resposta: 1,7 mg.

14. O nuclídeo de ^{198}Au , com uma meia-vida de 2,70 dias, é usado no tratamento do câncer. Qual é a massa de ^{198}Au necessária para produzir uma atividade de 250 Ci? (**R.** 1,02 mg)

15. (a) Quantos átomos estão em 1,0 kg de ^{235}U puro? (b) Qual a energia, em joules, desprendida pela fissão completa de 1,0 kg de ^{235}U ? Admita $Q = 200$ MeV. (c) Durante quanto tempo essa energia manteria acesa uma lâmpada de 100 W?

Resposta: (a) $2,6 \times 10^{24}$; (b) $8,2 \times 10^{13}$ J; (c) $2,6 \times 10^4$ anos.

16. As propriedades do isótopo de plutônio ^{239}Pu são muito semelhantes às do ^{235}U . A energia média desprendida por fissão é 180 MeV. Quanta energia será desprendida, em MeV, se todos os átomos em 1,00 kg de ^{239}Pu puro sofrerem fissão?

Resposta: $4,54 \times 10^{26}$ MeV.

17. A que taxa o ^{235}U deve sofrer fissão por nêutrons a fim de gerar energia à taxa de 1,0 W? Admita $Q = 200$ MeV.

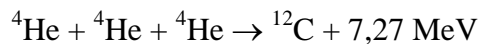
Resposta: $3,1 \times 10^{10}$ fissões/s.

18. Verifique que a fusão de 1,0 kg de deutério, de acordo com a reação:



poderia manter acesa durante $2,5 \times 10^4$ anos uma lâmpada de 100W.

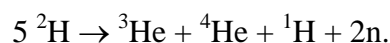
19. Depois de converter todo o seu hidrogênio em hélio, uma certa estrela é constituída por 100% de hélio. Daí em diante, principia a conversão de hélio em carbono, pelo processo das três alfas:



A massa da estrela é $4,6 \times 10^{32}$ kg, e a taxa de geração de energia é $5,3 \times 10^{30}$ W. Em quanto tempo todo hélio se converterá em carbono?

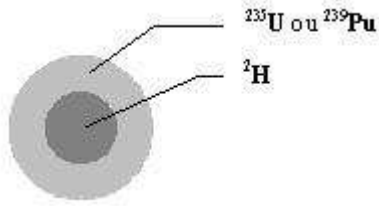
Resposta: $1,6 \times 10^8$ anos.

20. A Figura abaixo mostra um esquema idealizado de uma bomba de hidrogênio. O combustível da fusão é o deutério, ^2H . A elevada temperatura e a alta densidade de partículas, que são necessárias à fusão, são proporcionadas por uma bomba atômica “detonadora”, geometricamente disposta de modo a imprimir uma onda de choque implosiva e compressiva sobre o deutério. A reação de fusão operativa é



(a) Calcule a energia Q da reação de fusão. (b) Calcule o poder nominal da parte de fusão dessa bomba, sabendo que ela contém 500 kg de deutério, dos quais 30,0% sofrem fusão. O poder nominal da bomba é dado pela magnitude da energia desprendida expressa em termos da massa de TNT que, explodindo desprenderia a mesma quantidade de energia. Um megaton de TNT (10^6 ton) libera $2,6 \times 10^{28}$ MeV de energia. Dados:

^1H	1,007825 u	^3He	3,016029 u	e	0,0005486 u
^2H	2,014102 u	^4He	4,002603 u	n	1,008665 u



Resposta: (a) 24,9 MeV; (b) 8,65 Mton de TNT.

21. A água comum contém, em números redondos, 0,0150% em massa de “água pesada”, que tem um dos dois hidrogênios substituído por deutério ^2H . Qual a potência média de fusão que se obteria se todo o deutério ^2H de um litro de água fosse “queimado” em um dia, mediante a reação $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \text{n}$?

Resposta: 14,4 kW.

22. (a) Qual é a quantidade de energia liberada na explosão de uma bomba de fissão contendo 3,0 kg de material fissionável? Suponha que 0,10% da massa é convertida em energia liberada. (b) que massa de TNT precisaria explodir para liberar a mesma quantidade de energia? Admita que cada mol de TNT libere 3,4 MJ de energia na explosão. A massa molecular de TNT é 0,227 kg/mol. (c) Para a mesma massa de explosivo, calcule a maior eficiência das explosões nucleares em relação às de TNT. Isto é, compare as frações da massa que são convertidas em energia em cada caso.

Resposta: (a) $2,7 \times 10^{14}$ J; (b) $1,8 \times 10^7$ kg; (c) $6,0 \times 10^6$.

23. Durante um diagnóstico com raios X, uma parte de 1,2 kg de uma perna quebrada recebe uma dose equivalente de 0,40 mSv. **a.** Qual é a dose equivalente em mrem? **b.** Qual é a dose absorvida em mrad e mGy? **c.** Se a energia dos raios X é igual a 50 KeV, quantos fótons de raios X são absorvidos? Para RX, RBE= 1 rem/rad.

Resposta: 40 mrem; 40 mrad; 0,40 mGy; $5,99 \times 10^{10}$

24. Uma amostra orgânica com uma massa de 4,00 kg absorve uma energia de 2,00 mJ proveniente de nêutrons lentos (RBE = 5 Sv/Gy). Qual é a dose equivalente em mSv?

Resposta: 2,5 mSv

25. Um indivíduo de 75 kg recebe uma dose de corpo inteiro de $2,4 \times 10^{-4}$ Gy na forma de partículas alfa com um fator RBE= 12 Sv/Gy. Determine **a.** a energia absorvida em joules e a dose equivalente. **b.** em sieverts e **c.** em rem.

Resposta: 0,018 J; $2,88 \times 10^{-3}$ Sv; 0,288 rem

26. Um operário de 85 kg, que trabalha em um reator regenerador, ingere acidentalmente 2,5 mg de ^{239}Pu em pó. O ^{239}Pu tem uma meia-vida de 24100 anos e é um emissor de alfa. A energia das partículas α emitidas é 5,2 MeV, com um fator RBE de 13. Supondo que o plutônio permanece por 12 horas no corpo do operário e que 95% das partículas α emitidas são absorvidas pelos tecidos do corpo, determine: **a.** o número de átomos de plutônio ingeridos; **b.** o número de átomos que decaem durante o tempo que o plutônio permanece no corpo do operário; **c.** a energia absorvida pelo corpo do operário; **d.** a dose recebida pelo operário, em grays ou seus múltiplos; **e.** a dose equivalente recebida pelo operário, em sieverts ou seus múltiplos.

Resposta: $6,297 \times 10^{18}$ átomos; $2,519 \times 10^{11}$; 0,20 J; 2,3 mGy; 30 mSv