

Problemas de Termodinâmica e Estrutura da Matéria  
4ª série

4.1) O filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente está à temperatura de 800 °C. Determine o comprimento de onda da radiação emitida mais intensa.

4.2) O temperatura à superfície do corpo humano é de 36.5 °C. Determine o comprimento de onda da radiação emitida mais intensa. Determine a energia dissipada por radiação, por unidade de tempo e de área. A que região espectral pertence a radiação emitida.

4.3) O raio do Sol tem cerca de  $6.96 \times 10^8$  m e a energia radiada por unidade de tempo é de  $3.77 \times 10^{26}$  W. Calcule a temperatura à superfície do Sol e o comprimento de onda da radiação mais intensa.

4.4) O raio do Sol tem cerca de  $6.96 \times 10^8$  m e a energia radiada por unidade de tempo é de  $3.77 \times 10^{26}$  W. A distância média do Sol à Terra é de  $1.496 \times 10^{11}$  m. Qual é a pressão de radiação perto da superfície do Sol e à superfície da Terra. Compare este valor com a pressão atmosférica.

4.5) Uma estação de rádio emite na frequência de 94.4 MHz e o emissor tem uma potência de 100 kW. Determine o número de fótons radiados por segundo. Determine a pressão de radiação a 1 km e a 10 km do emissor.

4.6) O olho humano pode detectar um único fóton de luz visível. Uma lâmpada de iluminação noturna de 60 W emitir luz em todas as direções, com comprimento de onda de 580 nm (amarelo). A que distância deve estar uma pessoa da lâmpada de modo a conseguir ver um fóton por segundo. Assuma que o diâmetro da retina é de 6 mm.

4.7) Mostre que para grandes comprimentos de onda, a lei de Planck pode ser aproximada pela expressão,  $I(\lambda, T) = 2\pi ckT/\lambda^4$  (lei de Rayleigh-Jeans). No limite em que  $\lambda \rightarrow 0$ , a lei de Rayleigh-Jeans previa o que se designou por catástrofe do ultravioleta.

4.8) Numa noite de Verão uma pessoa resolveu dormir ao relento. A temperatura durante a noite foi 26° C, a área do corpo voltada para cima era aproximadamente 0.9 m<sup>2</sup> e a emissividade da pessoa com a sua roupa é  $e = 0.8$ .

a) Calcule a energia perdida pela pessoa por unidade de tempo.

b) Para dormir confortavelmente ao relento, a energia radiada pela pessoa tem de ser compensada pela energia fornecida pelo seu metabolismo. Como o metabolismo da pessoa fornece 50 W de energia, determine a temperatura de equilíbrio da pessoa ao fim de algumas horas ao relento.

c) Qual teria que ser a emissividade da pessoa para que a noite ao relento fosse mais confortável. Um modo de diminuir a emissividade é usar agasalhos eficientes.

**4.9)** O raio do Sol tem cerca de  $6.96 \times 10^8$  m, o raio médio de Vénus é de  $6.52 \times 10^6$  m e o raio médio da Terra é de  $6.378 \times 10^6$  m. A energia radiada pelo Sol por unidade de tempo é de  $3.77 \times 10^{26}$  W. A distância média do Sol a Vénus é de  $1.082 \times 10^{11}$  m e a distância média do Sol à Terra é de  $1.496 \times 10^{11}$  m. Supondo que no sistema solar estabelece-se um equilíbrio radiativo entre o Sol e os vários planetas, determine a temperatura média da radiação emitida por Vénus e pela Terra.

**4.10)** Quando o céσιο é iluminado com luz de comprimento de onda  $\lambda = 500$  nm, a energia cinética máxima dos fotoelectrões emitidos é de 0.57 eV. Determine a função de trabalho do céσιο e determine o potencial de paragem para uma luz incidente de 600 nm.

**4.11)** Quando luz de comprimento de onda  $\lambda = 620$  nm incide sobre a superfície de um metal alcalino, a velocidade máxima dos fotoelectrões emitidos é de  $4.6 \times 10^5$  m/s. Determine a função de trabalho do metal e a sua frequência de corte. A massa do electrão é  $m_e = 9.109\,389 \times 10^{-31}$  kg.

**4.12)** Ao irradiar lítio com luz com comprimentos de onda  $\lambda = 3000$  Å e  $\lambda = 4000$  Å, os potenciais de paragem encontrados foram 1.83 V e de 0.80 V, respectivamente. Com estes dados experimentais, determine a constante de Planck, a frequência de corte e a função de trabalho para o lítio. A carga do electrão é  $q = 1.602\,177 \times 10^{-19}$  C.

**4.13)** Determine as frequências e os comprimentos de onda de corte dos seguintes metais não alcalinos: ouro, alumínio, carbono e ferro. Considere que as funções de trabalho são:  $\phi_{\text{ouro}} = 5.1$  eV,  $\phi_{\text{alumínio}} = 4.1$  eV,  $\phi_{\text{carbono}} = 4.8$  eV,  $\phi_{\text{ferro}} = 4.5$  eV. Qual das frequências de corte corresponde a radiação visível? Conclua sobre qual a melhor cobertura para os revestimentos dos satélites artificiais.

**4.14)** Determine o intervalo de variação da energia da radiação visível em unidades de eV. Considere que a radiação visível está no intervalo de comprimentos de onda 400 – 780 nm.

**4.15)** Um fotão com a energia de 511 keV colide com um electrão que podemos considerar em repouso. Depois da colisão, o fotão desvia-se  $45^\circ$  da direcção de incidência. Determine a energia cinética do electrão depois da colisão. Dê o resultado em keV. A massa do electrão é  $m_e = 9.109\,389 \times 10^{-31}$  kg.

**4.16)** Um fóton com um comprimento de onda de  $\lambda = 0.7 \text{ nm}$  colide com um electrão. Depois da colisão, a velocidade do electrão é de  $1.4 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Quanto é o desvio de Compton e qual é o comprimento de onda do fóton depois da colisão. Determine o ângulo do fóton depois da colisão.

**4.17)** Um fóton com o comprimento de onda  $\lambda = 0.0016 \text{ nm}$  colide com um electrão. Para que desvio angular relativamente à direcção de incidência do fóton, a energia do fóton e do electrão são iguais depois da colisão.

**4.18)** Ao irradiar uma amostra de hidrogénio gasoso com luz, os átomos de hidrogénio ionizam-se. Assuma que os electrões de todos os átomos estão no nível de energia mais ligado. Determine a energia mínima da radiação incidente de modo a ionizar o átomo de hidrogénio. Determine o comprimento de onda dessa radiação. Determine a quantidade de energia necessária para ionizar completamente 1 mole de hidrogénio gasoso. Se a potência de uma lâmpada capaz de produzir radiação dessa comprimento de onda é de  $500 \text{ W}$ , determine durante quanto tempo é necessário irradiar a amostra de hidrogénio de modo que todo o hidrogénio na amostra fique ionizado.

**4.19)** Um electrão tem uma energia cinética de  $1 \text{ MeV}$  e o seu momento foi medido com uma precisão de  $5\%$ . Determine a incerteza mínima na posição do electrão.

**4.20)** Um átomo de hélio tem os seus electrões nos níveis atómicos  $n = 2$  e  $n = 5$ . O electrão do nível  $n = 2$  decai para o nível atómico  $n = 1$  emitindo radiação. Essa radiação faz com que o electrão do nível atómico  $n = 5$  seja expelido do átomo de hélio. Considere que os níveis de energia do átomo de hélio são,  $E_n = -2 \times 13.6/n^2 \text{ eV}$ .

a) Determine a velocidade do electrão expelido.

b) Se medir o momento do electrão com uma incerteza de  $0.01\%$ , determine a incerteza mínima na determinação da posição do electrão. A massa do electrão é  $m_e = 9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg}$ .

**4.21)** A energia radiada pelo Sol por unidade de tempo é de  $3.77 \times 10^{26} \text{ W}$  e o raio do Sol é  $6.98 \times 10^8 \text{ m}$ . O raio do átomo de hidrogénio é da ordem de  $1.2 \times 10^{-15} \text{ m}$ . Assuma que toda a energia radiada pelo Sol se deve a reacções de fusão nuclear e que por cada reacção de fusão de dois átomos de hidrogénio é libertada a energia de  $4.24 \times 10^{-12} \text{ J}$ .

a) Assumindo que o Sol é essencialmente constituído por hidrogénio numa massa muito compacta, faça a estimativa do número de átomos de hidrogénio no Sol. Determine o número de átomos de hidrogénio que se fundem por segundo.

b) Considerando que o Sol morre quando se esgotar todo o hidrogénio, faça

uma estimativa do tempo que o Sol vai demorar a extinguir-se. Dê o resultado em anos.

Soluções: 4.1)  $2.7 \mu\text{m}$ . 4.2)  $9.4 \mu\text{m}$ ,  $524 \text{ J}/(\text{sm}^2)$ . 4.3)  $5741 \text{ K}$ ,  $505 \text{ nm}$ . 4.4)  $0.07 \text{ Pascal}$ ,  $1.5 \times 10^{-6} \text{ Pascal}$  ( $1.5 \times 10^{-9} \%$  da pressão atmosférica). 4.5)  $1.6 \times 10^{30} \text{ fotões/s}$ ,  $8.8 \times 10^{-12} \text{ Pa}$ ,  $8.8 \times 10^{-14} \text{ Pa}$ . 4.6)  $2 \times 10^7 \text{ m}$ . 4.8)  $48.6 \text{ J/s}$ ,  $36.78^\circ \text{ C}$ ,  $e = 0.82$ . 4.9)  $52^\circ \text{ C}$ ,  $4^\circ \text{ C}$ . 4.10)  $1.91 \text{ eV}$ ,  $0.16 \text{ V}$ . 4.11)  $1.4 \text{ eV}$ ,  $339 \text{ THz}$ . 4.12)  $6.6 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ,  $558 \text{ THz}$ ,  $2.3 \text{ eV}$ . 4.13)  $1233 \text{ THz}$ ,  $243 \text{ nm}$ ;  $991 \text{ THz}$ ,  $303 \text{ nm}$ ;  $1161 \text{ THz}$ ,  $258 \text{ nm}$ ;  $1088 \text{ THz}$ ,  $276 \text{ nm}$ . 4.14)  $1.59 - 3.10 \text{ eV}$ . 4.15)  $116 \text{ keV}$ . 4.16)  $2 \times 10^{-12} \text{ m}$ ,  $0.702 \text{ nm}$ ,  $80^\circ$ . 4.17)  $30.2^\circ$ . 4.18)  $2.18 \times 10^{-18} \text{ J}$ ,  $91 \text{ nm}$ ,  $1.31 \times 10^6 \text{ J}$ ,  $44 \text{ minutos}$ . 4.19)  $2.45 \times 10^{-11} \text{ m}$ . 4.20) a)  $2.6 \times 10^6 \text{ m/s}$ ; b)  $2.8 \mu\text{m}$ . 4.21) a)  $1.95 \times 10^{71} \text{ átomos}$ ,  $1.78 \times 10^{38}$ ; b)  $3.5 \times 10^{25} \text{ anos}$ .