



## UNIVERSIDADE da MADEIRA

### Termodinâmica e Teoria Cinética Folha 4 – Capacidade Térmica II e Dilatação Térmica

#### Exercícios Resolvidos na Aula Teórica

1 – O Sol, quando está no zénite, fornece aproximadamente 1 kW de energia a cada metro quadrado da superfície da Terra. Uma placa fotovoltaica de área  $S = 0,75 \text{ m}^2$  é instalada no plano horizontal. Determine a energia fornecida à placa durante  $t = 20 \text{ min}$  se:

- o Sol está no zénite;
- os raios do Sol fazem um ângulo  $\theta = 45^\circ$  com a vertical.

2 – O Sol fornece aproximadamente 1 kW de energia a cada metro quadrado da superfície da Terra (se a incidência é normal).

- Qual será a temperatura de equilíbrio do solo (areia, asfalto) quando o Sol está no zénite, se o único mecanismo de arrefecimento do solo é a radiação?
- Resolva novamente este exercício, admitindo que os raios do Sol fazem um ângulo de  $30^\circ$  com a superfície.

3 – As oscilações da temperatura causadas pelo aquecimento da superfície da Terra durante o dia e o seu arrefecimento durante a noite deixam de estar mensuráveis à profundidade de aproximadamente de 1 m sob o solo. A qual profundidade deixam de estar mensuráveis as oscilações anuais?

4 – Considere a equação que descreve a condução do calor ( $\varphi$ ):

$$C_p \frac{dT}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \left( k \frac{\partial T}{\partial t} \right)$$

Mostre que no caso estacionário tal equação admite a solução  $T = T_A + T_B \cdot T_A \cdot (x/L)$  quando a condutividade térmica é constante.  $T_A$  e  $T_B$  representam as temperaturas nos extremos da barra ( $T_B > T_A$ ) e  $L$  o comprimento da barra.

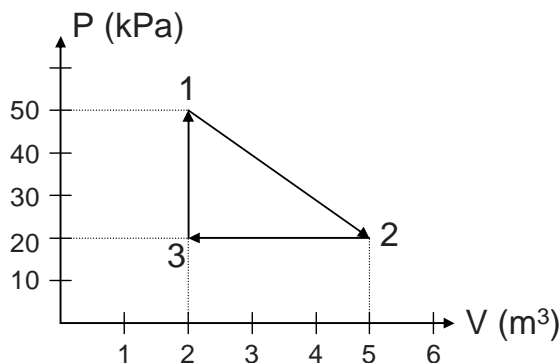
1 – Calcule a variação da energia interna de um quilograma de  $\text{H}_2\text{O}$  quando passa de

- gelo (sólido) a água (líquido) a  $0^\circ\text{C}$ . [R:  $3,335 \cdot 10^5 \text{ J}$ ]
- de água a vapor (gás) a  $100^\circ\text{C}$ . [ $2,09 \cdot 10^6 \text{ J}$ ]

Admita que, em ambos os casos, a pressão é de 1 atm. Calor Latente de Fusão do gelo  $L_f = 3,335 \cdot 10^5 \text{ J / kg}$  (à pressão atmosférica normal e  $0^\circ\text{C}$ ). Calor Latente de Vaporização da água  $L_v = 2,2575 \cdot 10^6 \text{ J / kg}$  (à pressão atmosférica normal e  $100^\circ\text{C}$ ). Densidade do gelo a  $0^\circ\text{C}$ :  $917 \text{ kg/m}^3$  e da água a  $0^\circ\text{C}$ :  $998 \text{ kg/m}^3$ . Para os  $100^\circ\text{C}$ , densidade da água  $1000 \text{ kg/m}^3$  e densidade do vapor  $0,593 \text{ kg/m}^3$ .

2 – Calcule o calor absorvido por um gás ideal durante uma expansão isotérmica. [ $Q = n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2/V_1)$ ]

3 – A figura mostra a relação da pressão com o volume para um sistema fechado durante um processo reversível. Calcule o trabalho realizado pelo sistema para cada um dos 3 processos 1→2, 2→3 e 3→1, e para o processo 1→2→3→1.



4 – a) Calcule a variação da energia interna de 1 mol de um gás monoatômico ideal, quando a sua temperatura varia de 0 °C para 100 °C. É necessário especificar também a variação de pressão e de volume? [1,2 kJ]

b) Se o processo referido no problema anterior ocorre a volume constante, qual será o trabalho realizado pelo gás? [0 kJ]

5 – Calcule o calor necessário para elevar a temperatura de 3 moles de alumínio desde 250 °C até 300 °C. [900 cal]

6 – Uma massa de gás ideal monoatômico ( $\gamma = 1,6$ ) é comprimida quase-estaticamente desde o estado (98 kPa; 0,1 m³) até ao estado (490 kPa; 0,03 m³). Calcule o trabalho realizado sobre o gás sabendo que este processo é adiabático. [-8167 J]

7 – Uma mol de gás ideal diatômico ocupa um volume de 2 m³ à temperatura de 300 K. Expande-se adiabaticamente até ao volume de 4 m³. Depois, expande-se isotermicamente até atingir o volume de 6 m³.

a) Calcule, para cada um dos dois processos

i) o trabalho efectuado pelo gás; [1509 J ; 740 J]

ii) a variação da energia interna; [-1509 J ; 0 J]

iii) o calor absorvido; [0 J ; 740 J]

b) Represente os dois processos no mesmo diagrama P-V.

8 – Considere um sistema com 3 moles de um gás ideal, a temperatura de 350 K e a pressão de 2,5 atm. O gás expande-se isotermicamente até a pressão de 1,5 atm. Determine:

a) o volume do gás após a expansão [0,0575 m³]

b) o trabalho realizado pelo gás na expansão [4,5·10³ J]

c) a quantidade de calor recebido pelo gás [4,5·10³ J]

9 – Considere um sistema com 20 moles de um gás ideal, à temperatura de 750 K e à pressão de 1,5 atm. O gás é comprimido isobaricamente até atingir (1/3) do seu volume inicial. Determine:

a) o volume e a temperatura do gás após a compressão [0,27 m³, 250 K]

b) o trabalho realizado pelo gás na compressão [-8,4·10⁴ J]

c) a variação de calor sofrida pelo gás na compressão. [-9,9·10⁴ J]

10 – Um tubo cilíndrico munido de um êmbolo móvel contém 10 moles de um gás ideal monoatômico à temperatura de 30 °C e à pressão de 1 atm. O gás é expandido adiabaticamente até a pressão atingir um terço da pressão inicial.

a) Represente o processo num diagrama volume-pressão.

b) Calcule a variação de energia interna do gás. [ $-1,6 \cdot 10^4$  J]

c) Calcule o trabalho realizado pelo gás. [ $1,6 \cdot 10^4$  J]

11 – Utiliza-se um tubo de cobre, que mede 20 m à temperatura de 10 °C, para o transporte do vapor de água em ebulição, a 100 °C. De quanto aumentará o comprimento do tubo durante o transporte continuado do vapor? (O valor médio do coeficiente de dilatação linear do cobre, medido entre 0 °C e 100 °C, é  $17 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .) [30,6 mm]

12 – Uma régua de aço deve ser calibrada de modo que as divisões de milímetros apresentem um erro máximo de  $\pm 5 \cdot 10^{-5}$  mm, a uma certa temperatura. Qual é a máxima variação de temperatura permissível durante a calibração? (O valor médio do coeficiente de dilatação linear do aço, medido entre 0 °C e 100 °C, é  $11 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .) [4,55 °C]

13 – Uma fita bimetálica com uma espessura  $x$  está completamente estreita quando a temperatura é  $T$ . Encontre o raio de curvatura da fita,  $R$ , quando esta for aquecida até uma temperatura  $T + \Delta T$ . Os coeficientes de expansão linear dos dois metais são  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , respectivamente, com  $\alpha_2 > \alpha_1$ . podemos considerar que a espessura de cada metal é igual

a  $x/2$ , e que  $x \ll R$ . 
$$R = \frac{x}{4} \left[ \frac{2 + (\alpha_2 + \alpha_1)\Delta T}{(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta T} \right]$$

14 – Pretende-se ajustar bem uma anilha de aço a um tubo de latão. A 15 °C o diâmetro interior da anilha mede 43,85 mm e o diâmetro exterior do tubo mede 43,90 mm. A que temperatura se deverá aquecer previamente a anilha para que o tubo entre nela? (Os valores médios dos coeficientes de dilatação linear do latão e do aço, medidos entre 0 °C e 100 °C, são, respectivamente,  $20 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , e  $11 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .) [119 °C]

15 – Uma proveta de 100 cm<sup>3</sup>, de vidro normal, foi graduada a 15 °C. Se a proveta ficar cheia de um líquido à temperatura de 80 °C, quanto valerá o volume correspondente à marca 100? (O valor médio do coeficiente de dilatação linear do vidro normal, medido entre 0 °C e 100 °C, é  $9 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .) [100,18 cm<sup>3</sup>]

16 – Após o aquecimento (para 50 °C) de uma barra de ferro, que inicialmente tinha 1 m de comprimento (a 0 °C), obtém-se uma dilatação de 0,06 cm. Calcule:

a) O coeficiente de dilatação linear do ferro. [ $12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ]

b) Se a barra tiver uma área de 10 cm<sup>2</sup> a 0 °C, quanto é que vai ser o valor da área e do volume a 100 °C? [10,024 cm<sup>2</sup>; 1003,6 cm<sup>3</sup>]

17 – Um balão de forma esférica tem um diâmetro de 25 cm e contém ar a  $P = 1,5$  atm. O diâmetro do balão aumenta para 30 cm num determinado processo durante o qual a pressão é proporcional ao diâmetro. Calcule o trabalho realizado pelo ar dentro do balão naquele processo. [988 J]