

**6ª Série de Problemas**  
**Termodinâmica e Estrutura da Matéria**  
**MEBM, MEFT e LMAC**

1. No interior de um motor a gasolina, 0.016 moles de mistura de gasolina vaporizada e ar inicialmente a 27 °C são comprimidas adiabaticamente, passando a pressão de 1.0 atm para 2.0 atm.

1.a) Qual a variação relativa de volume?

1.b) Qual a variação relativa da temperatura absoluta?

1.c) Qual o calor cedido à mistura, o trabalho realizado e a variação da energia interna?

*Nota: pode tratar a mistura como um gás diatômico.*

2. É possível construir centrais eléctricas aproveitando a diferença de temperatura entre a superfície e o fundo do mar. O calor das águas superficiais é usado para evaporar um fluido muito volátil, como a amónia, que faz mover uma turbina até ser de novo condensado pelo contacto com as águas profundas. Em 1979 foi construído um protótipo no Havai, onde a temperatura à superfície é de 30 °C e a do fundo 18 °C.

2.a) Se a central funcionasse como um ciclo de Carnot, qual seria o rendimento?

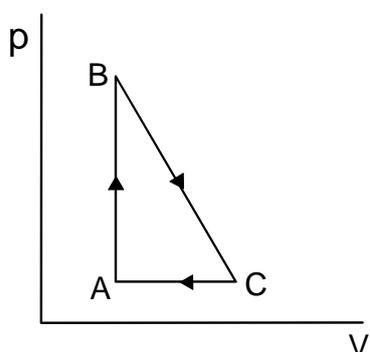
2.b) Qual seria a quantidade de calor extraída por segundo das águas superficiais, para produzir 500 MW de potência eléctrica?

2.c) Para a máquina térmica poder funcionar com amónia esta tem de coexistir no estado líquido e de vapor, o que, a 30 °C, se dá a uma pressão de cerca de 11 atm. Como estaria a amónia a esta temperatura e à pressão atmosférica? Sendo o calor de vaporização da amónia, nessas condições 1143,7 kJ/kg, que quantidade de amónia seria vaporizada por unidade de tempo?

2.d) Qual seria, nesse caso, a quantidade de calor libertada por segundo para as águas profundas?

2.e) Calcule a variação de entropia por unidade de tempo das águas superficiais e das águas profundas, nesse caso ideal.

3. 0.4 moles de gás ideal monoatômico sofrem uma transformação cíclica, descrita no plano pressão (p) volume (V) pelas transformações indicadas por  $A \rightarrow B \rightarrow C$ .



Dados:

$$p_A = 1 \text{ atm}, V_A = 10 \ell$$

$$p_B = 5 \text{ atm}$$

$$V_C = 30 \ell$$

- 3.a) Determine a temperatura do gás nos pontos A, B e C.
- 3.b) Calcule o trabalho executado pelo ciclo.
- 3.c) Determine o calor rejeitado pelo ciclo.
- 3.d) Determine o rendimento do ciclo motor.
4. Um cilindro contém  $600 \text{ cm}^3$  de azoto a 300 K e 5 atm (ponto A). A temperatura é elevada a volume constante até 600 K (ponto B). Seguidamente o azoto é expandido adiabaticamente até 300K (ponto C). Finalmente, é comprimido isotermicamente até atingir o seu volume inicial. Considere que todas as transformações são reversíveis e que o azoto se comporta como um gás perfeito.
- 4.a) Represente o ciclo nos diagramas PV e TS.
- 4.b) Calcule as tocas de calor e trabalho em cada uma das transformações.
- 4.c) Determine o rendimento do motor.
- 4.d) Suponha agora que a transformação AB é feita em contacto térmico com uma única fonte de calor à temperatura de 700 K. Calcule, justificando, a variação de entropia do gás e do exterior nesta transformação. Que conclui quanto à reversibilidade do ciclo?

5. Considere uma máquina frigorífica que opera entre as temperaturas de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Durante 1/2 hora o fluido recebe  $10^6\text{ J}$  do congelador. Admita que a máquina funciona reversivelmente.

5.a) Calcule a eficiência da máquina.

5.b) Calcule o valor da energia mecânica fornecida à máquina e da energia térmica cedida à fonte quente, durante essa 1/2 hora.

5.c) Calcule o valor da potência indicada pelo fabricante para a máquina.

5.d) Calcule (em g/s) o caudal do fluido que circula na máquina, supondo que se trata do R134A ( $\lambda_{\text{vaporização}}(\text{R134A}) = 200\text{ kJ/kg}$ ).

6. Num circuito de refrigeração utiliza-se amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) como fluido refrigerante fazendo-o circular entre uma câmara fria e um dissipador exterior. Neste processo, o amoníaco gasoso e arrefecido passa no interior da câmara absorvendo calor. Depois de comprimido a alta pressão, o amoníaco dissipa calor no exterior até que liquefaz. À pressão atmosférica, o amoníaco líquido ( $\rho = 682\text{ kg/m}^3$ ) vaporiza à temperatura de  $-33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e tem um calor latente de vaporização de  $1371\text{ kJ/kg}$ .

6.a) Admita que no interior da câmara fria o amoníaco se encontra no estado gasoso, à pressão atmosférica e à temperatura de vaporização do  $\text{NH}_3$ . Qual é a massa específica do amoníaco nessas condições?

*Nota: Massa molar do amoníaco: 17 g/mole.*

6.b) Sabendo que no circuito de refrigeração a temperatura do amoníaco liquefeito é de  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , determine a pressão mínima de compressão que terá de ser utilizada.

7. O funcionamento do motor dos automóveis híbridos modernos pode ser aproximadamente descrito pelo ciclo de Sargent, formado por: compressão adiabática AB; aumento de pressão a volume constante BC; expansão adiabática CD; e compressão isobárica DA até ao ponto inicial. A ideia do ciclo é aumentar a taxa de expansão. Suponha que o ciclo é realizado reversivelmente utilizando 0.15 moles de um gás ideal diatômico.

7.a) Represente esquematicamente o ciclo nos diagramas P(V) e T(S).

7.b) Sabe-se que no ponto D a temperatura e a pressão são, respectivamente, 406 K e 1 atm. Além disso, o volume em B é metade do volume em D, e a diferença de temperatura entre os pontos C e B é de 145 K. Determine a temperatura, pressão e volume nos quatro pontos A a D.

7.c) Mostre que o rendimento do motor é dado por  $1 - \frac{TD - TA}{TC - TB}$ . Calcule o rendimento e compare com o rendimento de uma máquina de Carnot funcionando entre as duas temperaturas extremas.