

**7ª Série de Problemas**  
**Termodinâmica e Estrutura da Matéria**  
**MEBM, MEFT e LMAC**

1. As turbinas a gás funcionam com base no ciclo de Brayton ideal. Um mole de gás monoatômico inicialmente a 300K à pressão de 1 atm é submetido ao ciclo referido. Inicialmente é comprimido adiabaticamente para  $2/3$  do seu volume inicial (A  $\rightarrow$  B). Sofre depois uma transformação, a pressão constante, que resulta num aumento de temperatura para 1300 K (B  $\rightarrow$  C). Em seguida é expandido adiabaticamente até atingir a sua pressão inicial (C  $\rightarrow$  D) e arrefecido, de novo a pressão constante, até à temperatura inicial.
  - 1.a) Esboce o ciclo nos planos (p,V) e determine a pressão, volume e temperatura dos vértices do ciclo (A, B, C e D).
  - 1.b) Determine as trocas de calor e trabalho realizadas em cada fase do ciclo.
  - 1.c) Determine o rendimento do ciclo.
  
2. Um icebergue com uma massa de  $10^{10}$  kg encontra-se à deriva na corrente do Golfo, que tem uma temperatura de 22 °C.
  - 2.a) Qual a quantidade máxima de trabalho que poderá gerar uma máquina térmica enquanto o icebergue funde?
  - 2.b) Quantos dias seriam necessários para produzir esse trabalho numa central térmica de 1000 MW?  
*Calor de fusão do gelo - 80 cal/g*
  
3. Num motor Diesel, ao invés de se causar a deflagração da mistura combustível - ar com uma vela, é a própria compressão adiabática da mistura que causa a inflamação. Durante a combustão, mantém-se constante a pressão no interior do cilindro.
  - 3.a) Represente o ciclo de Diesel num diagrama pV.
  - 3.b) Calcule o rendimento do ciclo de Diesel, em função das razões de compressão (razões entre o volume máximo e os volumes nos restantes vértices do ciclo). Admita que a mistura é um gás diatômico.

4. Uma mole de um gás ideal passa pelo seguinte processo cíclico:

- Expansão isotérmica de  $V_A$  para  $V_B$ .
- Expansão a pressão constante de  $V_B$  para  $V_C$ .
- Compressão isotérmica de  $V_C$  para  $V_D$ .
- Compressão a pressão constante de  $V_D$  para  $V_A$ .

Sendo  $V_B = 2V_A$  e  $V_C = 3V_A$ :

- 4.a) Desenhe o processo num diagrama  $(p,V)$ .
- 4.b) Determine  $T_C$  e  $V_D$  em termos das propriedades iniciais.
- 4.c) Em que fases do ciclo o sistema absorve calor?
- 4.d) De que tipo de máquina se trata? Justifique.

5. A eficiência de uma máquina frigorífica é a razão entre a quantidade de calor retirada da fonte fria (congelador) e o trabalho necessário para o ciclo funcionar. Considere uma máquina frigorífica que opera entre as temperaturas de  $-10^\circ\text{C}$  e  $+25^\circ\text{C}$ . Durante 2 horas o fluido recebe  $1,0 \times 10^3$  J do congelador.

- 5.a) Calcule a eficiência da máquina, supondo que esta funcionava reversivelmente.
- 5.b) Nas condições da alínea anterior, qual seria o valor da energia mecânica fornecida à máquina e da energia térmica cedida à fonte quente durante esse intervalo de tempo?

6. Considere um ciclo de Otto—motor do automóvel a gasolina — em que um mole de gás ideal, com  $C_V = 3R$ , é adiabaticamente comprimido de 1 atm e 300 K para  $1/8$  do seu volume inicial, sofrendo depois uma transformação a volume constante, que resulta num aumento de temperatura de 1600 K. Em seguida, é expandido adiabaticamente até ao seu volume original, e, finalmente arrefecido até a temperatura inicial.

- 6.a) Esboce o ciclo no plano  $(p,V)$  e no plano  $(T,S)$ .
- 6.b) Determine as trocas de calor e a variação de entropia em cada fase do ciclo.
- 6.c) Se a fonte quente estiver a 3000 K e a fonte fria a 300 K, qual a variação de entropia no universo em cada ciclo do motor?

7. Uma mole de um gás diatômico sofre as seguintes transformações:

- AB – isométrica de  $V_A=0.03 \text{ m}^3$  e  $p_A=1 \text{ atm}$  até  $p_B=0.5 \text{ atm}$ ;
- BC – isobárica até  $V_C=0.05 \text{ m}^3$ ;
- CD – isométrica até à pressão inicial;
- DA – isobárica até ao ponto original.

7.a) Calcule as temperaturas  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ .

7.b) Determine as trocas de calor e trabalho com o exterior, indicando em que transformações ocorrem.

7.c) De que máquina se trata? Calcule a sua eficiência.

8. Uma turbina a vapor opera em regime permanente e recebe um fluxo de 1 kg/s de vapor de água saturado a 30 atm, produzindo 304.2 kW de potência. A pressão à saída da turbina é de 1 atm. Admita que a turbina encontra-se num sistema que pode ser aproximadamente descrito como um ciclo de Rankine simples ideal.

8.a) Esboce o ciclo no diagrama T(S)

8.b) Estime aproximadamente a entalpia específica da água líquida saturada a 1 bar, utilizando como referência uma entalpia específica igual a 0 kJ/kg para água líquida a 0°C e a 1 atmosfera.

8.c) Determine a fracção de vapor e a fracção de líquido à saída da turbina.

Dados:

	$h_{liq \text{ sat}} \text{ (kJ/kg)}$	$h_{vap \text{ sat}} \text{ (kJ/kg)}$
1 atm	419.1	2675.4
30 atm	1008.4	2804.2