

Lista de exercícios – Termodinâmica

(2ª Lei e Teoria Cinética dos Gases)

1)

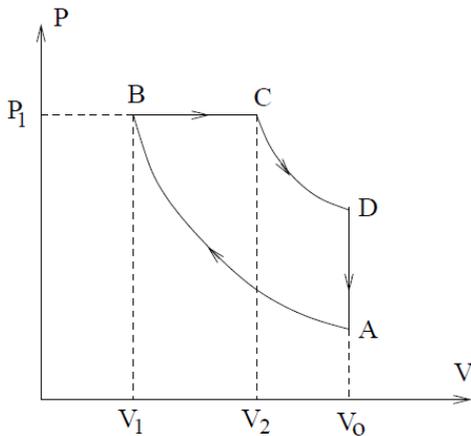
O *ciclo Diesel* representa de forma também idealizada o funcionamento de um outro tipo de motor a combustão interna, que opera os motores a diesel de caminhões e utilitários. Nele a ignição do combustível é feita pelo próprio aquecimento causado pela compressão. Foi inventado pelo engenheiro alemão Rudolf Diesel em 1897, e permite taxas de compressão maiores que as dos motores que funcionam com o ciclo Otto. Na figura abaixo temos a representação de um ciclo Diesel de quatro tempos. AB e CD são adiabáticas; a ignição ocorre a pressão constante (etapa BC), sem necessidade de uma faísca. a razão $r_c = V_o/V_1$ entre os volumes máximo e mínimo é chamada *taxa de compressão*. A *taxa de expansão adiabática* é definida como $r_e = V_o/V_2$.

(a) Mostre que o rendimento de um ciclo Diesel (operado por um gás ideal) é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left(\frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} \right) = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{\left(\frac{1}{r_e} \right)^\gamma - \left(\frac{1}{r_c} \right)^\gamma}{\frac{1}{r_e} - \frac{1}{r_c}}.$$

(b) Calcule η para $r_c = 15$, $r_e = 5$ e $\gamma = 1,4$.

(c) Compare o rendimento com o de um ciclo de Carnot operando nas mesmas temperaturas extremas.



Respostas: b) $\eta \cong 0,56$; c) $\eta_{Carnot} \cong 0,89$

2)

Um inventor afirma ter criado quatro máquinas, todas operando entre 400 K e 300 K. As características de cada máquina, por ciclo, são as seguintes: máquina **(a)**, $Q_H = 200 \text{ J}$, $Q_C = -175 \text{ J}$, $W = 40 \text{ J}$; máquina **(b)**, $Q_H = 500 \text{ J}$, $Q_C = -200 \text{ J}$, $W = 400 \text{ J}$; máquina **(c)**, $Q_H = 600 \text{ J}$, $Q_C = -200 \text{ J}$, $W = 400 \text{ J}$; máquina **(d)**, $Q_H = 100 \text{ J}$, $Q_C = -90 \text{ J}$, $W = 10 \text{ J}$. Usando a primeira e a segunda leis da termodinâmica, verifique para cada máquina se alguma destas leis está violada.

(Q_H : calor fornecido pela fonte quente; Q_C : calor liberado para a fonte fria)

Respostas:

- a) Violação da 1ª Lei da Termodinâmica
- b) Violação da 1ª e da 2ª Lei da Termodinâmica
- c) Violação da 2ª Lei da Termodinâmica
- d) A máquina está de acordo com a 1ª e a 2ª Lei da Termodinâmica

3) Suponha que a mesma quantidade de calor, 260 J, é transferida por condução de um reservatório a 400 K para outro reservatório a (a) 100 K e (b) 360 K. Suponha que o sistema composto pelos dois reservatórios esteja isolado. Calcule a variação da entropia do sistema em cada caso.

Respostas: a) 1,95 J/K; b) 0,07 J/K

4) Considere o congelamento de 50 g de água em um congelador. Suponha que as paredes do congelador são mantidas a -10°C . A água, inicialmente líquida a 0°C , é congelada e resfriada até -10°C . Determine a variação na entropia da água, do congelador e do universo.

Resposta: $\Delta S_{\text{água}} = -68,8 \frac{\text{J}}{\text{K}}$; $\Delta S_{\text{congelador}} = 71,3 \frac{\text{J}}{\text{K}}$; $\Delta S_{\text{universo}} = 2,5 \frac{\text{J}}{\text{K}}$

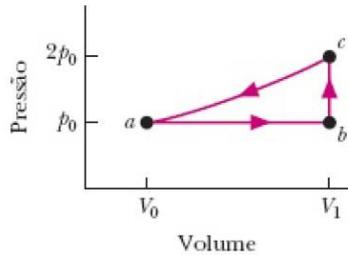
5)

Um mol de um gás ideal monoatômico evolui de um estado inicial à pressão p e volume V até um estado final à pressão $2p$ e volume $2V$, através de dois diferentes processos. **(I)** Ele expande isotermicamente até dobrar o volume e, então, sua pressão aumenta a volume constante até o estado final. **(II)** Ele é comprimido isotermicamente até duplicar a pressão e, então, seu volume aumenta isobaricamente até o estado final. Mostre a trajetória de cada processo num diagrama p - V . Para cada processo calcule, em função de p e de V : **(a)** o calor absorvido pelo gás em cada parte do processo; **(b)** o trabalho realizado pelo gás em cada parte do processo; **(c)** a variação da energia interna do gás, $E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i}$ e **(d)** a variação de entropia do gás, $S_f - S_i$.

Respostas:

Processos		Q	W	ΔU	S
Processo I	Isotérmico	$pV \ln 2$	$pV \ln 2$	0	$R \ln 2$
	Isocórico	$\frac{9}{2}pV$	0	$\frac{9}{2}pV$	$3R \ln 2$
Processo II	Isotérmico	$-pV \ln 2$	$-pV \ln 2$	0	$-R \ln 2$
	Isobárico	$\frac{15}{2}pV$	$3pV$	$\frac{9}{2}pV$	$5R \ln 2$

- 6) Um mol de um gás ideal monoatômico passa pelo ciclo mostrado na figura abaixo, onde $V_1 = 4V_0$. a) Determine o trabalho realizado quando o gás se expande de a até c pelo caminho abc. b) Determine as variações de energia interna e entropia de b até c. c) Determine as variações de energia interna e entropia no ciclo completo. Expresse todas as respostas em termos de p_0 , V_0 , R e T_0 .



Respostas: a) $3p_0V_0$; b) $\Delta U = 6p_0V_0$; $\Delta S = \frac{3}{2}R \ln 2$; c) $\Delta U = 0$; $\Delta S = 0$

- 7) Um dos vácuos mais elevados que podem ser produzidos corresponde a uma pressão de 10^{-12} mmHg. Nesta pressão, a 27°C , quantas moléculas de ar por cm^3 ainda permanecem?

Resposta: $3,20 \times 10^4$ moléculas/ cm^3

- 8) Calcule o número médio de moléculas por cm^3 e o espaçamento médio entre as moléculas:
- Em água líquida;
 - Em vapor de água a 1 atm e 100°C (tratado como gás ideal);
 - No caso (b), calcule a velocidade média quadrática das moléculas.

Respostas:

- $3,3 \cdot 10^{22}$ moléculas/ cm^3 e $3 \cdot 10^{-8}$ cm;
- $1,935 \cdot 10^{14}$ moléculas/ cm^3 e $3,72 \cdot 10^{-7}$ cm;
- 718,92 m/s

9)

Em um período de 1,00 s, $5,00 \times 10^{23}$ moléculas de nitrogênio atingem uma parede com uma área de $8,00 \text{ cm}^2$. Se as moléculas se deslocam com uma velocidade de 300 m/s e atingem a parede frontalmente em colisões perfeitamente elásticas, qual é a pressão sobre a parede? A massa de uma molécula de N_2 é $4,68 \times 10^{-26}$ kg.

Resposta: ~ 46 kPa

- 10) A velocidade mais provável das moléculas de um gás quando está a uma temperatura T_2 é igual à velocidade média quadrática das moléculas do gás quando está a uma temperatura T_1 . Calcule a razão T_2/T_1 .

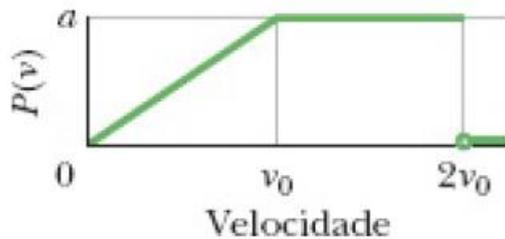
Resposta: $3/2$

- 11) Considere um sistema com 10 partículas que se movem com as velocidades apresentadas na tabela abaixo. N_i representa o número de partículas que possuem velocidade v_i . Determine: a) a velocidade média; b) a velocidade quadrática média (v_{rms}).

N_i	v_i (m/s)
4	200
2	500
4	600

Resposta: a) 420 m/s; b) 458 m/s.

- 12) A figura abaixo mostra a distribuição de velocidades hipotética das N partículas de um gás [note que $P(v) = 0$ para qualquer velocidade $v > 2v_0$]. Qual é o valor de (a) av_0 , (b) $v_{méd}/v_0$ e (c) v_{rms}/v_0 ? (d) Qual é a fração de partículas com uma velocidade entre $1,5v_0$ e $2,0v_0$?



Resposta: a) 0,67; b) 1,2; c) 1,3; d) 0,33