

Lista de Exercícios VII

- ① Uma usina termoelétrica moderna opera com vapor de água superaquecido, a temperaturas da ordem de 500°C , e é resfriada com água de rio, tipicamente a 20°C . Devido a inúmeros tipos de perdas, a eficiência máxima que se consegue atingir na prática é da ordem de 40%. Que fração da eficiência máxima idealmente possível para esses valores isto representa?
- ② Chama-se *coeficiente de desempenho* K de um refrigerador a razão Q_2/W , onde Q_2 é a quantidade de calor removida da fonte fria (congelador) e W o trabalho fornecido pelo compressor, por ciclo de refrigeração.
- (a) Para um refrigerador de Carnot ideal, exprima K em função das temperaturas T_1 e T_2 das fontes quente e fria, respectivamente.
- (b) Exprima K em função da eficiência η da máquina de Carnot obtida operando o refrigerador em sentido inverso.
- (c) Um dado refrigerador doméstico tem coeficiente de desempenho 40% do ideal; o motor do compressor tem 220 W de potência e o congelador é mantido a -13°C . Para uma temperatura ambiente de 27°C , qual é a quantidade de calor removida do congelador, em 15 minutos de funcionamento do motor? Que quantidade de gelo ela permitiria formar, partindo de água a uma temperatura próxima de 0°C ? O calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g .
- ③ O *ciclo de Carnot* abaixo (figura 1) é constituído por duas isotermas às temperaturas T_1 e T_2 (AB e CD) ligadas por duas adiabáticas (BC e AD).

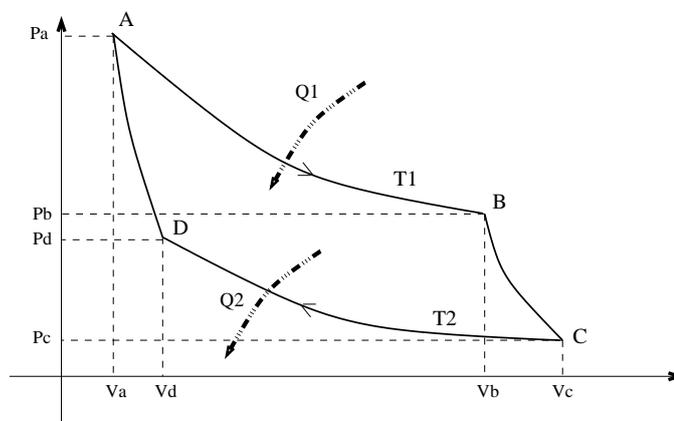


Figura 1

- Calcule ΔU , W , ΔQ em cada processo do ciclo; em seguida, obtenha o resultado destas grandezas num ciclo completo de operação da máquina térmica;
- Mostre a relação $\frac{V_a}{V_b} = \frac{V_d}{V_c}$;
- Mostre a igualdade $W = Q_1 - |Q_2|$ e explique este resultado;
- Mostre que a eficiência de uma máquina de Carnot – dada por $\eta = \frac{W}{Q_1}$ – é $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.

- ④ A figura 2, abaixo, onde AB e CD são adiabáticas, representa o *ciclo de Otto*, esquematização idealizada do que ocorre num motor a gasolina de 4 tempos: AB representa a compressão rápida (adiabática) da mistura de ar com vapor de gasolina, de um volume inicial V_0 para V_0/r ($r \equiv$ taxa de compressão); BC representa o aquecimento a volume constante devido a ignição; CD é a expansão adiabática dos gases aquecidos, movendo o pistão; DA simboliza a queda de pressão associada à exaustão dos gases da combustão. A mistura é tratada como um gás ideal de coeficiente adiabático γ .

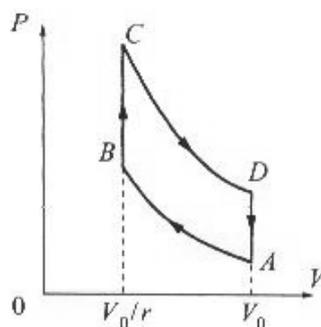


Figura 2

(a) Mostre que o rendimento do ciclo é dado por

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

(b) Calcule η para $\gamma = 1,4$ e $r = 10$.

- ⑤ O *Ciclo Diesel*, representado na figura 3, onde AB e CD são adiabáticas, esquematiza o que ocorre num motor Diesel de 4 tempos. A diferença em relação ao *ciclo de Otto* é que a taxa $r_c = V_0/V_1$ de compressão adiabática é maior, aquecendo mais ar e permitindo que ele inflame o combustível injetado sem necessidade de uma centelha de ignição; isto ocorre a pressão constante, durante o trecho BC ; a taxa de expansão adiabática associada a CD é $r_e = V_0/V_2$.

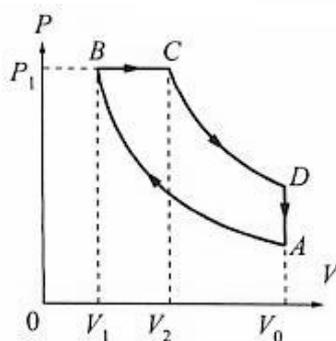


Figura 3

(a) Mostre que o rendimento do *ciclo Diesel* é dado por

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

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

(c) Compare o resultado com o rendimento de um ciclo de Carnot entre as mesmas temperaturas extremas.

- ⑥ O *ciclo de Joule*, representado na figura 4, onde AB e CD são adiabáticas, é uma idealização do que ocorre numa turbina a gás: BC e DA representam respectivamente aquecimento e resfriamento a pressão constante; $r = P_B/P_A$ é a taxa de compressão.

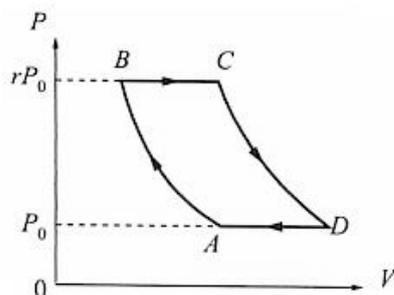


Figura 4

(a) Mostre que o rendimento do *ciclo de Joule* é dado por

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{r}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} .$$

(b) Calcule o rendimento para $r = 10$ e $\gamma = 1,4$.