

Sexta Lista de Exercícios

CF-370 (Termodinâmica)

Ricardo Luiz Viana

Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná

Centro Politécnico - Jardim das Américas - 81531-990 - Curitiba - Paraná - Brasil

M. W. Zemansky, R. H. Dittman, *Heat and Thermodynamics*, 7th. Ed., McGraw-Hill, 1997.

Capítulo VI: A Segunda Lei da Termodinâmica

[6.1] Mostre que a Eficiência Térmica de um motor que segue o *Ciclo Otto* ideal é dada por:

$$\eta = \frac{1}{r_C^{\gamma-1}}$$

Aqui, $r_C = \frac{V_1}{V_2}$ é chamada de *Razão de Compressão*, para motores a gasolina. Na prática, r_C não pode ser maior do que 10, porque, se r_C for muito grande, então o aumento de temperatura após a compressão da mistura ar e gasolina será suficiente para causar a combustão antes da descarga da vela. Este fenômeno, catastrófico para o Ciclo Otto é chamado de *Pré-Ignição*. Assuma que um certo motor a gasolina apresente $r_C = 9$ e a substância de trabalho tenha um $\gamma = 1,3$ então calcule a Eficiência Térmica desse motor. O ciclo Otto está representado na figura (1).

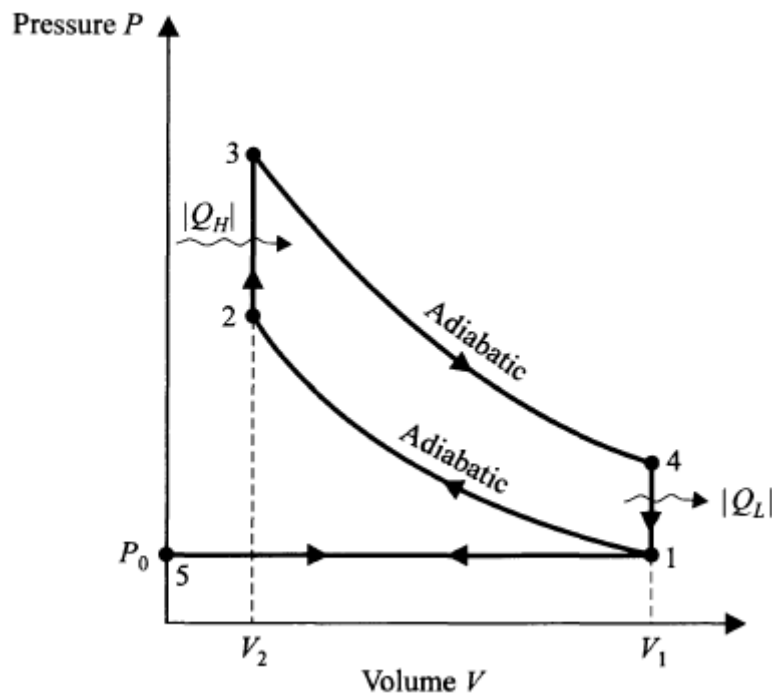


Figura 1: Idealização do Ciclo Otto para um motor a gasolina esquematizado no diagrama PV .

[6.2] Mostre que a Eficiência Térmica de um motor que segue o *Ciclo Diesel* ideal é dada por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left[\frac{\left(\frac{1}{r_E}\right)^\gamma - \left(\frac{1}{r_C}\right)^\gamma}{\left(\frac{1}{r_E}\right) - \left(\frac{1}{r_C}\right)} \right]$$

Aqui, $r_C = \frac{V_1}{V_2}$ é chamada de *Razão de Compressão*, e $r_E = \frac{V_2}{V_3}$ é chamada de *Razão de Expansão* para motores a diesel. A razão de compressão de um motor a diesel é muito maior do que a razão de compressão de um motor a gasolina, já que não há Pré-Ignição, pois só o ar está sendo comprimido. Assuma que um certo motor a diesel apresente $r_C = 20$, $r_E = 5$ e a substância de trabalho tenha um $\gamma = 1,4$ então calcule a Eficiência Térmica desse motor. O Ciclo Diesel está representado na figura (2).

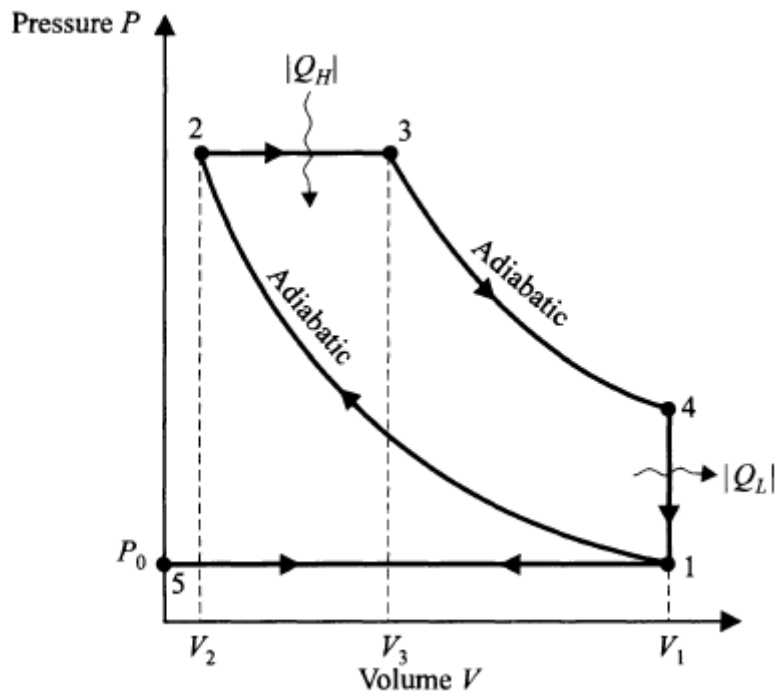


Figura 2: Idealização do Ciclo Diesel para um motor a diesel esquematizado no diagrama PV .

[6.3] A figura (3) representa um diagrama PV simplificado para o *Ciclo de Joule-Brayton* que é um modelo de operação para uma turbina operando com um gás perfeito. Todos os processos são *quasi-estáticos* e C_P é constante. Prove que a Eficiência Térmica de um motor que segue o Ciclo Joule-Brayton é dada por:

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}}$$

[6.4] A figura (4) representa um diagrama PV simplificado para o *Ciclo de Sargent*, um outro modelo de operação para uma turbina operando com um gás perfeito. Todos os processos são *quasi-estáticos* e as capacidades térmicas são constantes. Prove que a Eficiência Térmica de um motor que segue o Ciclo Sargent é dada por:

$$\eta = 1 - \gamma \left(\frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2}\right)$$

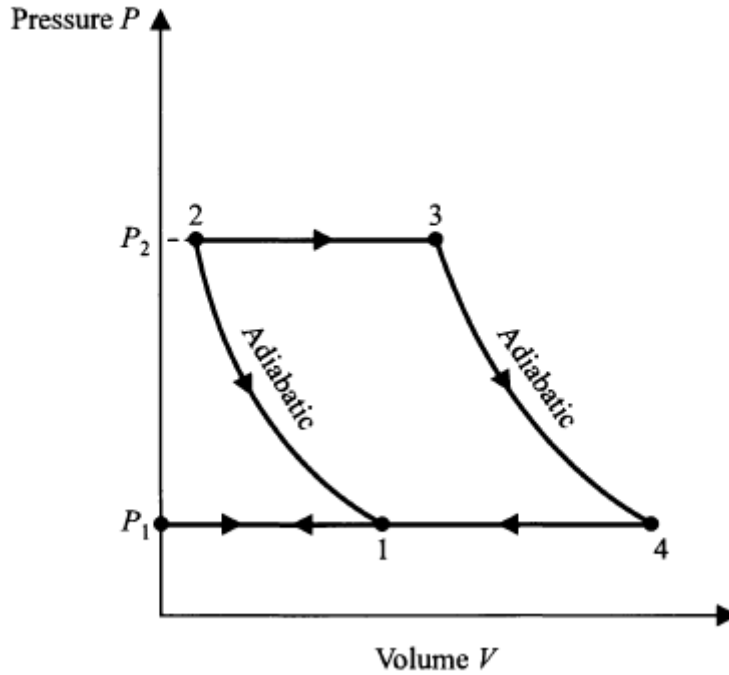


Figura 3: Idealização do Ciclo Joule-Brayton para um gás perfeito esquematizado no diagrama PV .

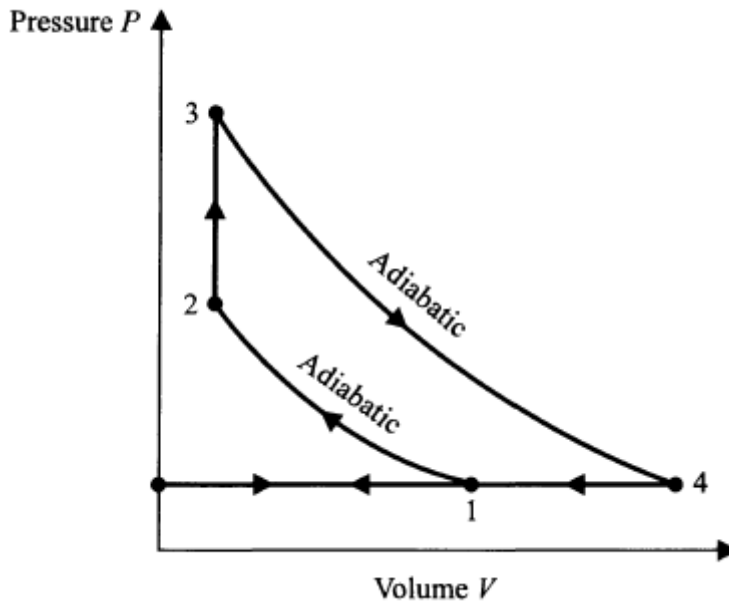


Figura 4: Idealização do Ciclo Sargent para um gás perfeito esquematizado no diagrama PV .

[6.5] A figura (5) representa um diagrama PV simplificado para um *Ciclo Imaginário* aplicado a um gás perfeito. Todos os processos são *quasi-estáticos* e as capacidades térmicas são constantes. Prove que a Eficiência Térmica de um motor que segue este Ciclo Imaginário é dada por:

$$\eta = 1 - \gamma \left(\frac{\frac{V_1}{V_2} - 1}{\frac{P_3}{P_2} - 1} \right)$$

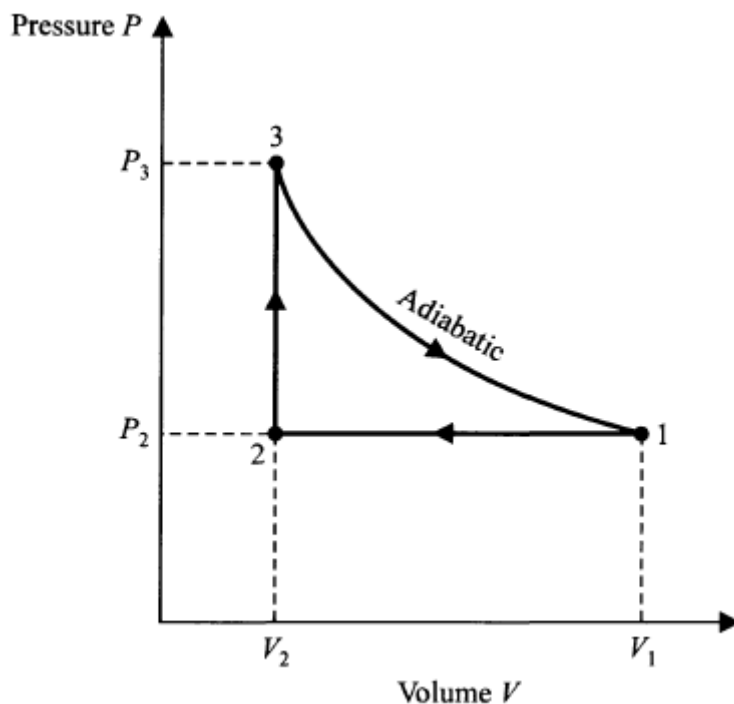


Figura 5: Idealização de um Ciclo Imaginário para um gás perfeito esquematizado no diagrama PV .

- [6.6] Um motor imaginário opera com um dado gás perfeito em ciclo, que forma um retângulo com os lados paralelos aos eixos no diagrama PV . Chame de P_1 a pressão mais baixa e de P_2 a pressão mais alta. Chame de V_1 o volume mais baixo e de V_2 o volume mais alto.
- (a) Calcule o trabalho realizado em um ciclo.
- (b) Desenhe o ciclo no diagrama PV e indique, no seu desenho, as partes do ciclo que envolvem Fluxo de Calor no gás, e calcule quanto calor flui no gás em um ciclo completo. (Assuma que as capacidades térmicas sejam constantes).
- (c) Mostre que a Eficiência Térmica desse ciclo é dada por:

$$\eta = \frac{\gamma - 1}{\frac{\gamma P_2}{P_2 - P_1} + \frac{V_1}{V_2 - V_1}}$$

- [6.7] Um vasilhame contém 10^{-3} m^3 de gás Hélio a 3 K e a pressão de 10^3 Pa . Assuma que, nessas condições, a Energia Interna do Hélio seja ZERO. Assuma também que o Hélio é um gás perfeito monoatômico ($\gamma = \frac{5}{3}$).
- (a) A temperatura é aumentada isocoricamente até 300K. Quanto calor é absorvido e qual é a Energia Interna do Hélio, sob estas condições? O resultado desse aumento na Energia Interna é devido ao aquecimento ou trabalho.
- (b) O Hélio é expandido adiabaticamente até que a temperatura seja 3K. Quanto trabalho é realizado, e qual é a nova Energia Interna? Todo o calor foi convertido em trabalho sem nenhuma compensação, violando assim a Segunda Lei da Termodinâmica?
- (c) O Hélio é agora comprimido isotermicamente até o seu volume original de 10^{-3} m^3 . Quais são as quantidades de calor e trabalho envolvidas neste processo? Qual é a Eficiência Térmica desse ciclo? Esboce-o num diagrama PV .