



INSTITUTO DE FÍSICA
Universidade Federal Fluminense

Curso de Termodinâmica-GFI 04116

2^o semestre de 2010 2^a série de Exercícios

Prof. Jürgen Stilck

1. Considere um gás ideal passando pelos processos quase-estáticos descritos abaixo. Determine o trabalho realizado, o calor recebido, a variação da energia interna e a variação da entropia.
 - a) Expansão isotérmica a uma temperatura T , passando o volume de V_1 para V_2 .
 - b) Expansão adiabática a partir de um estado descrito por (V_1, p_1) , passando o volume para V_2 .
 - c) Expansão isobárica a uma pressão p , passando o volume de V_1 para V_2 .
 - d) Compressão isocórica a um volume V , passando a pressão de p_1 para p_2 .
2. Um gás ideal passa de um estado inicial A (V_0, p_0) para um estado final B $(2V_0, 2p_0)$ através de dois processos:
 - a) Expansão isotérmica até um ponto C, seguida de uma compressão isocórica.
 - b) Compressão isotérmica até um ponto D, seguida de uma expansão isobárica.

Ache o volume e a pressão correspondentes aos pontos C e D. Para cada processo, calcule o trabalho realizado, o calor absorvido e as variações de energia interna e de entropia.

3. Um gás ideal passa por um ciclo de Carnot, entre os estados A, B, C e D. O processo AB é uma expansão isotérmica a temperatura T_1 . O processo BC é uma expansão adiabática. O processo CD é uma compressão isotérmica a temperatura $T_2 < T_1$. O processo DA é uma compressão adiabática.

a) Mostre que os volumes e pressões nos quatro estados satisfazem as equações:

$$\frac{V_C}{V_D} = \frac{V_B}{V_A}$$

e

$$\frac{p_C}{p_D} = \frac{p_B}{p_A}.$$

b) Calcule o trabalho realizado e o calor recebido pelo gás em cada trecho do ciclo.

c) Mostre a partir dos seus resultados que o rendimento do ciclo é dado por $\eta = 1 - T_2/T_1$.

4. Um gás ideal no passa por um ciclo de Brayton-Joule, composto por duas adiabáticas e duas isobáricas.

a) Esboce o ciclo no diagrama de Clapeyron (V, p).

b) Determine o rendimento do ciclo.

5. O ciclo de Diesel é composto de uma expansão isobárica $A \rightarrow B$, uma expansão adiabática $B \rightarrow C$, um resfriamento isocórico $C \rightarrow D$ e uma compressão adiabática $D \rightarrow A$. Suponha que o gás que realiza o ciclo seja ideal e monoatômico.

a) Esboce o ciclo no diagrama de Clapeyron (V, p).

b) Esboce o ciclo no diagrama (S, T).

c) Determine o calor recebido e o trabalho realizado pelo gás em cada um dos quatro processos. Exprima o seu resultado em termos de V_A, V_B, V_C, p_A, p_C e p_D .

d) Determine o rendimento do ciclo em termos das mesmas variáveis do item anterior.

e) Quantas das variáveis utilizadas nas respostas dos itens c) e d) são independentes? Justifique as suas respostas.

6. Um gás ideal passa por um ciclo ABCA composto por um aquecimento isocórico AB, uma expansão adiabática BC e uma compressão isobárica CA.
- Represente o processo no diagrama de Clapeyron (V, p).
 - Represente o processo no diagrama (S, T).
 - Mostre que $T_C^\gamma = T_B T_A^{(\gamma-1)}$.
 - Determine o calor recebido, o trabalho realizado e as variações de energia interna e de entropia em cada processo do ciclo, bem como a eficiência do mesmo. Dê as suas respostas em termos das temperaturas dos estados A, B e C.
7. A energia interna de N moles de um gás é dada por:

$$U(p, V) = \frac{3}{2}pV - A\frac{N^2}{V},$$

onde A é uma constante. O gás passa por um processo quase-estático de um estado inicial (V_1, p_1) para um estado final (V_2, p_2) .

- Qual deve ser a unidade da constante A ?
 - Calcule o trabalho realizado pelo gás se o processo for adiabático. Dê a sua resposta em função de V_1, p_1, V_2 e p_2 .
 - Determine o calor fornecido ao gás caso o processo seja isocórico. Dê a sua resposta em função de V_1, p_1 e p_2 .
 - O gás passa por um processo no qual sua energia interna permanece constante. Obtenha p_2 como função de V_1, p_1 e V_2 .
 - Determine o trabalho realizado e o calor fornecido no processo anterior em função das mesmas variáveis.
8. Um gás ideal, inicialmente ocupando um volume V_0 a uma pressão p_0 , realiza uma expansão livre e adiabática até ocupar um volume $3V_0$.
- Quais são a pressão p_1 e a temperatura T_1 do gás após a expansão livre?
- Em seguida, o gás é comprimido de forma lenta e adiabática de volta ao seu volume inicial. Verifica-se que a sua pressão passa a $p_2 = 3^{2/5}p_0$.
- O gás em questão é monoatômico ou diatômico? Justifique a sua resposta.
 - Qual foi o trabalho realizado pelo gás neste processo?

9. Um gás ideal realiza uma expansão livre e adiabática, passando do volume V_0 ao volume $2V_0$. Determine a variação de entropia nesse processo. Discuta o seu resultado, considerando que o gás não troca calor no processo.
10. Considere um segmento de reta no diagrama de Clapeyron, que passa pelo ponto A (V_A, p_A) e cuja inclinação é $-\alpha < 0$. Suponha que um gás realize uma expansão ao longo desse segmento, partindo do ponto A.
- Determine o calor Q recebido pelo gás como função do seu volume V .
 - Esboce o gráfico Q versus V , indicando os trechos em que o calor recebido cresce e decresce com V .
 - Repita os dois itens anteriores para a entropia S do gás.
11. No diagrama de Clapeyron dois estados A e B ($V_A < V_B$) encontram-se sobre a mesma adiabática. Considere o segmento de reta que une os dois estados. Um gás ideal passa por um ciclo formado pelo processo linear e pela adiabática. Inicialmente, ele se expande de A para B seguindo o processo linear, sendo depois comprimido lenta e adiabaticamente de volta ao ponto A.
- Calcule o calor recebido Q_1 e o calor cedido Q_2 pelo gás no ciclo.
 - Determine a eficiência de uma máquina térmica que opera segundo esse ciclo.
12. (*) Demonstre que a eficiência de uma máquina térmica que opera entre as temperaturas T_1 e T_2 ($T_1 > T_2$) num processo cíclico quase estático *qualquer* é sempre menor ou igual que a de outra máquina que opere entre as mesmas temperaturas num ciclo de Carnot. T_1 e T_2 devem ser entendidas como as temperaturas máxima e mínima atingidas pela substância no ciclo, respectivamente. *Sugestão*: Esboce o ciclo no diagrama (S, T) e o compare com o ciclo de Carnot. Lembre-se que nesse diagrama o calor recebido num processo é a área sob a sua trajetória.
13. Descreva a operação de um refrigerador que segue um ciclo de Carnot. Dê uma representação gráfica de seu coeficiente de desempenho no diagrama (T, S) .