



**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS**

Disciplina: Física II

Prof. Dra. Denize Kalempa

Lista de exercícios: Temperatura, calor e primeira lei da Termodinâmica

1. Dois copos cheios de água, A e B, estão inicialmente à mesma temperatura. A temperatura da água no copo A aumentou em 10°F , e a temperatura da água no copo B diminuiu em 10 K . Após essas variações de temperatura, qual dos copos de água apresenta a temperatura mais alta? Justifique.
2. Calcule a única temperatura em que as escalas de Fahrenheit e Celsius coincidem.
3. Uma chaleira de alumínio com massa igual a $1,50\text{ kg}$ e contendo $1,80\text{ kg}$ de água é colocada para esquentar em um fogão. Supondo que não haja nenhuma perda de calor para o ambiente, qual é a quantidade de calor que deve ser adicionada para elevar a temperatura de 20°C até 85°C .
4. A temperatura de um prego aumenta quando é cravado em uma placa. Supondo que 60% da energia cinética fornecida por um martelo de $1,80\text{ kg}$ com velocidade de $7,80\text{ m/s}$ seja transformada em calor para aquecer o prego, qual seria o aumento da temperatura de um prego de $8,0\text{ g}$ de alumínio depois que ele recebesse dez batidas?
5. Um lingote de prata de $4,0\text{ kg}$ é retirado de um forno com temperatura igual a 750°C e colocado sobre um grande bloco de gelo a 0°C . Supondo que todo o calor liberado pelo lingote de prata seja usado para fundir o gelo, qual é a quantidade de gelo que deve ser fundida?
6. Em uma escala linear de temperatura X, a água evapora a $-53,5^{\circ}\text{X}$ e congela a -170°X . Quanto vale a temperatura de 340 K na escala X?
7. Determine a variação de volume de uma esfera de alumínio com raio inicial de 10 cm quando a esfera é aquecida de 0°C para 100°C .
8. Uma barra feita de uma liga de alumínio tem um comprimento de 10 cm a 20°C e um comprimento de $10,015\text{ cm}$ no ponto de ebulição da água. (a) Qual é o comprimento da barra no ponto de congelamento da água? (b) Qual é a temperatura para a qual o comprimento da barra é $10,009\text{ cm}$?
9. Um tubo de vidro vertical de comprimento $L=1,28\text{ m}$ está cheio até a metade com um líquido a 20°C . De quanto a altura do líquido no tubo varia quando o tubo é aquecido para 30°C ? Suponha que $\alpha_{\text{vidro}}=1 \times 10^{-5}/\text{K}$ e $\beta_{\text{liquido}}=4 \times 10^{-5}/\text{K}$.
10. Calcule a menor quantidade de energia, em Joules, necessária para fundir 130 g de prata inicialmente a 15°C .
11. Um pequeno aquecedor elétrico de imersão é usado para esquentar 100 g de água, com o objetivo de preparar uma xícara de café solúvel. Trata-se de um aquecedor de 200 W . Calcule o tempo necessário para aquecer a água de 23°C para 100°C , desprezando as perdas de calor.

12. Uma garrafa térmica contém 130 cm^3 de café a 80°C . Um cubo de gelo de 12 g à temperatura de fusão é usado para esfriar o café. De quantos graus o café esfria depois que todo o gelo derrete e o equilíbrio térmico é atingido? Trate o café como se fosse água pura e despreze as trocas de energia com o ambiente.

13. Como resultado de um aumento de temperatura de 32°C , uma barra com uma rachadura no centro dobra para cima, conforme ilustrado na Figura 1. Se a distância fixa L_0 é $3,77 \text{ m}$ e o coeficiente de dilatação linear da barra é $25 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, determine a altura x do centro da barra.

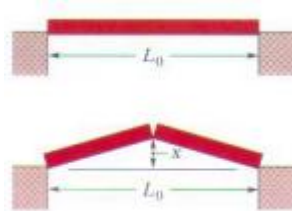


Figura 1: Barra com rachadura

14. Duas amostras, A e B, estão a diferentes temperaturas quando são colocadas em contato em um recipiente termicamente isolado até entrarem em equilíbrio térmico. A Figura 2(a) mostra as temperaturas T das duas amostras em função do tempo t . A amostra A tem uma massa de 5 kg ; a amostra B tem uma massa de $1,5 \text{ kg}$. A Figura 2(b) é um gráfico do material da amostra B que indica a variação de temperatura ΔT que o material sofre quando recebe uma energia Q na forma de calor. A variação ΔT está plotada em função da energia Q por unidade de massa do material, e a escala vertical é definida por $\Delta T_S = 4,0^\circ\text{C}$. Qual é o calor específico da amostra B?

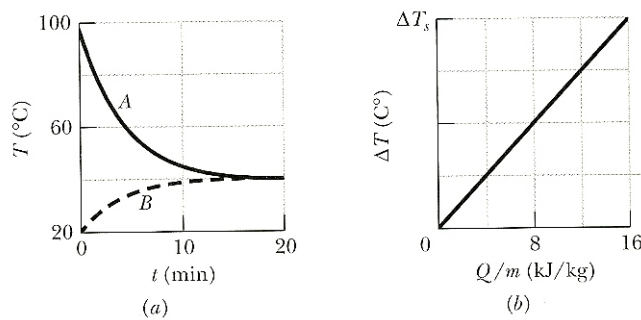


Figura 2: Amostras A e B

15. Um trabalho de 200 J é realizado sobre um sistema, e uma quantidade de calor de 70 cal é removida do sistema. Qual é o valor (incluindo o sinal) (a) de W , (b) de Q e (c) de ΔE_{int} ?

16. Uma barra cilíndrica de cobre de $1,2 \text{ m}$ de comprimento e $4,8 \text{ cm}^2$ de seção reta é bem isolado e não perde energia através da superfície. A diferença de temperatura entre as extremidades é 100°C , já que uma está imersa em uma mistura de água e gelo e outra em uma mistura de água e vapor. (a) Com que taxa a energia é conduzida pela barra? (b) Com que taxa o gelo derrete na extremidade fria?

17. Uma mostra de $0,4 \text{ kg}$ é colocada em um sistema de resfriamento que remove calor a uma taxa constante. A Figura 3 indica a temperatura T da amostra em função do tempo t ; a escala do eixo horizontal é definida por $t_S = 80 \text{ min}$. A amostra congela durante o processo. O calor específico da

amostra no estado líquido inicial é $3000 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$. Determine (a) o calor de fusão da amostra e (b) o calor específico na fase sólida.

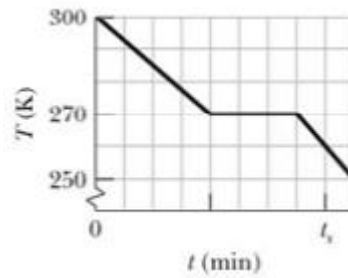


Figura 3: Temperatura vs tempo

18. Um gás em uma câmara fechada passa pelo ciclo mostrado no diagrama P-V da Figura 4. A escala do eixo horizontal é definida por $V_S=4,0 \text{ m}^3$. Calcule a energia líquida adicionada ao sistema em forma de calor durante um ciclo completo.

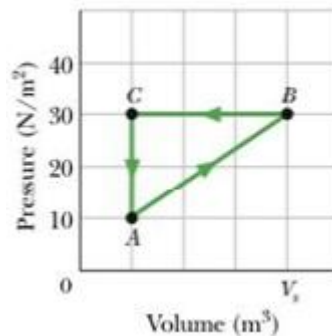


Figura 4: Ciclo

19. Na Figura 5(a), duas barras retangulares iguais de metal são soldadas nas extremidades e mantidas a uma temperatura $T_1=0^\circ\text{C}$ do lado esquerdo e uma temperatura $T_2=100^\circ\text{C}$ do lado direito. Em $2,0 \text{ min}$, 10 J são conduzidos a uma taxa constante do lado direito para o lado esquerdo. Que tempo seria necessário para conduzir 10 J se as placas fossem soldadas lado a lado como mostra a Figura 5(b)?

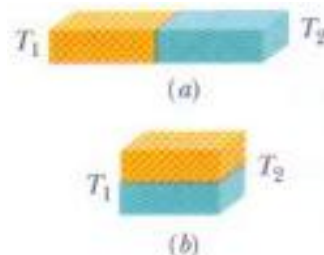


Figura 5: Barras de metal

20. (a) Qual é a taxa de perda de energia, em W/m^2 , através de uma janela de vidro de $3,0 \text{ mm}$ de espessura se a temperatura externa é -20°F e a temperatura interna é 72°F ? (b) Uma janela para tempestades, feita com a mesma espessura de vidro, é instalada do lado de fora da primeira, com um espaço de $7,5$

cm entre as duas janelas. Qual é a nova taxa de perda de energia se a condução é o único mecanismo importante de perda de energia?

21. Uma camada de gelo de 5 cm de espessura se formou na superfície de uma caixa d'água em um dia frio de inverno, conforme ilustrado na Figura 6. O ar acima do gelo está a -10°C . Calcule a taxa de formação da placa de gelo em cm /h. Suponha que a condutividade térmica no gelo é $0,0040 \text{ cal/s}\cdot\text{cm}\cdot\text{C}^{\circ}$ e que a massa específica é $0,92 \text{ g/cm}^3$. Suponha também que a transferência de energia através das paredes e do fundo do tanque pode ser desprezada.



Figura 6: Caixa d'água com camada de gelo

22. Uma esfera oca de alumínio tem raio interno 10 cm e raio externo 12 cm a 15°C . O coeficiente de dilatação linear do alumínio é $2,3 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$. De quantos cm^3 varia o volume da cavidade interna quando a temperatura sobe para 40°C ? O volume da cavidade aumenta ou diminui?

23. Uma barra retilínea é formada por uma parte de latão soldada em outra de aço. A 20°C , o comprimento total da barra é de 30 cm, dos quais 20 cm de latão e 10 cm de aço. Os coeficientes de dilatação linear são $1,9 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ para o latão e $1,1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ para o aço. Qual é o coeficiente de dilatação linear da barra?

24. Num relógio de pêndulo, o pêndulo é uma barra metálica, projetada para que o seu período de oscilação seja igual a 1 segundo. Verifica-se que, no inverno, quando a temperatura média é de 10°C , o relógio adianta, em média 55 segundos por semana; no verão, quando a temperatura média é de 30°C , o relógio atrasa, em média 1 minuto por semana. (a) Calcule o coeficiente de dilatação linear do metal do pêndulo. (b) A que temperatura o relógio funcionaria com precisão?

25. Um tubo cilíndrico delgado de seção uniforme, feito de um material de coeficiente de dilatação linear α contém um líquido de coeficiente de dilatação volumétrica β . À temperatura T_0 , a altura da coluna líquida é h_0 . (a) Qual é a variação Δh de altura da coluna quando a temperatura sobe em 1°C ? (b) Se o tubo é de vidro ($\alpha=9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) e o líquido é mercúrio ($\beta = 1,8 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$), mostre que este sistema não constitui um bom termômetro, do ponto de vista prático, calculando Δh para $h_0=10 \text{ cm}$.

26. Para construir um termômetro de leitura fácil, do ponto de vista prático, acopla-se um tubo capilar de vidro a um reservatório numa extremidade do tubo. Suponha que, à temperatura T_0 , o mercúrio está todo contido no reservatório, de volume V_0 , e o diâmetro do capilar é d_0 , conforme ilustrado no Figura 7. (a) Calcule a altura h do mercúrio no capilar a uma temperatura $T > T_0$. (b) Para um volume do reservatório $V_0=0,2 \text{ cm}^3$, calcule qual deve ser o diâmetro do capilar em mm para que a coluna de mercúrio suba de 1

cm quando a temperatura aumenta de 1°C . Considere $\alpha=9\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ para o vidro e $\beta=1,8\times 10^{-4}/^\circ\text{C}$ para o mercúrio.

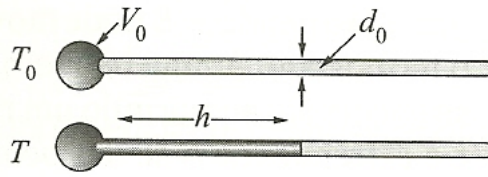


Figura 7: Termômetro de mercúrio

27. Um reservatório cilíndrico de aço contém mercúrio, sobre o qual flutua um bloco cilíndrico de latão. À temperatura de 20°C , o nível do mercúrio no reservatório está a uma altura $h_0=0,5$ m em relação ao fundo e a altura a_0 do cilindro de latão é de 0,3 m, conforme ilustrado na Figura 8. A essa temperatura, a densidade do latão é $8,60\text{ g/cm}^3$ e a densidade do mercúrio é de $13,55\text{ g/cm}^3$. (a) Ache a que altura H_0 está o topo do bloco de latão em relação ao fundo do reservatório a 20°C . (b) O coeficiente de dilatação linear do aço é $1,1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$; o do latão é $1,9\times 10^{-5}/^\circ\text{C}$, e o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio é $1,8\times 10^{-4}/^\circ\text{C}$. Calcule a variação ΔH da altura H_0 (em mm) quando a temperatura aumenta para 80°C .

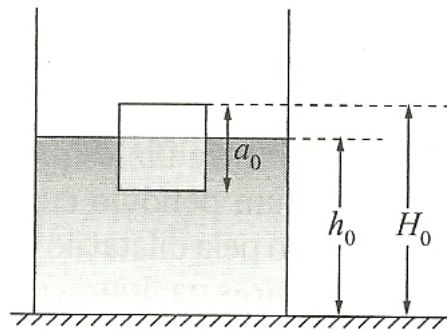


Figura 8: Bloco flutuando em mercúrio



**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS**

Disciplina: Física II
Prof. Dra. Denize Kalempa
Lista de exercícios: Gases ideais

1. Um tanque de 20 litros contém 0,225 kg de hélio a 18°C. A massa molar do hélio é 4,0 g/mol. (a) Quantos moles de hélio existem no tanque? (b) Calcule a pressão no tanque.
2. Um tanque cilíndrico possui um pistão bem ajustado que permite alterar o volume do cilindro. O tanque inicialmente contém 0,110 m³ de ar a uma pressão de 3,4 atm. O pistão é lentamente puxado para fora até que o volume do gás aumente para 0,390 m³. Sabendo que a temperatura permanece constante, qual é a pressão final?
3. Um grande tanque cilíndrico contém 0,750 m³ de gás nitrogênio a 27°C e uma pressão de $1,50 \times 10^5$ Pa (pressão absoluta). O tanque possui um pistão bem ajustado que pode fazer o volume variar. Qual é o valor da pressão quando o volume diminui para 0,480 m³ e a temperatura aumenta para 157°C?
4. O volume total dos pulmões de uma pessoa é 6 litros. Uma pessoa enche os pulmões com uma pressão absoluta de 1 atm. A seguir, retendo a respiração, o volume dos pulmões é reduzido para 5,70 litros. Qual é então a pressão do ar nos pulmões dessa pessoa? Suponha que a temperatura do ar permaneceu constante.
5. Calcule a variação de pressão atmosférica com a altura na atmosfera terrestre, supondo que a temperatura permaneça igual a 0°C em todas as altitudes. Despreze a variação de g com a altura.
6. A uma altitude de 11000 m (uma altura típica para as viagens de aviões a jato), a temperatura do ar é -56,5°C e a densidade do ar é 0,364 kg/m³. Qual é a pressão da atmosfera nessa altitude? (Note que a temperatura nessa altitude não é a mesma que a da superfície da Terra, de modo que os cálculos feitos no exercício anterior não se aplicam.)
7. (a) Qual é o calor necessário para fazer a temperatura de 2,50 moles de um gás ideal diatômico aumentar de 30 K nas vizinhanças da temperatura ambiente se o gás for mantido com um volume constante? (b) Qual seria a resposta do item (a) se o gás fosse monoatômico e não diatômico?
8. (a) Calcule o calor específico a volume constante do gás nitrogênio (N_2) e compare com o calor específico da água líquida. A massa molar do N_2 é 28,0 g/mol. (b) Você aquece 1 kg de água a volume constante de 1 litro de 20°C até 30°C em uma chaleira. Usando-se a mesma quantidade de calor, quantos quilogramas de ar a 20°C você poderia aquecer de 20°C até 30°C? Que volume (em litros) esse ar ocuparia a 20°C e uma pressão de 1,0 atm?
9. Você coloca uma pedra de gelo a 0°C em um recipiente com água a 0°C no interior de uma caixa de vidro e fecha a tampa. A seguir, todo o ar é retirado do interior da caixa. Se o gelo, a água e o recipiente são todos mantidos à temperatura de 0°C, descreva o estado de equilíbrio final da caixa.

10. Um cilindro com 1 m de altura e diâmetro interno de 0,120 m armazena propano (massa molar igual a 44,1 g/mol) para ser usado em um churrasco. O cilindro é inicialmente cheio de gás até que a pressão manométrica seja de $1,30 \times 10^6$ Pa e a temperatura seja igual a 22°C . A temperatura do gás permanece constante a medida que ele é parcialmente retirado do tanque, até que a pressão manométrica final seja igual a $2,50 \times 10^5$ Pa. Calcule a massa do propano que foi consumido.

11. O volume do pneu de um automóvel é $0,0150 \text{ m}^3$ em um dia frio, quando a temperatura do ar no interior do pneu é 5°C e a pressão atmosférica é 1,02 atm. Nessas condições, verifica-se que a pressão manométrica do pneu é 1,70 atm. Depois do carro andar por uma estrada durante 30 minutos, a temperatura do ar nos pneus sobe para 45°C e o volume passa a ser $0,0159 \text{ m}^3$. Qual é a nova pressão manométrica do pneu?

12. Na troposfera, a parte superior da atmosfera compreendida entre a superfície terrestre e uma altitude de 11 km, a temperatura não é uniforme, mas diminui com o aumento da altitude. (a) Mostre que, se a variação de temperatura for aproximada pela expressão linear

$$T = T_0 - \alpha y,$$

onde T_0 é a superfície na superfície da Terra e T é a temperatura a uma altitude y , a pressão P a uma altitude y é dada por

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{Mg}{R\alpha} \ln \left(\frac{T_0 - \alpha y}{T_0} \right),$$

onde P_0 é a pressão na superfície terrestre e M é a massa molar do ar. O coeficiente α é chamado de taxa de diminuição da temperatura. Essa taxa varia com as condições atmosféricas, mas um valor médio para ela seria de aproximadamente $0,6 \text{ K}/100 \text{ m}$. (b) Mostre que o resultado anterior se reduz ao obtido no exercício 5 no limite quando $\alpha \rightarrow 0$. (c) Supondo $\alpha=0,6^\circ\text{C}/100 \text{ m}$, calcule P para $y=8863 \text{ m}$ e compare sua resposta com o resultado do exercício 5. Considere $T_0=288 \text{ K}$ e $P_0=1 \text{ atm}$.



ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS

Disciplina: Física II
Prof. Dra. Denize Kalempa
Lista de exercícios: Gases ideais (II)

1. Suponha que 0,825 mol de um gás ideal sofre uma expansão isotérmica quando uma energia Q é acrescentada ao gás na forma de calor. Se a Figura 1 mostra o volume final V_f em função de Q , qual é a temperatura do gás? A escala do eixo vertical é definida por $V_b=0,30 \text{ m}^3$ e a escala do eixo horizontal é definida por $Q_s=1200 \text{ J}$.

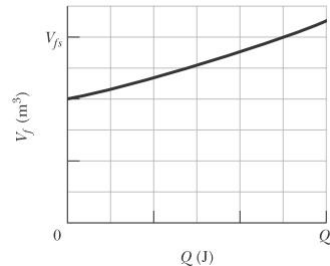


Figura 1: Volume em função da quantidade de calor

2. O ar que inicialmente ocupa $0,140 \text{ m}^3$ à pressão manométrica de $103,0 \text{ kPa}$ se expande isotermicamente para uma pressão de $101,3 \text{ kPa}$ e em seguida é resfriado à pressão constante até atingir o volume inicial. Calcule o trabalho realizado pelo ar. Lembre-se que a pressão manométrica é a diferença entre a pressão real e a pressão atmosférica.

3. Uma amostra de um gás é submetida ao processo cíclico $abca$ mostrado na Figura 2. A escala do eixo vertical é definida por $p_b=7,5 \text{ kPa}$ e $p_{ac}=2,5 \text{ kPa}$. No ponto a , $T=200 \text{ K}$. (a) Quantos moles do gás estão presentes na amostra? Quais são (b) a temperatura do gás no ponto b , (c) a temperatura do gás no ponto c e (d) a energia líquida adicionada ao gás em forma de calor durante o ciclo?

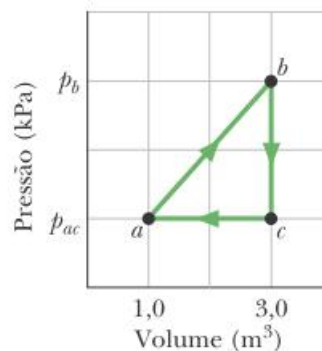


Figura 2: Processo cíclico

4. O recipiente A da Figura 3 contém um gás ideal à pressão de $5,0 \times 10^5$ Pa e à temperatura de 300 K. Ele está ligado por um tubo fino (e uma válvula fechada) a um recipiente B, cujo volume é quatro vezes maior que o de A. O recipiente B contém o mesmo gás ideal à pressão de $1,0 \times 10^5$ Pa e à temperatura de 400 K. A válvula é aberta para que as pressões se igualem, mas a temperatura de cada recipiente é mantida. Qual é a nova pressão nos dois recipientes?

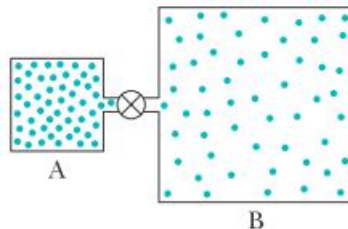


Figura 3: Recipientes contendo um gás ideal

5. Um feixe de moléculas de hidrogênio (H_2) está direcionado para uma parede, fazendo um ângulo de 55° com a normal à parede. As moléculas do feixe têm uma velocidade de 1,0 km/s e uma massa de $3,3 \times 10^{-24}$ kg. O feixe atinge a parede em uma área de $2,0 \text{ cm}^2$, a uma taxa de 10^{23} moléculas por segundo. Qual é a pressão do feixe sobre a parede?

6. A água a céu aberto a 32°C evapora por causa do escape de algumas de suas moléculas da superfície. O calor de vaporização (539 cal/g) é aproximadamente igual a ϵn , onde ϵ é a energia média das moléculas que escapam e n é o número de moléculas por grama. (a) Determine ϵ . (b) Qual é a razão entre ϵ e a energia cinética média das moléculas de H_2O , supondo que esta última está relacionada à temperatura da mesma forma que nos gases?

7. A velocidade de 22 partículas são mostradas na Tabela 1 (N_i representa o número de partículas que possuem velocidade v_i). Determine (a) a velocidade média, (b) a velocidade média quadrática, (c) a velocidade mais provável das partículas.

N_i	2	4	6	8	2
v_i (cm/s)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

8. Dois recipientes estão à mesma temperatura. O primeiro contém gás à pressão p_1 , de massa molecular m_1 e velocidade média quadrática v_{rms1} . O segundo contém gás à pressão $2,0p_1$, massa molecular m_2 e velocidade média $v_{med2}=2,0v_{rms1}$. Determine a razão m_1/m_2 .

9. A temperatura de 3 moles de um gás diatômico ideal é aumentada de 40°C sem mudar a pressão do gás. As moléculas do gás giram, mas não oscilam. (a) Qual é a energia transferida para o gás na forma de calor? (b) Qual é a variação de energia interna do gás? (c) Qual é o trabalho realizado pelo gás? (d) Qual é o aumento da energia cinética da rotação do gás?

10. Quando 1 mol de gás oxigênio (O_2) é aquecido à pressão constante a partir de 0°C , quanta energia deve ser adicionada ao gás como calor para dobrar o seu volume? (As moléculas giram, mas não oscilam).

11. A Figura 4 mostra a distribuição de probabilidade da velocidade das moléculas de uma amostra de nitrogênio. A escala do eixo horizontal é definida por $v_s=1200 \text{ m/s}$. Determine (a) a temperatura do gás e (b) a velocidade média quadrática das moléculas.

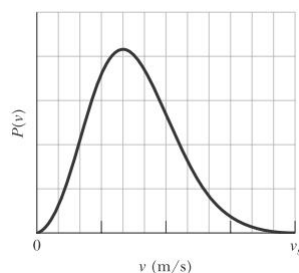


Figura 4: Função de distribuição de velocidades

12. Um mol de um gás ideal diatômico vai de a a c ao longo da trajetória diagonal mostrada na Figura 5. A escala do eixo vertical é definida por $p_{ab}=5,0$ kPa e $p_c=2,0$ kPa, e a escala do eixo horizontal é definida por $V_{bc}=4,0$ m³ e $V_a=2,0$ m³. Durante a transição (a) qual é a variação de energia interna do gás e (b) qual é a energia adicionada ao gás na forma de calor? (c) Que calor é necessário para que o gás vá de a a c ao longo da trajetória indireta abc ?

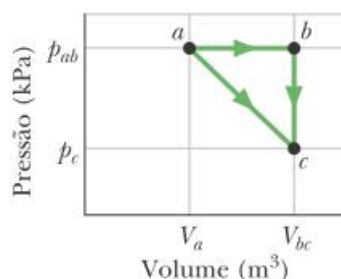


Figura 5: Diagrama p-V

13. Suponha que 12 g de gás oxigênio (O₂) são aquecidos de 25°C a 125°C à pressão atmosférica constante. (a) Quantos moles de oxigênio estão presentes? (b) Quanta energia é transferida para o oxigênio como calor? (As moléculas giram, mas não oscilam.) (c) Que fração do calor é usada para aumentar a energia interna do oxigênio?

14. Um certo gás ocupa um volume de 4,3 L a uma pressão de 1,2 atm e uma temperatura de 310 K. Ele é comprimido adiabaticamente para um volume de 0,76 L. Determine (a) a pressão final e (b) a temperatura final, supondo que o gás é ideal e que $\gamma=1,4$.

15. O volume de um gás ideal é reduzido adiabaticamente de 200 L para 74,3 L. A pressão e o volume iniciais são 1,20 atm e 0,200 m³. A pressão final é 2,40 atm. Qual é o trabalho realizado pelo gás?

16. Um gás ideal monoatômico tem inicialmente uma temperatura de 330 K e uma pressão de 6,00 atm. Ele se expande do volume de 500 cm³ para o volume de 1500 cm³. Determina (a) a pressão final e (b) o trabalho realizado pelo gás se a expansão é isotérmica. Determine (c) a pressão final e (d) o trabalho realizado pelo gás se a expansão é adiabática.

17. Um gás ideal, a uma temperatura inicial T_1 e com um volume inicial de 2,0 m³, sofre uma expansão adiabática para um volume de 4,0 m³, depois uma expansão isotérmica para um volume de 10 m³ e, finalmente, uma compressão adiabática de volta para T_1 . Qual é o volume final?

18. A Figura 6 mostra duas trajetórias que podem ser seguidas por um gás de um ponto inicial i até um ponto final f . A trajetória 1 consiste em uma expansão isotérmica (o módulo do trabalho é 50 J), uma

expansão adiabática (o módulo do trabalho é 40 J), uma compressão isotérmica (o módulo do trabalho é 30 J) e uma compressão adiabática (o módulo do trabalho é 25 J). Qual é a variação da energia interna do gás se ele vai do ponto i para o ponto f seguindo a trajetória 2?

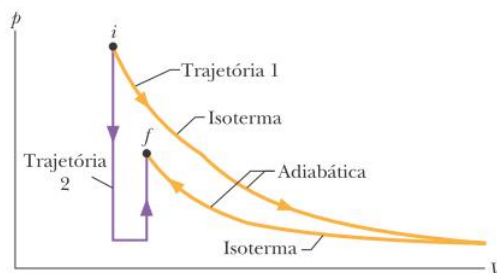


Figura 6: Diagrama p-V

19. A Figura 7 mostra um ciclo composto de cinco trajetórias: AB é isotérmica a 300 K, BC é adiabática com um trabalho de 5,0 J, CD é uma pressão constante de 5 atm, DE é isotérmica e EA é adiabática com uma variação de energia interna de 8,0 J. Qual é a variação da energia interna do gás ao longo da trajetória CD?

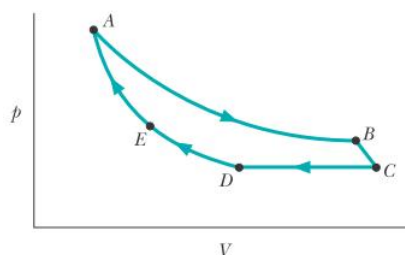


Figura 7: Diagrama p-V

20. *Abrindo uma garrafa de champanha.* Em uma garrafa de champanha, o bolsão de gás (dióxido de carbono, principalmente) que fica entre o líquido e a rolha está a uma pressão $p_i=5,00$ atm. Quando a rolha é removida da garrafa, o gás sofre uma expansão adiabática até que sua pressão se torne igual à pressão ambiente, 1,00 atm. Suponha que a razão entre os calores específicos molares é $\gamma=4/3$. Se a temperatura inicial do gás é $T_i=5,00^\circ\text{C}$, qual é a sua temperatura no final da expansão adiabática?

21. Um tanque de aço contém 300 g de amônia (NH_3) a uma pressão de $1,35 \times 10^6$ Pa e uma temperatura de 77°C . (a) Qual é o volume do tanque em litros? (b) Mais tarde, a temperatura é 22°C e a pressão é $8,7 \times 10^5$ Pa. Quantas gramas do gás vazaram do tanque?

22. A velocidade mais provável das moléculas de um gás quando ele está a uma temperatura (uniforme) T_2 é a mesma velocidade média quadrática das moléculas do gás quando ele está a uma temperatura (uniforme) T_1 . Calcule a razão T_2/T_1 .



Disciplina: Física II

Prof. Dra. Denize Kalempa

Lista de exercícios: Leis da Termodinâmica

1. Uma amostra de 2,5 moles de um gás ideal se expande reversível e isotermicamente a 360 K até que o volume seja duas vezes maior. Qual é o aumento da entropia do gás?
2. Suponha que 4,0 moles de um gás ideal sofram uma expansão isotérmica reversível do volume V_1 para o volume $V_2=2V_1$ a uma temperatura $T=400$ K. Determine (a) o trabalho realizado pelo gás e (b) a variação de entropia do gás. (c) Se a expansão fosse reversível e adiabática em vez de isotérmica, qual seria a variação de entropia do gás?
3. Na Figura 1, onde $V_{23}=3,00V_1$, n moles de um gás diatômico ideal passam por um ciclo no qual as moléculas giram, mas não oscilam. Determine (a) p_2/p_1 , (b) p_3/p_1 e (c) T_3/T_1 . Para a trajetória $1 \rightarrow 2$, determine (d) W/nRT_1 , (e) Q/nRT_1 , (f) $\Delta E_{int}/nRT_1$ e (g) $\Delta S/nR$. Para a trajetória $2 \rightarrow 3$, determine (h) W/nRT_1 , (i) Q/nRT_1 , (j) $\Delta E_f/nRT_1$ e (k) $\Delta S/nR$. Para a trajetória $3 \rightarrow 1$, determine (l) W/nRT_1 , (m) Q/nRT_1 , (n) $\Delta E_{int}/nRT_1$ e (o) $\Delta S/nR$.

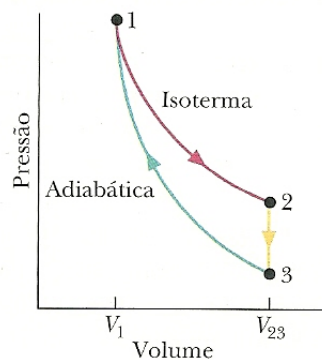


Figura 1: Processo cíclico

4. Uma máquina de Carnot tem uma eficiência de 22%. Ela opera entre duas fontes de calor de temperatura constante cuja diferença de temperatura é 75°C. Qual é a temperatura (a) da fonte fria e (b) da fonte quente?
5. Uma máquina de Carnot opera entre 235°C e 115°C, absorvendo $6,30 \times 10^4$ J por ciclo na temperatura mais alta. (a) Qual é a eficiência da máquina? (b) Qual é o trabalho por ciclo que essa máquina é capaz de realizar?
6. Uma máquina de Carnot, cuja fonte fria está a 17°C, tem uma eficiência de 40%. De quanto deve ser elevada a temperatura da fonte quente para que a eficiência aumente para 50%?

7. A Figura 2 mostra um ciclo reversível a que é submetido 1,00 mol de um gás monoatômico ideal. O volume $V_c=8,00V_b$. O processo bc é uma expansão adiabática, com $p_b=10,0$ atm e $V_b=1,00\times 10^{-3}$ m³. Para o ciclo, determine (a) a energia fornecida ao gás em forma de calor; (b) a energia liberada pelo gás em forma de calor, (c) o trabalho líquido realizado pelo gás e (d) a eficiência do ciclo.

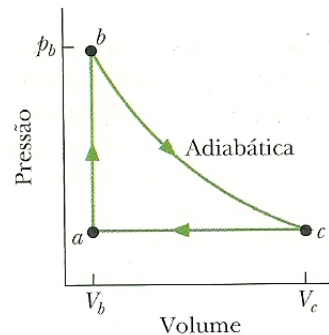


Figura 2: Processo cíclico

8. A Figura 3 mostra um ciclo reversível a que é submetido 1,00 mol de um gás monoatômico ideal. Suponha que $p=2p_0$, $V=2V_0$, $p_0=1,01\times 10^5$ Pa e $V_0=0,0225$ m³. Calcule (a) o trabalho realizado durante o ciclo, (b) a energia adicionada em forma de calor durante o percurso abc e (c) a eficiência do ciclo. (d) Qual é a eficiência de uma máquina de Carnot operando entre a temperatura mais alta a temperatura mais baixa desse ciclo? (e) Este valor é maior ou menor que a eficiência calculada em (c)?

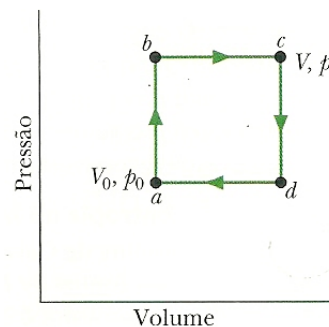


Figura 3: Processo cíclico

9. Um condicionador de ar de Carnot retira a energia térmica de uma sala a 70°F e a transfere na forma de calor para o ambiente, que está a 96°F. Para cada Joule da energia elétrica necessária para operar o condicionador de ar, quantos Joules são removidos da sala?

10. Dois moles de um gás diatômico inicialmente a 300 K realizam o seguinte ciclo: 0 gás é (1) aquecido a volume constante até 800 K, (2) liberado para se expandir isotermicamente até a pressão inicial, (3) contraído a pressão constante para o estado inicial. Supondo que as moléculas do gás não giram nem oscilam, determine (a) a energia líquida transferida para o gás em forma de calor, (b) o trabalho líquido realizado pelo gás e (c) a eficiência do ciclo.

11. Um motor a gasolina consome 16100 J de calor e realiza 3700 J de trabalho em cada ciclo. O calor é obtido pela queima de gasolina com calor de combustão igual a $4,60\times 10^4$ J/g. (a) Qual é a eficiência térmica? (b) Qual é a quantidade de calor rejeitada em cada ciclo? (c) Qual é a massa de combustível queimada em cada ciclo? (d) Se o motor gira com 60 ciclos/segundo, qual é a potência fornecida pelo motor em quilowatts?

12. Um refrigerador possui um coeficiente de desempenho igual a 2,10. Ele absorve $3,40 \times 10^4$ J de calor de um reservatório frio em cada ciclo. (a) Qual é a energia mecânica em cada ciclo necessária para operar o refrigerador? (b) Durante cada ciclo, qual é o calor rejeitado para o reservatório quente?

13. O ciclo mostrado na Figura 4 representa a operação de um motor de combustão interna a gasolina. O volume $V_3 = 4,00V_1$. Suponha que a mistura de admissão gasolina-ar é um gás ideal com $\gamma = 1,30$. Quais são as razões (a) T_2/T_1 , (b) T_3/T_1 , (c) T_4/T_1 , (d) p_3/p_1 , (e) p_4/p_1 ? (f) Qual é a eficiência do motor?

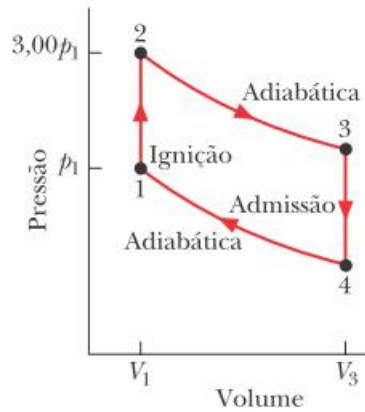


Figura 4: Processo cíclico

14. Um gás ideal (1,0 mol) é a substância de trabalho em uma máquina térmica que descreve o ciclo mostrado na Figura 5. Os processos BC e DA são reversíveis e adiabáticos. (a) O gás é monoatômico, diatômico ou poliatômico? (b) Qual é a eficiência da máquina?

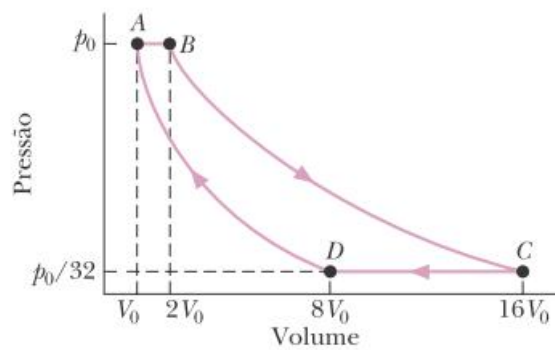


Figura 5: Processo cíclico

15. Uma barra de latão está em contato térmico com uma fonte de calor a uma temperatura constante de 130°C em uma extremidade e com uma fonte de calor a uma temperatura constante de 24°C na outra extremidade. (a) Calcule a variação total da entropia do sistema barra-fontes quando 5030 J de energia são transferidos através da barra, de uma fonte para a outra. (b) A entropia da barra varia?

16. Calcule a eficiência de uma usina de combustível fóssil que consome 380 toneladas métricas de carvão por hora para produzir trabalho útil à taxa de 750 MW. O calor de combustão do cavão (o calor produzido pela queima do carvão) é 28 MJ/kg.

**ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS E AMBIENTAIS**

**Disciplina: Física II
Prof. Dra. Denize Kalempa
Exercícios: Máquinas térmicas e refrigeradores (entrega dia 26/11)**

1. Um mol de um gás ideal diatômico ($\gamma=7/5$) descreve o ciclo ABCDA mostrado na Figura 1, onde P é medido em bar e V em litros. (a) Calcule a temperatura nos vértices. (b) Calcule a eficiência de um motor térmico operando segundo esse ciclo. (c) Compare o resultado encontrado no item (b) com a eficiência máxima ideal associada às temperaturas extremas do ciclo.

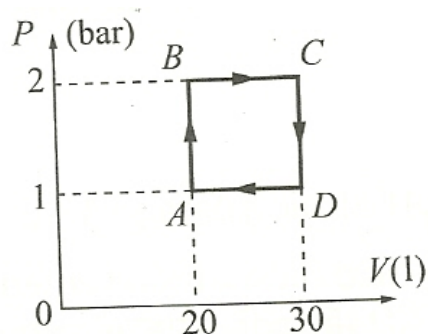


Figura 1: Processo cíclico

2. Um gás ideal de coeficiente adiabático γ é submetido ao ciclo ABCA mostrado na Figura 2, onde AB é um segmento de reta. (a) Calcule o rendimento. (b) Mostre que ele é menor do que o rendimento de um ciclo de Carnot operando entre as mesmas temperaturas extremas.

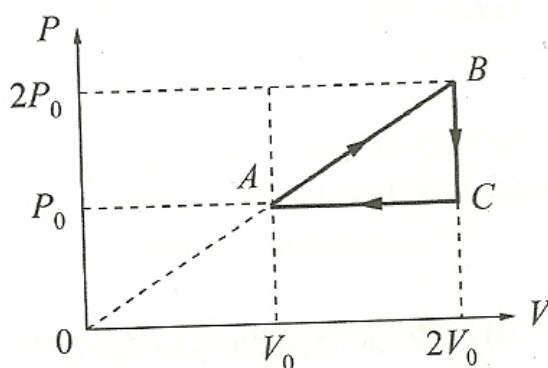


Figura 2: Processo cíclico

3. Numa máquina térmica, o agente é um gás ideal de coeficiente adiabático γ , que executa o ciclo mostrado na Figura 3, onde BC é uma adiabática e CA uma isoterma. (a) Calcule o rendimento em função de r e γ . (b) Exprima o resultado em função da razão $\rho=T_1/T_2$ entre as temperaturas extremas. (c) Para $\gamma=1,4$ e $r=2$ qual é a razão entre o rendimento obtido e o rendimento de um ciclo de Carnot que opere entre T_1 e T_2 ?

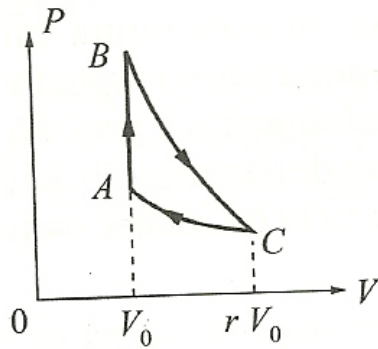


Figura 3: Processo cíclico

4. 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 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 da água a uma temperatura próxima de 0°C ? O Calor latente de fusão do gelo é 80 cal/g .