

Nome: _____

Turma: _____

Estudo dos Gases

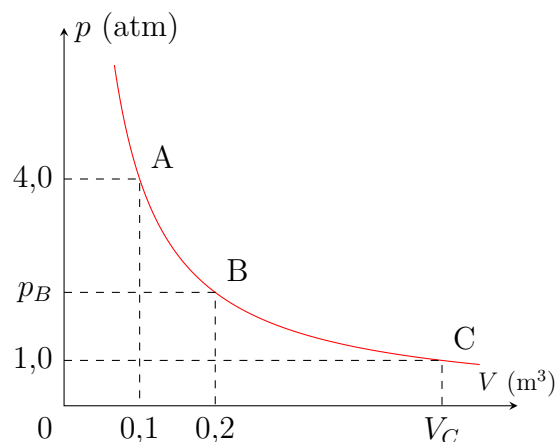
1. O volume ocupado por certa massa de um gás ideal varia com a temperatura absoluta de acordo com a tabela:

$V \text{ (m}^3\text{)}$	1,0	1,5	2,5	3,5	6,5
$T \text{ (K)}$	160	240	400	560	1 040

- (a) Que tipo de transformação o gás está sofrendo?
- (b) Construa um gráfico com os valores da tabela, colocando o volume (V) em ordenadas e a temperatura (T) em abscissas.

2. (1 Ponto) O gráfico representa uma transformação isotérmica de certa quantidade de gás ideal e três estados intermediários A, B e C dessa massa gasosa.

Usando os dados apresentados, determine a pressão correspondente ao estado B e o volume correspondente ao estado C.



3. (1 Ponto) Calcule a variação de volume sofrida por um gás ideal que ocupa inicialmente o volume de 10 l a 127°C , quando sua temperatura se eleva isobaricamente para 327°C .

4. Um recipiente que resiste até a pressão de $3,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ contém gás perfeito sob pressão $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e temperatura 27°C . Desprezando a dilatação térmica do recipiente, calcule a máxima temperatura que o gás pode atingir.

5. (1 Ponto) Sob pressão de 5 atm e à temperatura de 0°C , um gás ideal ocupa um volume de 45 l . Determine sob que pressão o gás ocupará o volume de 30 l , se for mantida constante a temperatura.

6. Um mol de certo gás ideal exerce a pressão de 1 atm a 0°C . Sendo a constante universal dos gases perfeitos $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$, determine o volume ocupado por esse gás.

7. Certa massa de um gás ideal ocupa o volume de $49,2 \text{ l}$ sob pressão de 3 atm e temperatura de 27°C . A constante universal dos gases perfeitos vale $R = 0,082 \frac{\text{atm} \cdot \ell}{\text{mol} \cdot \text{K}}$.

Determine:

- (a) o número n de mols do gás;

- (b) a massa do gás, sendo a massa molar $M = 28 \text{ g/mol}$;
- (c) o volume de um mol (volume molar) desse gás nas condições de pressão e temperatura consideradas.
8. Certa massa de gás ideal exerce pressão de $3,0 \text{ atm}$ quando confinado a um recipiente de volume $3,0 \text{ l}$ à temperatura de 27°C . Determine:
- (a) a pressão que exercerá essa mesma massa quando colocada num recipiente de volume $3,5 \text{ l}$ e à temperatura de 177°C ;
- (b) o volume que deveria ter o recipiente para que a pressão dessa mesma massa gasosa fosse $2,0 \text{ atm}$ à temperatura de -23°C .
9. Certa massa de gás ideal, sob pressão de 3 atm , ocupa o volume de 20 l à temperatura de 27°C . Determine:
- (a) o volume ocupado pelo gás a 127°C , sob pressão de 6 atm ;
- (b) a pressão que o gás exerce a 27°C , quando ocupa o volume de 40 litros ;
- (c) em que temperatura o volume de 40 l do gás exerce a pressão de 5 atm .
10. (1 Ponto) Um recipiente indilatável contém $6,0 \text{ mols}$ de um gás perfeito à temperatura de 227°C . Um manômetro acoplado ao recipiente acusa certa pressão. Determine o número de mols do gás que deve escapar para que o manômetro não acuse variação de pressão quando o sistema for aquecido até a temperatura de 327°C .
11. Certa massa de metano, cuja massa molar é $M = 16 \text{ g/mol}$, ocupa o volume de 123 l sob pressão de 2 atm e à temperatura de 327°C . Sendo $R = 0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$ a constante universal dos gases perfeitos e considerando o metano um gás ideal, determine:
- (a) o número n de mols do gás;
- (b) a massa do metano;
- (c) o volume molar do metano nas condições consideradas.
12. (3 Pontos) A área escura na Figura 1, aparentemente desprovida de estrelas, denomina-se nebulosa escura, uma nuvem de gás frio no espaço interestelar que contém matéria suficiente para bloquear a luz proveniente de estrelas que estão atrás dessa região. Uma nebulosa escura típica possui um diâmetro da ordem de 20 anos-luz e contém cerca de 50 átomos de hidrogênio por centímetro cúbico (hidrogênio monoatômico, e não H_2) a uma temperatura aproximadamente igual a 20 K . (Um ano-luz é a distância percorrida pela luz em um ano, sendo igual a $9,46 \times 10^{15} \text{ m}$.)
- (a) Estime o livre caminho médio de um átomo de hidrogênio em uma nebulosa escura. O raio de um átomo de hidrogênio é da ordem de $5,0 \times 10^{-11} \text{ m}$.
- (b) Estime a velocidade quadrática média de um átomo de hidrogênio e o tempo livre médio (o tempo médio entre duas colisões sucessivas de um dado átomo). Com base nesse resultado, você acha que as colisões atômicas, como aquelas que dão origem à formação da molécula H_2 , são muito importantes para a determinação da composição da nebulosa?



Figura 1: Nebulosa Escura

- (c) Estime a pressão no interior de uma nebulosa escura.
- (d) Compare a velocidade quadrática média de um átomo de hidrogênio com a velocidade de escape da superfície da nebulosa (supondo que ela seja esférica). Se houvesse vácuo em torno da nebulosa, ela seria estável ou teria uma tendência a se vaporizar?
- (e) A estabilidade de uma nebulosa escura é explicada pela presença de um meio interestelar (ISM), um gás ainda mais rarefeito que permeia o espaço interestelar no qual uma nebulosa escura está imersa. Mostre que uma nebulosa escura está em equilíbrio com o ISM quando o número de átomos por volume (N/V) e a temperatura (T) da nebulosa escura estão relacionados por

$$\frac{(N/V)_{\text{nebulosa}}}{(N/V)_{\text{ISM}}} = \frac{T_{\text{ISM}}}{T_{\text{nebulosa}}}$$

- (f) Nas vizinhanças do Sol, o ISM contém cerca de 1 átomo de hidrogênio por 200 cm^3 . Estime a temperatura do ISM nas vizinhanças do Sol. Compare o resultado com a temperatura na superfície do Sol, igual a aproximadamente 5.800 K . Uma espaçonave viajando através do espaço interestelar poderia se queimar? Justifique sua resposta.

13. (3 Pontos) 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 temperatura na superfície da Terra e T é a temperatura a uma altitude y , a pressão P a uma altitude y é dada por

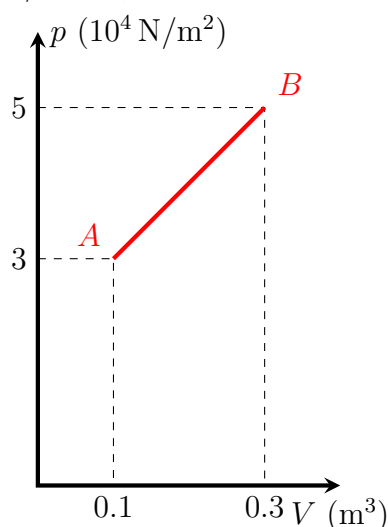
$$\ln \left(\frac{P}{P_0} \right) = \frac{Mg}{R\alpha} \ln \left(\frac{T_0 - \alpha y}{T_0} \right)$$

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 $0,6^\circ\text{C}/100\text{ m}$.

- (b) Mostre que o resultado anterior se reduz ao obtido no Exemplo 18.4 (Seção 18.1) no limite quando $\alpha \rightarrow 0$.
- (c) Supondo $\alpha = 0,6^\circ\text{C}/100\text{ m}$, calcule P para $y = 8.863\text{ m}$ e compare sua resposta com o resultado do Exemplo 18.4. Considere $T_0 = 288\text{ K}$ e $P_0 = 1,0\text{ atm}$.

Termodinâmica

1. (1 Ponto) Seis mols de um gás ideal monoatômico sofrem o processo termodinâmico AB indicado no gráfico. Sendo $R = 8.31\text{ J/mol K}$, determine o trabalho realizado pelo gás ao



passar do estado A para o estado B .

2. (1 Ponto) Numa compressão isotérmica, o trabalho realizado sobre o gás é 600 J . Determine o calor cedido pelo gás no processo e a variação da energia interna.
3. (1 Ponto) Um gás encontra-se inicialmente sob pressão de 105 N/m^2 e à temperatura de 500 K , ocupando um volume de $1,66\text{ m}^3$. O gás se expande isotermicamente ao receber 400 J de calor do meio exterior. Sendo a constante universal dos gases perfeitos $R = 8,31\frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}}$, determine:
- o número de mols do gás que sofre o processo;
 - o trabalho realizado durante a transformação;
 - a variação de energia interna do gás.
4. (1 Ponto) Um gás perfeito sofre um processo adiabático no qual realiza um trabalho de 300 J .
- O gás está se expandindo ou se contraindo? Por quê?
 - Qual é a quantidade de calor que o gás está trocando com o ambiente?

- (c) De quanto é a variação de energia interna do gás nesse processo?
- (d) Explique como se modificam as variáveis de estado (volume, temperatura e pressão) do gás nessa transformação.
5. (1 Ponto) Sob pressão de 3 atm, o volume de um gás ideal será 9 c. Esse volume diminui para 1 c quando o gás sofre um processo adiabático. Considere que o expoente de Poisson para esse gás seja $\gamma = 1,5$.
- (a) Qual é a pressão final do gás?
- (b) Se a temperatura no estado inicial era 600 K, qual é seu valor no estado final?
6. (1 Ponto) Numa expansão adiabática, a temperatura de um mol de gás perfeito diminui 200 K. O calor molar a volume constante do gás é igual a 12,5 J/mol K. Determine:
- (a) a quantidade de calor trocada com o meio externo;
- (b) a variação de energia interna do gás;
- (c) o trabalho realizado pelo gás durante o processo.
7. (1 Ponto) Uma caldeira, à temperatura de 600 K (fonte quente), fornece vapor, correspondente a 1.000 kcal em cada segundo, a uma turbina. O vapor, depois de passar pela turbina, cede ao condensador (fonte fria) 800 kcal por segundo a uma temperatura de 293 K. Considerando $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$, determine a potência produzida por essa máquina em kW e calcule seu rendimento.
8. (1 Ponto) Numa máquina frigorífica, em cada ciclo do gás utilizado, são retirados 120 J do congelador. No processo a atmosfera (fonte quente) recebe 150 J. Determine:
- (a) o trabalho do compressor em cada ciclo;
- (b) a eficiência dessa máquina térmica.
9. (1 Ponto) Certa máquina térmica ideal funciona realizando o ciclo de Carnot. Em cada ciclo o trabalho útil fornecido pela máquina é de 1.000 J. Sendo as temperaturas das fontes térmicas 127°C e 27°C , respectivamente, determine:
- (a) o rendimento da máquina referida;
- (b) a quantidade de calor retirada da fonte quente;
- (c) a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.
10. Um tipo de mistura de gás usado na anestesiologia é uma mistura 50%/50% (por volume) de óxido nitroso (N_2O) e oxigênio (O_2), que pode ser pré-misturada e mantida em um cilindro para uso posterior. Como esses dois gases não reagem quimicamente a 2.000 psi ou abaixo disso, nas temperaturas ambientes típicas, eles formam uma única fase gasosa homogênea, que pode ser considerada um gás ideal. No entanto, se a temperatura cair para menos de -6°C , o N_2O pode começar a se condensar da fase gasosa. Então, qualquer gás removido do cilindro inicialmente será quase O_2 puro; à medida que o cilindro se esvazia, a proporção de O_2 diminui até que o gás vindo do cilindro seja quase N_2O puro.

- (a) Em um teste dos efeitos de baixas temperaturas sobre a mistura de gás, um cilindro cheio a $20,0^{\circ}\text{C}$ e 2.000 psi (pressão manométrica) é resfriado lentamente e a pressão é monitorada. Qual é a pressão esperada a $-5,00^{\circ}\text{C}$ se o gás continuar sendo uma mistura homogênea?
- (b) Em outro teste, a válvula de um cilindro de 500 L cheio da mistura de gás a 2.000 psi (pressão manométrica) é totalmente aberta para que o gás saia do cilindro muito rapidamente. Por que algum N_2O se condensa durante esse processo?
- Este é um processo isocórico em que a pressão diminui, de modo que a temperatura também diminui.
 - Por causa da rápida expansão, o calor é removido do sistema, de modo que a energia interna e a temperatura do gás diminuam.
 - Este é um processo isobárico, de modo que, quando o volume aumenta, a temperatura diminui proporcionalmente.
 - Com a rápida expansão, o gás em expansão realiza trabalho sem entrada de calor, de modo que a energia interna e a temperatura do gás diminuam.
- (c) Você tem um cilindro que contém 500 L da mistura de gás pressurizada a 2.000 psi (pressão manométrica). Um regulador define o fluxo de gás para entregar 8,2 L/min na pressão atmosférica. Suponha que esse fluxo seja lento o suficiente para que a expansão seja isotérmica e os gases permaneçam misturados. Quanto tempo levará para que o cilindro seja esvaziado?
- (d) Em um hospital, o oxigênio puro pode ser entregue a 50 psi (pressão manométrica) e depois misturado com N_2O . Que volume de oxigênio a 20°C e 50 psi (pressão manométrica) deve ser misturado com 1,7 kg de N_2O para obter uma mistura de 50%/50% por volume a 20°C ?
11. Um cilindro com um pistão contém 0,250 mol de oxigênio a uma pressão de $2,40 \times 10^5$ Pa e temperatura de 355 K. Suponha que o oxigênio possa ser tratado como um gás ideal. O gás inicialmente se expande isobaricamente até ocupar um volume igual ao dobro do inicial. A seguir, ele é comprimido isotermicamente de volta a seu volume inicial e, finalmente, é resfriado isocoricamente até atingir sua pressão inicial.
- Mostre a sequência de processos em um diagrama PV.
 - Calcule a temperatura durante a compressão isotérmica.
 - Calcule a pressão máxima.
 - Calcule o trabalho total realizado pelo pistão sobre o gás nessa sequência de processos.
12. Durante certas estações, ventos fortes chamados chinooks sopram do oeste e atingem o leste das Montanhas Rochosas, descendo as montanhas até Denver e áreas adjacentes. Embora as montanhas sejam frias, o vento em Denver é muito quente; depois de alguns minutos da chegada dos ventos chinooks, a temperatura pode aumentar até 20°C (a palavra chinook deriva de uma tribo de índios norte-americanos homônima e significa “comedor de neve”). Ventos semelhantes ocorrem nos Alpes (chamados de foehns) e no sul da Califórnia (chamados de Santa Anas).

- (a) Explique por que a temperatura do vento chinook aumenta à medida que ele desce a montanha. Por que é importante que a velocidade do vento seja grande?
- (b) Suponha que um vento forte esteja se dirigindo para Denver (altitude igual a 1.630 m) proveniente de Grays Peak (80 km a oeste de Denver, a uma altitude igual a 4.350 m), onde a pressão do ar é de $5,60 \times 10^4$ Pa e a temperatura é igual a $-15,0^\circ\text{C}$. Em Denver, antes da chegada do vento, a pressão do ar é de $8,12 \times 10^4$ Pa, e a temperatura é $2,0^\circ\text{C}$. Qual deve ser a elevação da temperatura em Denver quando o chinook chegar?
13. Começando com 2,50 moles de gás N_2 (supostamente ideal) em um cilindro a 1,00 atm e a $20,0^\circ\text{C}$, um químico aquece o gás primeiro a volume constante, fornecendo $1,36 \times 10^4$ J de calor, depois continua aquecendo e permite que o gás se expanda sob pressão constante até o dobro de seu volume original.
- (a) Calcule a temperatura final do gás.
- (b) Calcule a quantidade de trabalho realizado pelo gás.
- (c) Calcule a quantidade de calor fornecida ao gás enquanto ele se expandia.
- (d) Calcule a variação de energia interna do gás em todo o processo.
14. Pesquisas em altitudes elevadas. Um grande balão de pesquisa, contendo $2,00 \times 10^3$ m³ de gás hélio a 1,00 atm e a uma temperatura de $15,0^\circ\text{C}$, sobe rapidamente a partir do nível do solo a uma altitude em que a pressão atmosférica é de apenas 0,900 atm. Suponha que o hélio se comporte como um gás ideal e que a subida do balão seja tão rápida que não permita trocas de calor significativas com o ar circundante.
- (a) Calcule o volume do gás na altitude mais elevada.
- (b) Calcule a temperatura do gás na altitude mais elevada.
- (c) Qual é a variação da energia interna do hélio à medida que o balão sobe para a altitude mais elevada?
15. A potência do motor de um automóvel é diretamente proporcional à massa de ar empurrada para dentro dos cilindros do motor para produzir uma reação química com a gasolina. Muitos carros possuem um turbocompressor que produz a compressão do ar antes de ele entrar no motor, fornecendo maior quantidade de massa por unidade de volume. Essa compressão rápida, essencialmente adiabática, também aquece o ar. Para aumentar ainda mais a compressão, o ar passa através de um inter-resfriador, onde troca calor com suas vizinhas à pressão constante. A seguir, o ar é injetado nos cilindros. Em um mecanismo típico, o ar é conduzido ao turbocompressor sob pressão atmosférica ($1,01 \times 10^5$ Pa), com densidade $\rho = 1,23$ kg/m³ e temperatura igual a $15,0^\circ\text{C}$. Ele é comprimido adiabaticamente até $1,45 \times 10^5$ Pa. No inter-resfriador, ele é resfriado até sua temperatura original de $15,0^\circ\text{C}$ a uma pressão constante de $1,45 \times 10^5$ Pa.
- (a) Desenhe um diagrama PV para essa sequência de processos.
- (b) Se o volume de um dos cilindros for igual a 575 cm³, qual será a massa de ar proveniente do inter-resfriador que encherá um cilindro à pressão de $1,45 \times 10^5$ Pa? Em comparação

com a potência de um motor que recebe ar a uma pressão de $1,01 \times 10^5$ Pa à temperatura de $15,0^\circ\text{C}$, qual é a porcentagem de aumento de potência obtida usando-se um turbocompressor e um inter-resfriador?

- (c) Caso o inter-resfriador não seja usado, qual a massa de ar proveniente do turbocompressor que encherá um cilindro à pressão de $1,45 \times 10^5$ Pa? Em comparação com a potência de um motor que recebe ar a uma pressão de $1,01 \times 10^5$ Pa e à temperatura de $15,0^\circ\text{C}$, qual é a porcentagem de aumento de potência obtida usando-se apenas o turbocompressor?

16. (1 Ponto) Uma pessoa com uma área na superfície da pele de 1.85 m^2 e temperatura de 30.0°C está descansando em um quarto isolado onde a temperatura ambiente é igual a 20.0°C . Nesse estado, uma pessoa se livra do calor em excesso por irradiação. Em quanto a pessoa varia a entropia do ar nesse quadro a cada segundo? (Lembre-se de que o quarto irradia de volta para a pessoa e que a emissividade da pele é 1.00)

17. (1 Ponto) Um objeto de massa m_1 , calor específico c_1 e temperatura T_1 é colocado em contato com um segundo objeto de massa m_2 , calor específico c_2 e temperatura $T_2 > T_1$. Por causa disso, a temperatura do primeiro objeto aumenta até T e a temperatura do segundo diminui para T' .

- (a) Mostre que o aumento da entropia do sistema é dado por

$$\Delta S = m_1 c_1 \ln \frac{T}{T_1} + m_2 c_2 \ln \frac{T'}{T_2}$$

e mostre que a conservação da energia exige que

$$m_1 c_1 (T - T_1) = m_2 c_2 (T_2 - T')$$

- (b) Mostre que a variação de entropia ΔS , considerada função de T , torna-se *máxima* quando $T = T'$, que é precisamente a condição de equilíbrio térmodinâmico.
- (c) Discuta o resultado do item anterior considerando que a entropia indica o grau de desordem de um sistema.

18. Para aquecer uma xícara de água (250 cm^3) para fazer café, você coloca um resistor de aquecimento dentro da água. Enquanto a temperatura da água aumenta de 20°C para 78°C , a temperatura do resistor de aquecimento mantém-se constante e igual a 120°C . Calcule a variação de entropia

- (a) da água;
- (b) do resistor de aquecimento;
- (c) do sistema constituído pela água mais o resistor. [Adote $4.190\text{ J/kg}\cdot\text{K}$ para o calor específico da água e despreze o calor que flui para a xícara de cerâmica.]
- (d) Esse processo é reversível ou irreversível? Explique.

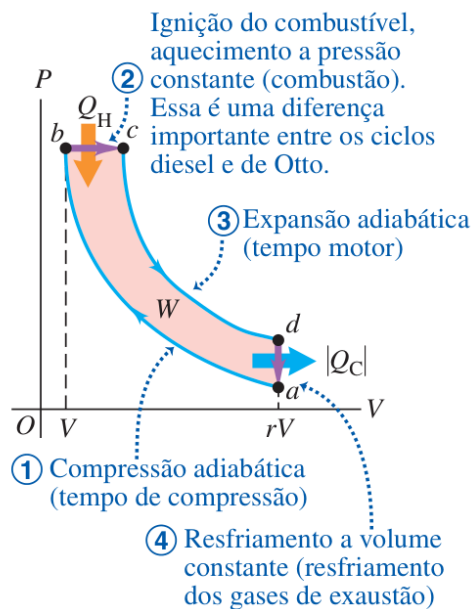


Figura 2: Ciclo Diesel

19. Uma usina termelétrica alimentada por queima de carvão produz uma potência mecânica de 1.000 MW com uma eficiência térmica de 40%.

- Qual é a taxa de fornecimento de calor para a usina?
- O carvão usado é o antracito, que possui calor de combustão de $2,65 \times 10^7$ J/kg. Qual é a massa de carvão queimada por dia, se a usina funciona sem interrupções?
- A que taxa o calor é rejeitado para o reservatório frio, que vem a ser um rio próximo?
- A temperatura do rio é 18°C antes de chegar à usina e $18,5^\circ\text{C}$ depois de receber o calor rejeitado pela usina. Calcule a taxa de escoamento do rio, em metros cúbicos por segundo.
- Em quanto a entropia do rio aumenta a cada segundo?

20. Uma máquina de Carnot opera entre dois reservatórios de calor com temperaturas T_H e T_C . Um inventor propõe aumentar sua eficiência fazendo uma máquina operar entre T_H e uma temperatura intermediária T' e uma segunda máquina entre T' e T_C , usando na segunda máquina o calor rejeitado pela primeira. Calcule a eficiência dessa máquina composta e compare-a com a eficiência da máquina original.

21. Considere um ciclo diesel que começa (no ponto a da Figura 2) com a temperatura do ar igual a T_a . O ar pode ser considerado um gás ideal.

- Se a temperatura no ponto c é T_c , deduza uma expressão para a eficiência do ciclo em termos da razão de compressão r .
- Calcule o valor da eficiência considerando $T_a = 300$ K, $T_c = 950$ K, $\gamma = 1,40$ e $r = 21,0$.