

INSTITUTO FEDERAL

Ceará

Campus Itapipoca

Termodinâmica

Aula 05 – Gases Perfeitos

Prof. Dr. F. A. Leandro Filho

Introdução



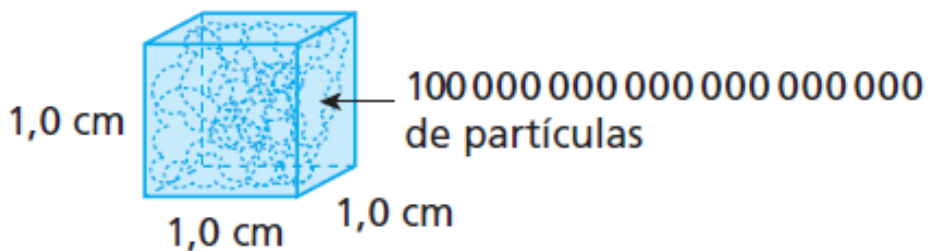
INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

Modelo macroscópico de gás perfeito

- Gás Perfeito.
- Robert Boyle, Jacques Charles, Louis Joseph Gay-Lussac e Paul Emile Clapeyron entre os séculos XVII e XIX.
- Um gás se enquadra no modelo teórico de gás perfeito se obedece às leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac.
- Variáveis de estado do gás: Temperatura, Volume e Pressão.

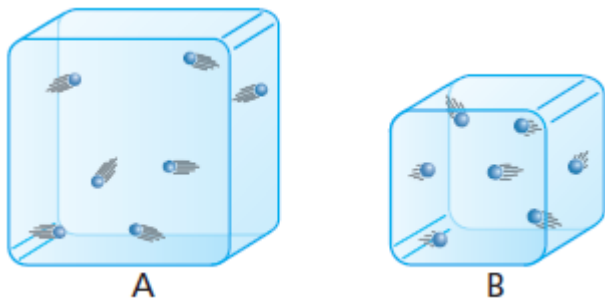
As variáveis de estado de um gás perfeito



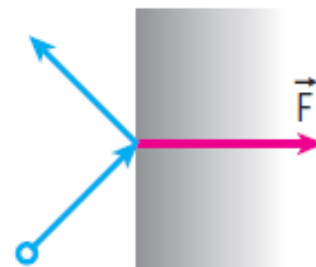
$$n = \frac{\text{massa do gás}}{\text{mol}} = \frac{m}{M}$$

$$T(K) = \theta_c(^{\circ}\text{C}) + 273$$

$$p = \frac{F}{A}$$



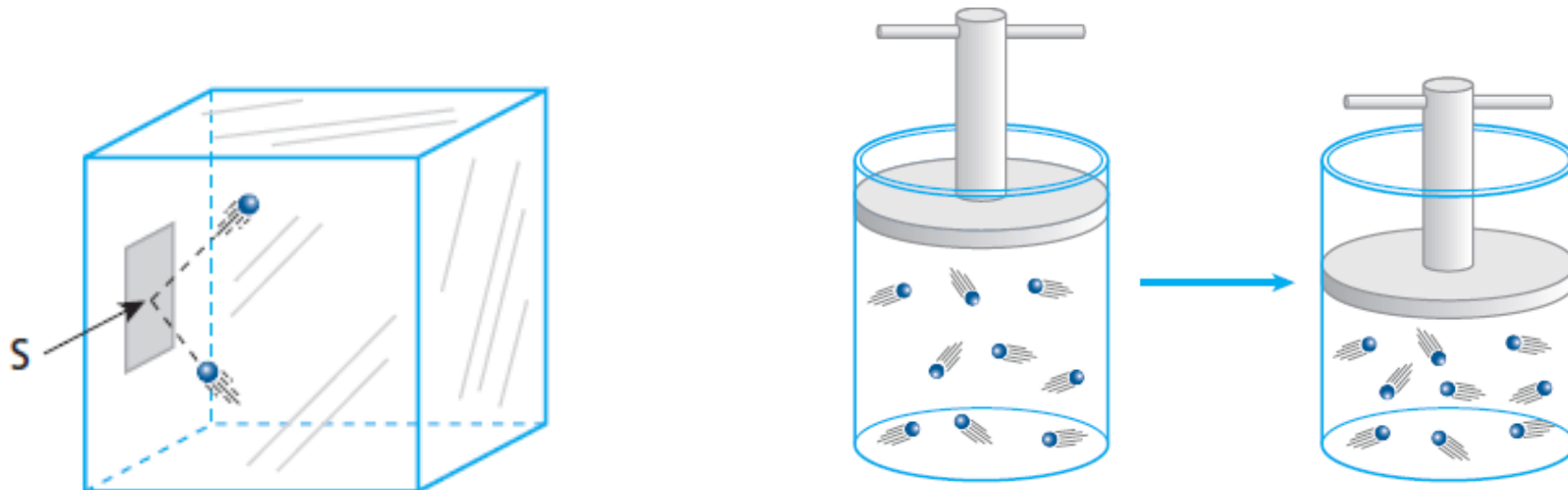
$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$
$$1 \text{ m}^3 = 10^3 \text{ L}$$



$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$
$$1 \text{ At} = 760 \text{ mm Hg} \approx 10^5 \text{ Pa}$$
$$1 \text{ atm} = 1 \text{ kgf/cm}^2 \approx 10^5 \text{ Pa}$$



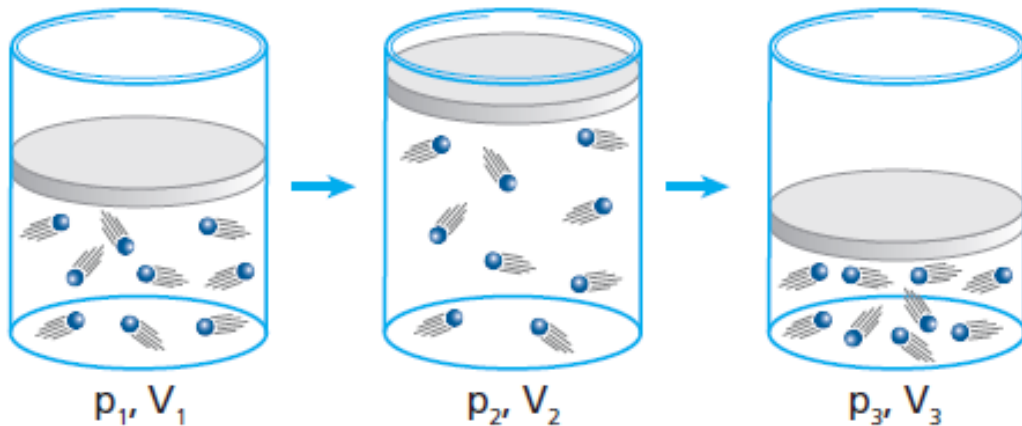
As variáveis de estado de um gás perfeito



Lei de Boyle

- Quando determinada massa de um gás perfeito sofre uma **transformação isotérmica**, sua pressão varia de maneira inversamente proporcional ao volume por ele ocupado.

$$p V = K_1$$



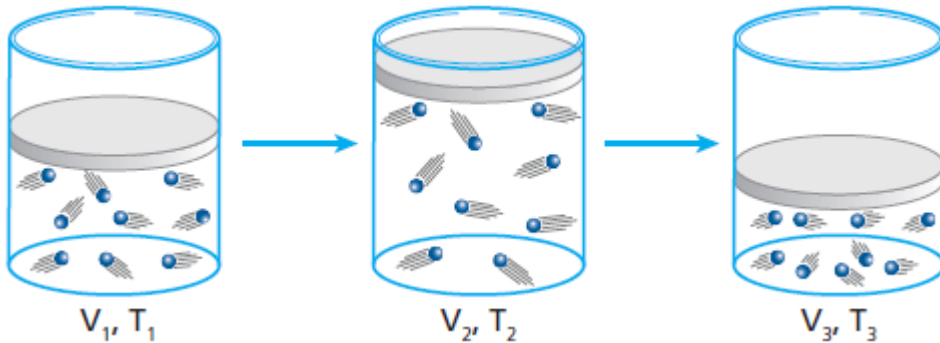
$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_3 V_3$$



Lei de Charles e Gay-Lussac

- Quando determinada massa de gás perfeito passa por uma **transformação isobárica**, seu volume deve variar, mantendo-se diretamente proporcional à temperatura absoluta desse gás.

$$V = K_2 T$$



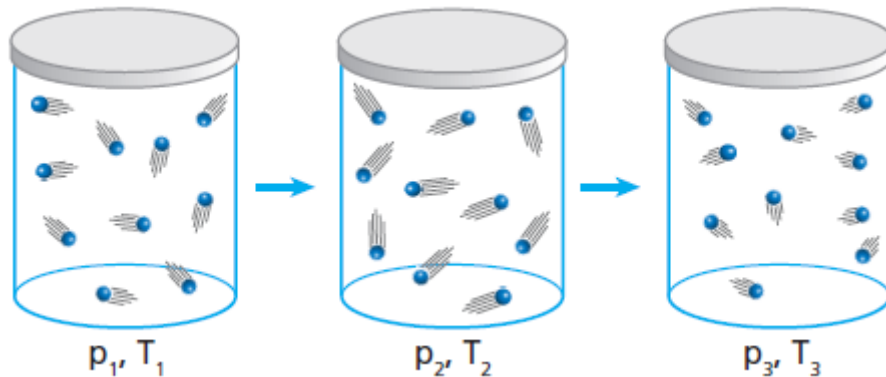
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$$



Lei de Charles

- Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma **transformação isovolumétrica**, sua pressão mantém-se diretamente proporcional à sua temperatura absoluta.

$$p = K_3 T$$



$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$$



A Equação de Clapeyron

- De acordo com a Lei de Boyle, a pressão (p) e o volume (V) de um gás perfeito são inversamente proporcionais. Da Lei de Charles e Gay-Lussac, sabemos que o volume (V) é diretamente proporcional à temperatura absoluta (T) do gás. Da Lei de Charles, sabemos que a pressão (p) é diretamente proporcional à temperatura absoluta (T) do gás.

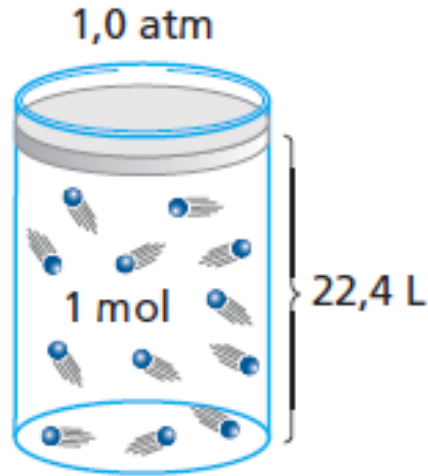
$$p = K \frac{m T}{V}$$

$$K = \frac{R}{M}$$

$$p V = n R T$$



A constante universal dos gases perfeitos (R) e seus valores



$$R = \frac{p V}{n T}$$

$$R = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22,4 \text{ L}}{1 \text{ mol} \cdot 273 \text{ K}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm L}}{\text{mol K}} = 8,31 \frac{\text{joules}}{\text{mol K}} \cong 2 \frac{\text{cal}}{\text{mol K}}$$



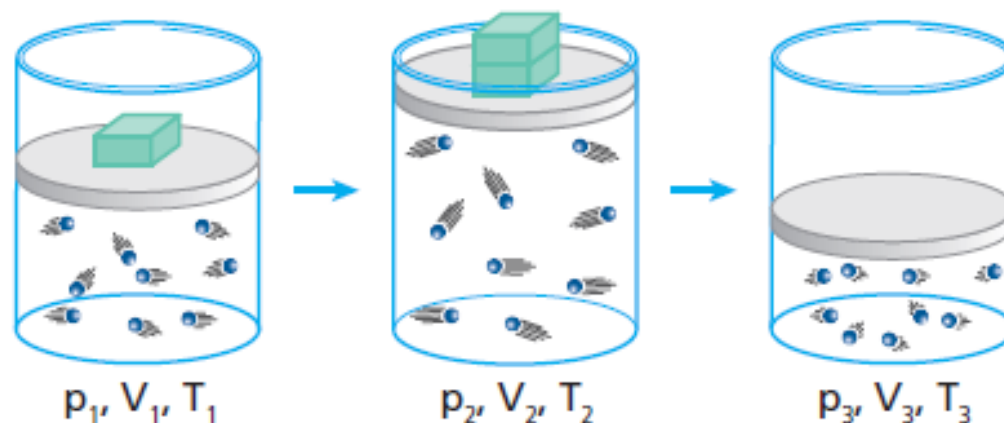
Lei Geral dos Gases

- Quando determinada massa de gás perfeito (massa constante) sofre uma transformação em que as três variáveis pressão (p), volume (V) e temperatura absoluta (T) se modificam, podemos usar a chamada Lei Geral dos Gases.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$



Lei Geral dos Gases



$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$$



O modelo microscópico de gás perfeito

- Grande número de moléculas em movimento caótico.
- As moléculas são consideradas pontos materiais.
- As colisões são supostas perfeitamente elásticas.
- Colisões com duração desprezível.
- Em colisões sucessivas o movimento é retilíneo uniforme.
- As forças intermoleculares só se manifestam durante as colisões.
- O estudo é baseado na mecânica newtoniana.

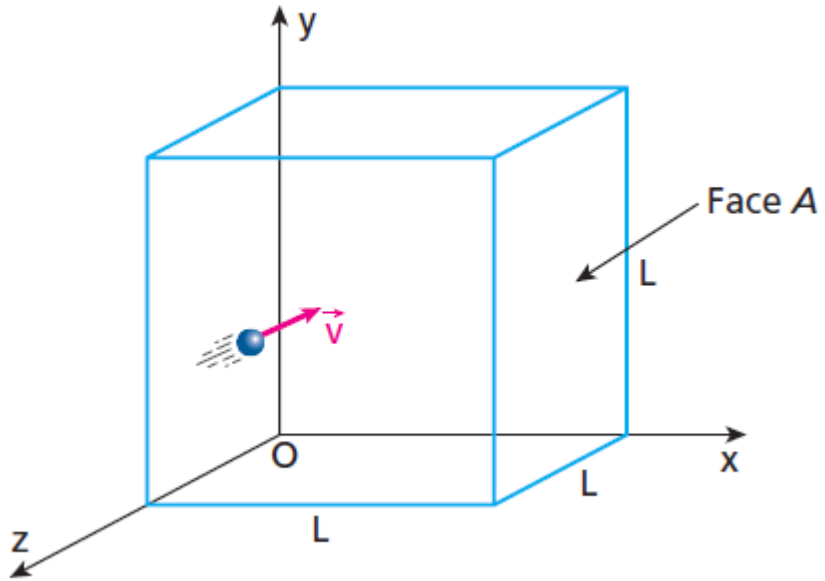
Velocidade média quadrática



INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

Equação Fundamental da Teoria Cinética

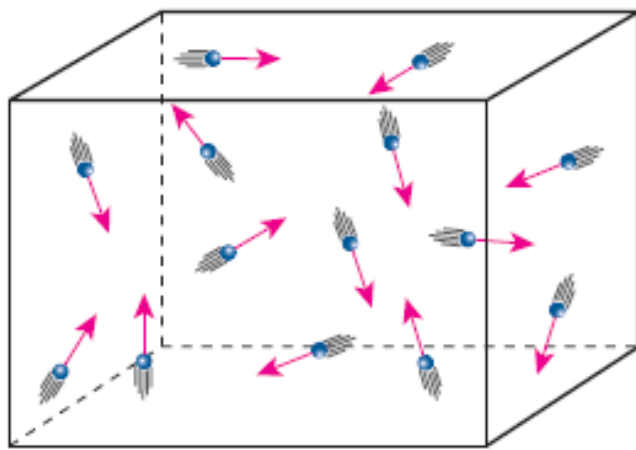


INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

Equação Fundamental da Teoria Cinética

- A pressão (p) exercida por um gás perfeito nas paredes internas de um recipiente é igual a um terço do produto de sua massa específica pelo quadrado da velocidade média quadrática de suas partículas.



A temperatura na Teoria Cinética



INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

A energia interna de um gás perfeito



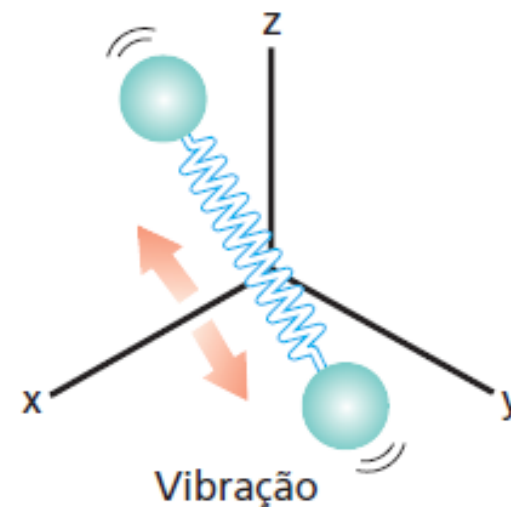
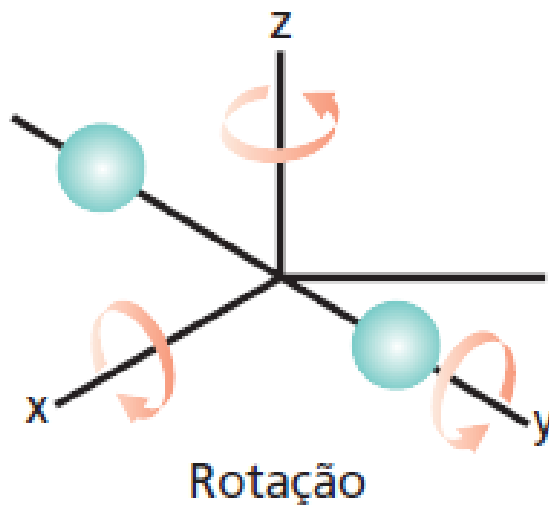
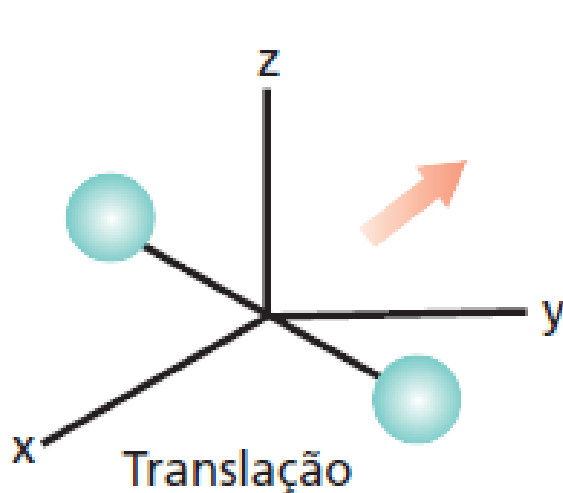
INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

Equipartição da energia

- O teorema da equiparação da energia estabelece que a divisão dessa energia deve ser feita de maneira igual para cada grau de liberdade.

Equipartição da energia



A energia cinética média molecular



INSTITUTO FEDERAL

Ceará
Campus Itapipoca

Resumindo

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}}$$

$$U = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} p V$$

$$p = \frac{1}{3} \mu (\bar{v})^2$$

$$U = \frac{5}{2} n R T$$

$$T = \frac{M}{3R} (\bar{v})^2$$

$$N = n A$$

$$k = \frac{R}{A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$U = \frac{3}{2} n R T$$

$$\frac{m}{M} = n$$

$$E_{\text{cm}} = \frac{3}{2} k T$$



$$(A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas/mol})$$

Exercícios

Determinada massa de gás perfeito sofre as transformações indicadas a seguir:

- I. Compressão a temperatura constante.
- II. Expansão a pressão constante.
- III. Aquecimento a volume constante.

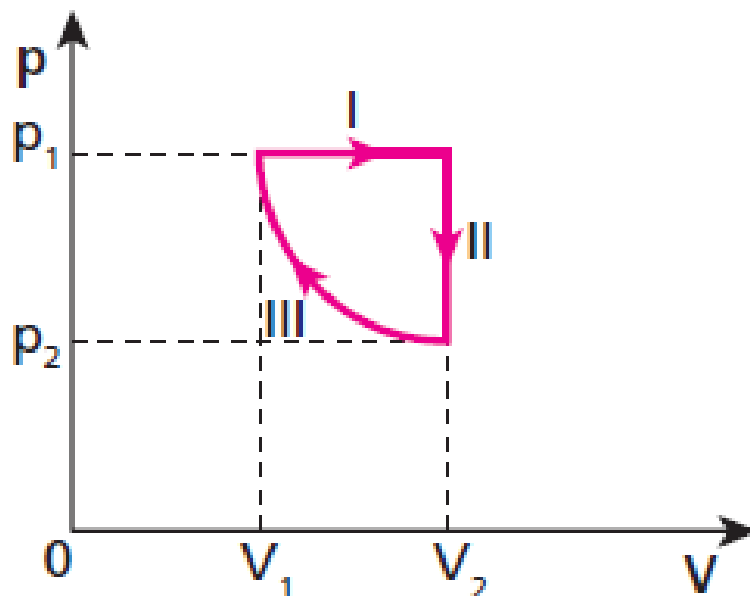
Nessa ordem, as transformações podem ser chamadas também de:

- a) isobárica, adiabática e isocórica.
- b) isométrica, isotérmica e isobárica.
- c) isotérmica, isobárica e adiabática.
- d) isométrica, isocórica e isotérmica.
- e) isotérmica, isobárica e isométrica.



Exercícios

Uma amostra de gás ideal sofre as transformações I, II e III, identificadas no gráfico pressão x volume apresentado a seguir.



Sabe-se que a transformação III é adiabática.
As transformações I e II são, respectivamente

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 01) isobárica e isotérmica. | 04) isométrica e isobárica. |
| 02) isobárica e isométrica. | 05) isotérmica e isobárica. |
| 03) isométrica e isotérmica. | |



Exercícios

Num recipiente indeformável, aprisiona-se certa massa de gás perfeito a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Medindo a pressão exercida pelo gás, obtemos o valor 90 cm Hg . Se elevarmos a temperatura para 350 K , qual será a nova pressão do gás?



Exercícios

Uma amostra de gás perfeito ocupa um recipiente de 10,0 litros à pressão de 1,5 atm. Essa amostra foi transferida para outro recipiente de 15,0 litros, mantendo a mesma temperatura. Qual a nova pressão dessa amostra de gás?

Exercícios

Um recipiente contém certa massa de gás ideal que, à temperatura de $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocupa um volume de 15 litros. Ao sofrer uma transformação isobárica, o volume ocupado pela massa gasosa passa a ser de 20 litros. Nessas condições, qual foi a variação de temperatura sofrida pelo gás?

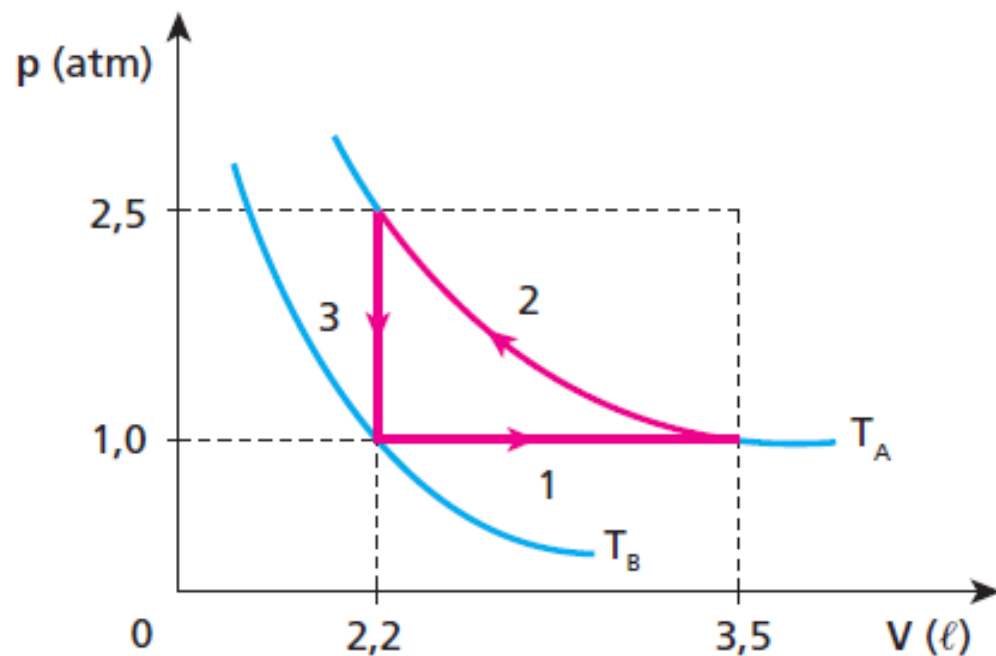


Exercícios

Considere o diagrama onde se apresentam duas isotermas, T_A e T_B .

As transformações gasosas 1, 2 e 3 são, respectivamente:

- a) isobárica, isocórica e isotérmica.
- b) isocórica, isobárica e isotérmica.
- c) isotérmica, isobárica e isocórica.
- d) isobárica, isotérmica e isocórica.
- e) isotérmica, isocórica e isobárica.



Exercícios

Colocam-se 160 g de oxigênio, a 27 °C, em um recipiente com capacidade de 5,0 L. Considerando-se que o oxigênio comporta-se como um gás perfeito, qual o valor da pressão exercida por ele?

Dados: massa molar do oxigênio = 32 g;
constante universal dos gases perfeitos $R = 0,082 \text{ atm L / mol K}$



Exercícios

Num recipiente rígido de 41 L de capacidade, são colocados 10 mols de um gás perfeito, à temperatura de 177 °C. Qual o valor da pressão exercida por esse gás nas paredes internas do recipiente?

Dado: constante universal dos gases perfeitos $R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$



Exercícios

Que volume devem ocupar 6,0 mols de um gás perfeito, a 227 °C, para exercer nas paredes do recipiente uma pressão de 12 atm?

Dado: $R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$

Exercícios

A que temperatura (em graus Celsius) devem-se encontrar 5,0 mols de um gás perfeito para que, colocados em um recipiente de volume igual a 20,5 L, exerçam uma pressão de 4,0 atm?

Dado: $R = 0,082 \text{ atm L/mol K}$

Exercícios

Num recipiente de paredes rígidas e capacidade igual a 10 L, são colocados 8,0 g de hidrogênio à temperatura de $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Qual a pressão exercida pelo gás, supondo-se que ele se comporte como um gás perfeito?

Dados: $R = 0,082\text{ atm L/mol K}$;
 $\text{mol (H}_2\text{)} = 2\text{ g}$.



Exercícios

Numa prova de laboratório, um professor de Física pegou três recipientes, A, B e C. Colocou em um deles hidrogênio, em outro, neônio, e, no que restou, dióxido de carbono, todos a 27°C . Forneceu aos alunos duas tabelas, sendo uma dos mols dos referidos gases e outra associando a velocidade média quadrática das partículas do gás com o recipiente portador.



Exercícios

Tabela I	
Gás	Mol (g)
H ₂	2,0
Ne	20
CO ₂	44

Tabela II	
Recipiente	Velocidade média quadrática das partículas
A	412 m/s
B	1936 m/s
C	612 m/s

Identifique o gás contido em cada recipiente.

Dado: $3R = 25 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$



Exercícios

Encontre a velocidade média rms dos átomos de argônio a 313K. Amassa molar do argônio é 39,9 g/mol.



Exercícios

Qual é a energia interna de um mol de um gás ideal a 273 K? (b) A energia interna depende do volume e da pressão?

Exercícios

Mostre que a equação do gás ideal pode ser escrita nas formas alternativas: (a) $p = \rho RT/M$, onde ρ é a densidade de massa do gás e M , a massa molar; (b) $pV = NkT$, onde N é o número de partículas do gás (átomos ou moléculas).



Exercícios

A que temperatura a energia cinética de translação de uma molécula é igual a 1,00 eV?



Exercícios

Qual é a energia cinética de translacional média das moléculas de nitrogênio a 1.600 K (a) em joules e (b) em elétron-volts?



Exercícios

A que temperatura os átomos do hélio têm a mesma velocidade rms que os do hidrogênio a 20°C ?



Exercícios

Calcule a velocidade média quadrática dos átomos de hélio a 1.000 K. Amassa molar do hélio é 4,00 g/mol.