TEORIA CINÉTICA DOS GASES

A teoria cinética dos gases perfeitos é responsável pela determinação do comportamento microscópico de um gás chamado de ideal ou perfeito. Os postulados que serão enunciados abaixo podem ser aplicados a gases reais em altas temperaturas e baixas pressões, gás rarefeito, que nessas condições apresentam um comportamento aproximado de um gás ideal.

Os postulados da teoria cinética dos gases enunciam:

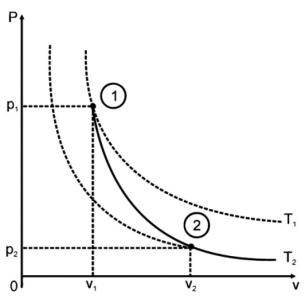
- uma massa gasosa é constituída por um número muito grande de partículas, as moléculas que estão em movimento desordenado colidem entre si e com as paredes do recipiente;
- a soma dos volumes das moléculas é desprezível diante do volume total do gás, isto é, o tamanho da molécula é desprezível diante da distância entre as moléculas;
- as moléculas colidem elasticamente;
- as forças intermoleculares, a não ser devido aos choques, são desprezíveis, logo, podemos afirmar que as moléculas realizam um movimento retilíneo uniforme (MRU) entre duas colisões.

Podemos fazer algumas afirmações sobre as grandezas fundamentais que envolvem o estudo de um gás perfeito.

- **Volume:** um gás sempre ocupa todo o volume do recipiente que o contém, logo, o volume de um gás ideal é o mesmo do recipiente.
- **Temperatura:** como já vimos, a temperatura expressa o grau de agitação das moléculas. Nas expressões que veremos a seguir, a temperatura deverá ser colocada sempre em Kelvin, conhecida como escala absoluta.
- **Pressão:** a pressão é devido às inúmeras colisões das moléculas do gás com as paredes do recipiente.

É bom ressaltar que os fenômenos termodinâmicos que vamos estudar correspondem a transformações quase estáticas, ou seja, ocorrem tão lentamente que o equilíbrio termodinâmico é atingido em quase todo instante.

LEI GERAL DOS GASES



A Lei Geral dos Gases é obtida através de uma combinação das leis de Boyle-Mariott, de Gay-Lussac e Charles que se referem às transformações isotérmica, isobárica e isométrica, respectivamente.

Se em uma transformação qualquer, um gás passa das condições p_1, V_1 *e* T_1 para outras p_2, V_2 *e* T_2, sem que exista variação de massa, a Lei Geral dos Gases enuncia a relação:

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

É importante lembrar ao aluno mais uma vez que a Lei Geral dos Gases poderá ser utilizada sempre que não existir alteração do número de mols, a massa não se altera.

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Existem algumas transformações pelas quais os gases podem passar que são especiais em relação às variáveis de estado: a **pressão** (p), o **volume** (V) e a **temperatura** (T).

Veremos, agora, essas transformações particulares.

Isotérmica

Transformação Isotérmica é aquela na qual a temperatura absoluta do gás se mantém constante. Boyle-Mariotte estudaram o comportamento de um gás numa situação isotérmica, concluindo:

Numa transformação isotérmica de determinada massa de gás, pressão (p) e volume (V) são inversamente proporcionais.

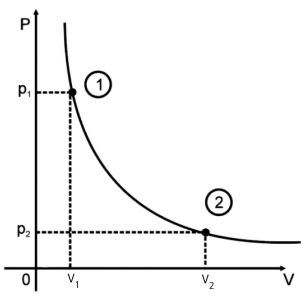
Matematicamente:

p·V = k (k constante que só depende do gás).

Se o gás passa de um determinado estado denominado 1 para outro denominado 2, teremos:

O gráfico abaixo mostra o comportamento do gás em uma transformação isotérmica:

$$\boxed{p_1V_1 = p_2V_2}$$

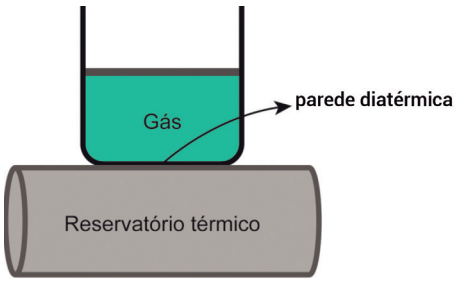


PROEXPLICA

1ª) A curva que representa duas grandezas inversamente proporcionais denomina-se hipérbole, ela é simétrica em relação à bissetriz do primeiro quadrante.

2ª) No caso da hipérbole com as variáveis p e V, será chamada de isoterma, já que todos os seus pontos estão na mesma temperatura.

3ª) Num mesmo par de eixos com mais de uma isoterma, aquela que estiver mais afastada dos eixos terá seus pontos numa temperatura maior.



Um reservatório térmico mantém a temperatura constante de qualquer substância que permanecer em contato com ele. Podemos imaginar um forno que mantém sua temperatura como um bom exemplo de reservatório térmico. Além disso, uma parede diatérmica é aquela que permite a troca de calor entre os corpos, mas não permite passar massa.

Isobárica

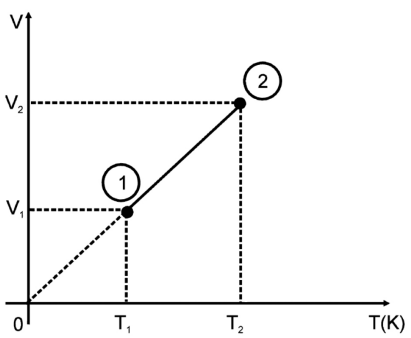
Transformação Isobárica é a que ocorre com a pressão se mantendo constante. Gay-Lussac estudando-a concluiu:

Numa transformação isobárica o volume (V) e a temperatura absoluta (T) são diretamente proporcionais.

Matematicamente:

$\frac{V}{T} = k$ (**k** *constante que só depende do gás).*

Passando o gás de um estado denominado 1 para outro denominado 2, teremos:



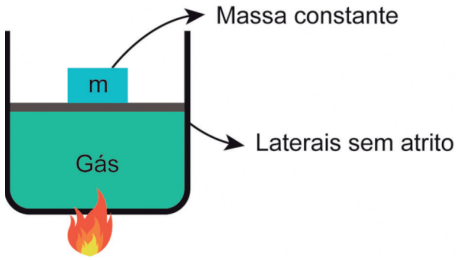
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

PROEXPLICA

1ª) O gráfico de uma proporcionalidade direta é uma reta passando pela origem.

2ª) O tracejado da reta próximo da origem se faz, pois não se tem como atingir o zero absoluto.

3ª) Se no eixo horizontal, das temperaturas, a unidade fosse °C a reta não passaria mais pela origem, tenderia a passar pelo valor – 273 °C.



Como pressão pode ser dada pela razão entre força aplicada e área de contato, um corpo de massa constante sobre um êmbolo que pode se mover sem atrito, mantém a força sobre a área desse êmbolo, resultando assim em uma pressão invariável.

Isométrica, Isovolumétrica ou Isocórica

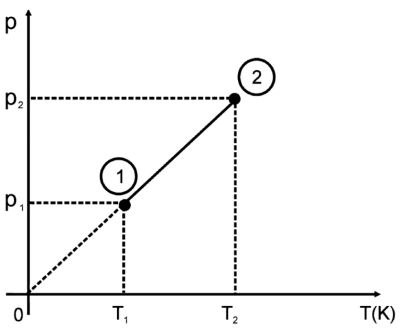
Transformação Isométrica é aquela que ocorre com seu volume se mantendo constante, tanto Gay-Lussac como Charles estudaram a transformação isométrica e concluíram:

Numa transformação isométrica, a pressão (p) e a temperatura absoluta (T) são grandezas diretamente proporcionais.

Matematicamente:

$\frac{p}{T} = k$ (**k** *constante que só depende do gás).*

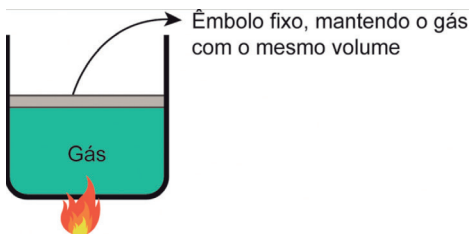
Passando o gás de um estado denominado 1 para outro denominado 2, teremos:



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

PROEXPLICA

Valem, aqui, as três observações feitas na transformação isobárica.



Admitindo que a dilatação térmica do recipiente é desprezível e que o gás ocupa todo o volume desse recipiente, mantendo fixo o êmbolo, teremos um volume constante.

Adiabática

Na transformação adiabática, o gás não troca calor com o meio externo, se torna um sistema isolado termicamente. Inclusive, o recipiente que evita a troca de calor é chamado de recipiente adiabático. A lei que rege uma transformação adiabática será estudada em Termodinâmica. Veremos que apesar de não existir trocas de calor com meio externo, haverá uma mudança de temperatura.

EQUAÇÃO DE CLAPEYRON

Quando em uma transformação ocorrer mudança no número de mols do gás, ou seja, na massa de gás envolvido, então a Lei Geral dos Gases se torna ineficiente e precisaremos de uma função mais abrangente. O físico francês Emile Clapeyron, estabeleceu uma ***Função de Estado dos Gases Ideais,*** uma equação que descreve o comportamento desses gases quando sofrem alterações (ou não) em seu(sua): volume, pressão, temperatura e número de mols (massa).

$$\frac{P\cdot V}{T}=R \qquad \text{(para 1 mol)}$$

$$\frac{P\cdot V}{T}=2\cdot R \qquad \text{(para 2 mols)}$$

$$\frac{P\cdot V}{T}=3R \qquad \text{(para 3 mols)}$$

$$\frac{P\cdot V}{T}=nR \rightarrow \boxed{P\cdot V=n\cdot R\cdot T}$$

A constante R, conhecida por ***constante geral dos gases***, pode ser obtida utilizando os dados de um gás nas CNTP`s (Condições normais de temperatura e pressão):

P = 1 atm

V = 22,4L (para cada mol)

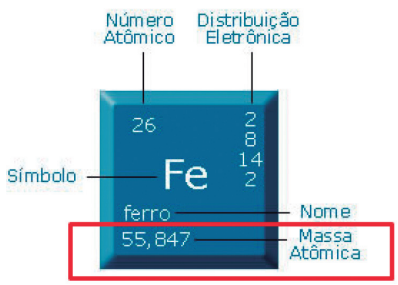
T= 273K

$$\frac{P\cdot V}{T}=\frac{1\cdot 22,4}{273}=0,082$$

$$\boxed{R=0,082\ \text{atm.L/mol.K}}$$

NÚMERO DE MOLS

O mol é uma unidade de medida utilizada para determinar a quantidade de partículas, como átomos ou moléculas. Assim como uma dezena de laranjas representa 10 unidades de laranja e uma dúzia de bananas representa 12 unidades de banana, 1 mol de átomos representa ***6,02 . 10^{23}*** (Constante de Avogadro) unidades desse átomo. Na tabela periódica podemos encontrar a ***massa molar*** (ou massa atômica) dos elementos, que consiste na massa existente em cada mol daquela substância. Exemplo:



$$\text{Número de mols} \leftarrow n=\frac{m \rightarrow \text{massa total da substância}}{M \rightarrow \text{massa molar}}$$

Exemplo: $M_{Fe} \approx 56g$

Uma barra de 560g de ferro possui 10 mols do elemento.

$$\boxed{n=\frac{560}{56}=10\text{mols}}$$

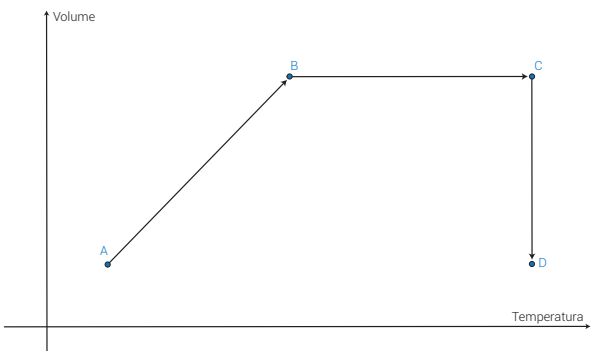
EXERCÍCIOS PROTREINO

01. Um gás ideal inicialmente à temperatura de 77°C e volume 0,04 m³ é submetido a uma transformação isobárica, elevando seu volume para 0,08 m³. Nessas condições, calcule sua temperatura final, em °C.

02. Um gás ideal inicialmente à temperatura de 27°C e volume 0,01 m³ é submetido a uma transformação isocórica, elevando sua temperatura para 77°C. Calcule a razão entre a pressão final e a pressão inicial.

03. Um gás ideal inicialmente à 0,04 m³ e pressão 2 atm é submetido a uma transformação isotérmica, diminuindo sua pressão até 0,5 atm. Calcule o volume, em m³, nessa nova pressão.

04. O gráfico abaixo relaciona o volume e a temperatura a que certa massa de gás ideal possui ao sofrer transformações.



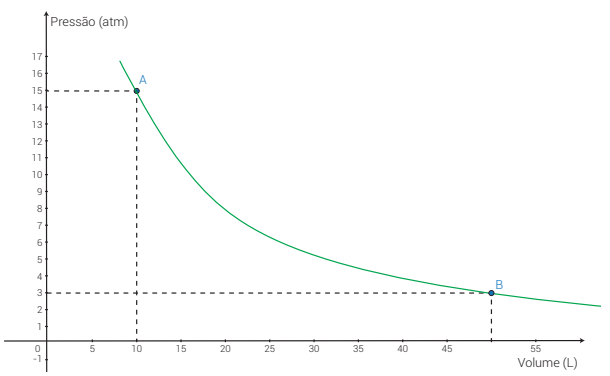
Classifique o tipo de transformação entre os trechos:

AB: _____ Resposta: Isobárica

BC: _____ Resposta: Isovolumétrica

CD: _____ Resposta: Isotérmica

05. O gráfico abaixo apresenta a transformação isotérmica de um gás ideal.



Alguns dados do gráfico foram apagados. Calcule o volume quando a pressão é de 3 atm.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (ENEM) Dois amigos se encontram em um posto de gasolina para calibrar os pneus de suas bicicletas. Uma das bicicletas é de corrida (bicicleta A) e a outra, de passeio (bicicleta B). Os pneus de ambas as bicicletas têm as mesmas características, exceto que a largura dos pneus de A é menor que a largura dos pneus de B. Ao calibrarem os pneus das bicicletas A e B, respectivamente com pressões de calibração P_A e P_B, os amigos observam que o pneu da bicicleta A deforma, sob mesmos esforços, muito menos que o pneu da bicicleta B. Pode-se considerar que as massas de ar comprimido no pneu da bicicleta A, m_A, e no pneu da bicicleta B, m_B são diretamente proporcionais aos seus volumes.

Comparando as pressões e massas de ar comprimido nos pneus das bicicletas, temos:

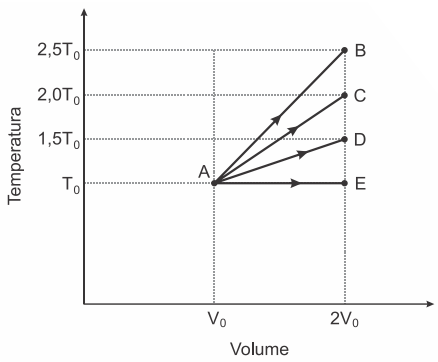
a) $P_A < P_B$ e $m_A < m_B$
b) $P_A > P_B$ e $m_A < m_B$
c) $P_A > P_B$ e $m_A = m_B$
d) $P_A < P_B$ e $m_A = m_b$
e) $P_A > P_B$ e $m_A > m_B$

02. (ENEM) Uma pessoa abre sua geladeira, verifica o que há dentro e depois fecha a porta dessa geladeira. Em seguida, ela tenta abrir a geladeira novamente, mas só consegue fazer isso depois de exercer uma força mais intensa do que a habitual.

A dificuldade extra para reabrir a geladeira ocorre porque o (a)

a) volume de ar dentro da geladeira diminuiu.
b) motor da geladeira está funcionando com potência máxima.
c) força exercida pelo ímã fixado na porta da geladeira aumenta.
d) pressão no interior da geladeira está abaixo da pressão externa.
e) temperatura no interior da geladeira é inferior ao valor existente antes de ela ser aberta.

03. (IFSUL) Um estudante de Física, baseado na equação de estado dos gases ideais, fez uma análise do comportamento das variáveis macroscópicas de estado do gás ideal durante o processo de expansão. Ao testar diferentes possibilidades, ele construiu um gráfico que ilustra o comportamento do gás em cinco processos de expansão diferentes. Esse gráfico mostra o comportamento da temperatura do gás em função do volume ocupado.



Em relação a essas cinco transformações, analise as afirmativas

I. A transformação A - B é isotérmica.
II. A transformação A - C é isobárica.
III. A pressão no estado E é igual à pressão no estado A.
IV. A pressão no estado B é 1,25 vezes a pressão no estado A.

Estão corretas apenas as afirmativas:

a) I e IV.
b) II e III
c) I e III.
d) II e IV.

04. (EEAR) Um cilindro dotado de um êmbolo contém aprisionado em seu interior 150 cm^3 de um gás ideal à temperatura controlada de 22 °C e à pressão de 2 Pa. Considere que o êmbolo do cilindro pode ser movido por uma força externa, de modo que o gás seja comprimido a um terço de seu volume inicial, sem, contudo, variar a sua temperatura. Nessas condições, determine em Pascal (Pa) a nova pressão à qual o gás estará submetido.

a) 2
b) 3
c) 6
d) 9

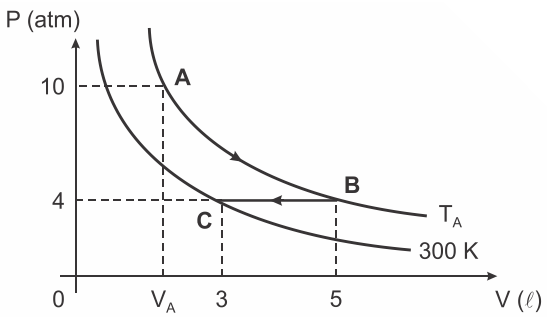
05. (UFRGS) Utilizados em diversas áreas de pesquisa, balões estratosféricos são lançados com seu invólucro impermeável parcialmente cheio de gás, para que possam suportar grande expansão à medida que se elevam na atmosfera.

Um balão, lançado ao nível do mar, contém gás hélio à temperatura de 27°C, ocupando um volume inicial V_i. O balão sobe e atinge uma altitude superior a 35 km, onde a pressão do ar é 0,005 vezes a pressão ao nível do mar e a temperatura é -23 °C.

Considerando que o gás hélio se comporte como um gás ideal, qual é, aproximadamente, a razão V_f / V_i, entre os volumes final V_f e inicial V_i ?

a) 426
b) 240
c) 234
d) 167
e) 17

06. (MACKENZIE)



A figura acima representa duas isotérmicas em que certa massa gasosa, inicialmente no estado A, sofre uma transformação atingindo o estado B, que por sua vez sofre uma transformação, atingindo o estado C. A temperatura T_A e o volume V_A são iguais a

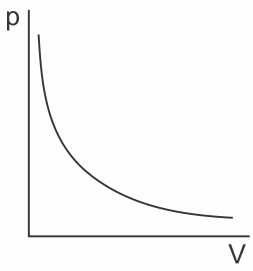
a) 200 K e 5 ℓ
b) 300 K e 2 ℓ
c) 400 K e 4 ℓ
d) 500 K e 2 ℓ
e) 500 K e 4 ℓ

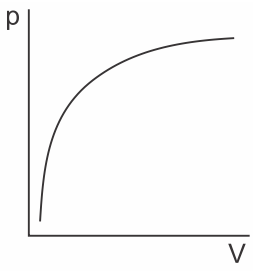
07. (MACKENZIE) Um gás perfeito, que tem um volume de 12,0 ℓ, encontra-se no interior de um frasco sob pressão de 3,00 atm e com temperatura de 200 K. Inicialmente, o gás sofre uma transformação isotérmica, de tal forma que sua pressão passa a ser de 9,00 atm, a seguir, o gás sofre uma transformação segundo a lei de Gay-Lussac, atingindo uma temperatura de 500 K. Os volumes, após as duas transformações, respectivamente, são iguais a

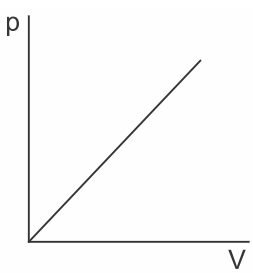
a) 10,0 ℓ e 4,00 ℓ
b) 4,00 ℓ e 2,00 ℓ
c) 10,0 ℓ e 2,00 ℓ
d) 2,00 ℓ e 4,00 ℓ
e) 4,00 ℓ e 10,0 ℓ

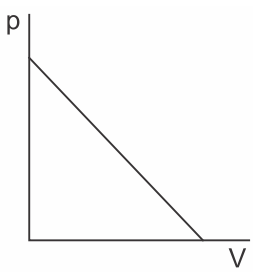
08. (UFRGS) Considere que certa quantidade de gás ideal, mantida a temperatura constante, está contida em um recipiente cujo volume pode ser variado.

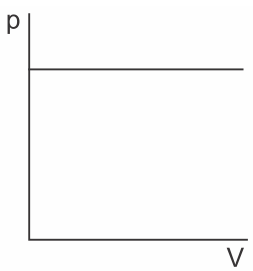
Assinale a alternativa que melhor representa a variação da pressão (p) exercida pelo gás, em função da variação do volume (V) do recipiente.

a)


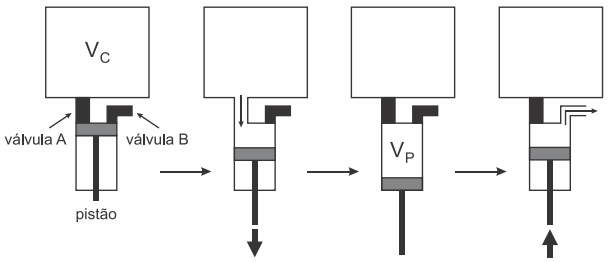
b)


c)


d)


e)


09. (UNICAMP) Fazer vácuo significa retirar o ar existente em um volume fechado. Esse processo é usado, por exemplo, para conservar alimentos ditos embalados a vácuo ou para criar ambientes controlados para experimentos científicos. A figura abaixo representa um pistão que está sendo usado para fazer vácuo em uma câmara de volume constante V_C= 2,0 litros. O pistão, ligado à câmara por uma válvula A, aumenta o volume que pode ser ocupado pelo ar em V_P = 0,2 litros. Em seguida, a válvula A é fechada e o ar que está dentro do pistão é expulso através de uma válvula B, ligada à atmosfera, completando um ciclo de bombeamento.



Considere que o ar se comporte como um gás ideal e que, durante o ciclo completo, a temperatura não variou. Se a pressão inicial na câmara é de P_i = 33 Pa, a pressão final na câmara após um ciclo de bombeamento será de

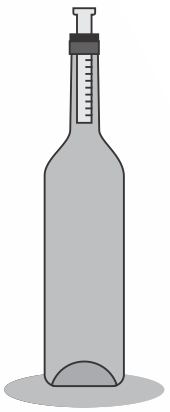
a) 30,0 Pa
b) 330,0 Pa
c) 36,3 Pa
d) 3,3 Pa

10. (IFSUL) Um balão de borracha, está completamente cheio com um litro de ar, a pressão de uma atmosfera e na temperatura de 300 K. Nessas condições, o balão é colocado dentro de um refrigerador criogênico à temperatura de 100 K e a borracha permanece flexível enquanto esfria.

Com base nas informações acima, o volume do balão

a) diminui para $\frac{1}{3}$L
b) aumenta para $\frac{1}{\sqrt{3}}$L
c) fica constante.
d) aumenta para $\sqrt{3}$L

11. (FUVEST) Uma garrafa tem um cilindro afixado em sua boca, no qual um êmbolo pode se movimentar sem atrito, mantendo constante a massa de ar dentro da garrafa, como ilustra a figura. Inicialmente, o sistema está em equilíbrio à temperatura de 27°C. O volume de ar na garrafa é igual a 600 cm^3 e o êmbolo tem uma área transversal igual a 3 cm^2. Na condição de equilíbrio, com a pressão atmosférica constante, para cada 1°C de aumento da temperatura do sistema, o êmbolo subirá aproximadamente

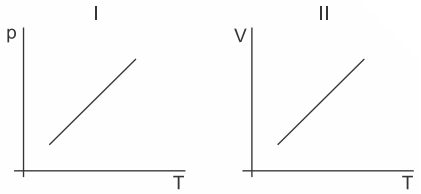


Note e adote:

- 0 °C = 273 K
- Considere o ar da garrafa como um gás ideal.

a) 0,7 cm
b) 1,4 cm
c) 2,1 cm
d) 3,0 cm
e) 6,0 cm

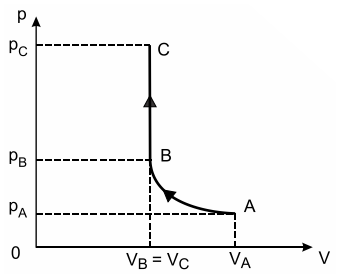
12. (UFRGS) Nos gráficos I e II abaixo, p representa a pressão a que certa massa de gás ideal está sujeita, T a sua temperatura e V o volume por ela ocupado.



Escolha a alternativa que identifica de forma correta as transformações sofridas por esse gás, representadas, respectivamente, em I e II.

a) Isobárica e isocórica.
b) Isotérmica e isocórica.
c) Isotérmica e isobárica.
d) Isocórica e isobárica.
e) Isocórica e isotérmica.

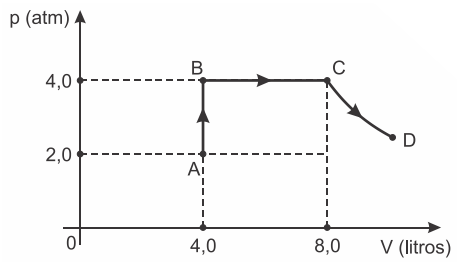
13. (FGV) O gráfico ilustra o comportamento das pressões (p), em função dos volumes (V), em duas transformações consecutivas, AB e BC sofridas por certa massa de gás encerrada em um recipiente dotado de êmbolo, como o cilindro de um motor à explosão. Sabe-se que há uma relação entre os volumes ocupados pelo gás na transformação AB ($V_A = 2 \cdot V_B$), e também entre as pressões ($pc = 2 \cdot p_B = 4 \cdot p_A$)



É correto afirmar que as transformações AB e BC pelas quais o gás passou foram, respectivamente,

a) isotérmica e isométrica.
b) isotérmica e isobárica.
c) adiabática e isométrica.
d) adiabática e isobárica.
e) isométrica e isotérmica.

14. (EPCAR (AFA)) Uma amostra de n mols de gás ideal sofre as transformações AB (isovolumétrica), BC (isobárica) e CD (isotérmica) conforme representação no diagrama pressão (p) x volume (V), mostrado a seguir.



Sabendo-se que a temperatura do gás no estado A é 27° C, pode-se afirmar que a temperatura dele, em °C, no estado D é

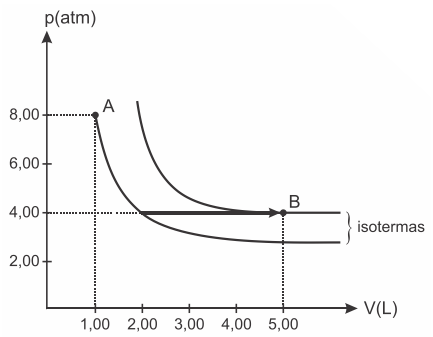
a) 108 b) 327 c) 628 d) 927

15. (UERJ) Um mergulhador precisa encher seu tanque de mergulho, cuja capacidade é de $1{,}42 \times 10^2$ m³, a uma pressão de 140 atm e sob temperatura constante.

O volume de ar, em m³, necessário para essa operação, à pressão atmosférica de 1 atm, é aproximadamente igual a:

a) $\frac{1}{4}$ b) $\frac{1}{2}$ c) 2 d) 4

16. (MACKENZIE)



O diagrama acima mostra as transformações sofridas por um gás ideal do estado A ao estado B. Se a temperatura no estado inicial A vale $T_A = 300$ K, então a temperatura no estado B vale

a) 600 K c) 750 K e) 700 K
b) 800 K d) 650 K

17. (ESPCEX (AMAN)) Em um laboratório, um estudante realiza alguns experimentos com um gás perfeito. Inicialmente o gás está a uma temperatura de 27°C; em seguida, ele sofre uma expansão isobárica que torna o seu volume cinco vezes maior. Imediatamente após, o gás sofre uma transformação isocórica e sua pressão cai a um sexto do seu valor inicial. O valor final da temperatura do gás passa a ser de

a) 327 °C c) 27 °C e) −72 °C
b) 250 °C d) −23 °C

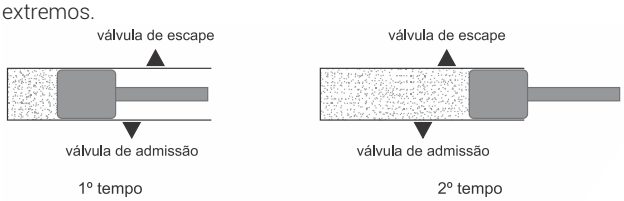
18. (UFPR) Um cilindro com dilatação térmica desprezível possui volume de 25 litros. Nele estava contido um gás sob pressão de 4 atmosferas e temperatura de 227 °C. Uma válvula de controle do gás do cilindro foi aberta até que a pressão no cilindro fosse de 1 atm. Verificou-se que, nessa situação, a temperatura do gás e do cilindro era a ambiente e igual a 27°C.

(Considere que a temperatura de 0°C corresponde a 273 K)

Assinale a alternativa que apresenta o volume de gás que escapou do cilindro, em litros.

a) 11,8. c) 60 e) 241
b) 35 d) 85

19. (INSPER) A figura ilustra 2 instantes em que o pistão de uma máquina térmica ocupa duas posições (tempos) de volumes extremos.

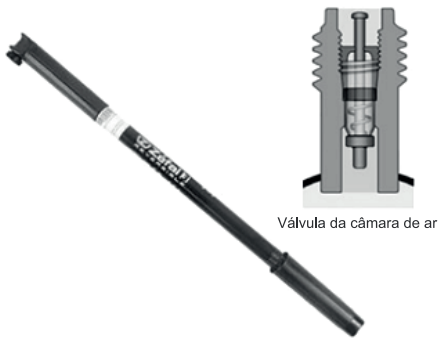


No primeiro tempo mostrado, há uma compressão máxima do gás dentro do cilindro, o qual exerce uma pressão p sobre as paredes do cilindro a uma temperatura T. No segundo tempo mostrado, o

volume ocupado pelo gás é máximo, 3 vezes maior que o anterior, exercendo uma pressão 3 vezes menor que p, a uma temperatura 2 vezes maior que T. Durante a expansão volumétrica, a rápida abertura de uma válvula de escape permitiu a liberação de certa quantidade de gás para a fonte fria. A relação entre o número (n_1) de mols do gás que havia no interior do cilindro no primeiro tempo e o número (n_2) de mols do gás que permaneceu no cilindro no segundo tempo, n_1/n_2, é igual a

a) 12 c) 4 e) 2
b) 3 d) 2,5

20. (FAC. ALBERT EINSTEIN - MEDICINA) A bomba de ar para bicicleta da figura possui 50,0 cm de comprimento interno para o deslocamento do pistão. Quando acoplada à câmara de ar totalmente vazia do pneu de uma bicicleta e com o pistão recuado de 45,0 cm, medido a partir da base da bomba, a pressão interna do ar é de 1,0 atm. Quando o ar é injetado sob pressão, em uma válvula tipo Schrader da câmara de ar, a força exercida pelo seu fluxo vence a força de retenção de uma mola, abrindo o obturador e permitindo sua entrada (veja a figura).



https://www.walmart.com.br/item/4139595

É necessária uma pressão de 1,2 atm para que o obturador da válvula seja aberto, permitindo a entrada de ar em seu interior. De quantos centímetros deve ser deslocado o pistão para que isso seja possível, sabendo que, ao longo desse deslocamento, a temperatura do sistema não se altera?

a) 7,5 b) 9,0 c) 15,0 d) 37,5

EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. Um gás ideal passa por uma transformação termodinâmica em que sua pressão dobra, seu número de moléculas triplica, e seu volume é multiplicado por um fator de 12. Nessa transformação, qual a razão entre as temperaturas absolutas final e inicial do gás?

02. Sabe-se que a pressão que um gás exerce sobre um recipiente é decorrente dos choques de suas moléculas contra as paredes do recipiente.

Diminuindo em 50% o volume do recipiente que contém um gás ideal, sem alterar sua temperatura, estabeleça a razão entre a pressão final e a pressão inicial.

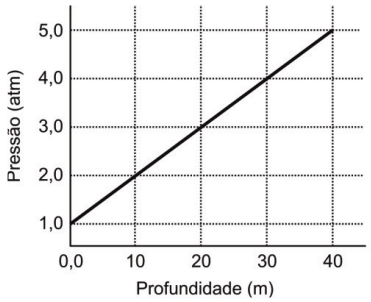
03. (UERJ) Um professor realizou com seus alunos o seguinte experimento para observar fenômenos térmicos:

- colocou, inicialmente, uma quantidade de gás ideal em um recipiente adiabático;
- comprimiu isotermicamente o gás à temperatura de 27°C, até a pressão de 2,0 atm;
- liberou, em seguida, a metade do gás do recipiente;
- verificou, mantendo o volume constante, a nova temperatura de equilíbrio, igual a 7°C.

Calcule a pressão do gás no recipiente ao final do experimento.

04. (UFPE) Um operário está fazendo manutenção em uma plataforma marítima de petróleo na profundidade de 50 m, quando uma pequena bolha de ar, de volume V_i, é liberada e sobe até a superfície. O aumento da pressão em função da profundidade está representado no gráfico a seguir.

Considerando o gás da bolha como ideal e que a temperatura da água não varia entre a superfície e a profundidade de 50 m, calcule a razão V_f/V_i entre o volume final V_f da bolha e o volume inicial V_i.



05. Um gás ideal sofre uma compressão isobárica tal que seu volume se reduz a 2/3 do inicial.

Se a temperatura inicial do gás era de 150°C, determine a temperatura final, em °C,

GABARITO

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. B	05. D	09. A	13. A	17. D
02. D	06. D	10. A	14. D	18. B
03. D	07. E	11. A	15. C	19. E
04. C	08. A	12. D	16. C	20. A

EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. 8.	02. 2.	03. 0,92 atm.	04. 0,6.	05. 9°C.

ANOTAÇÕES

ANOTAÇÕES