

## Tipos de transformações gasosas

### Tipos de transformações gasosas

O estado de qualquer gás é **caracterizado pelos** valores de três grandezas que são o volume (V), a pressão (P) e a temperatura (T).

São muito comuns as transformações em que ocorrem duas das variáveis de estado, mantendo-se uma constante. **Pode-se ter, então:**

### Transformação isotérmica

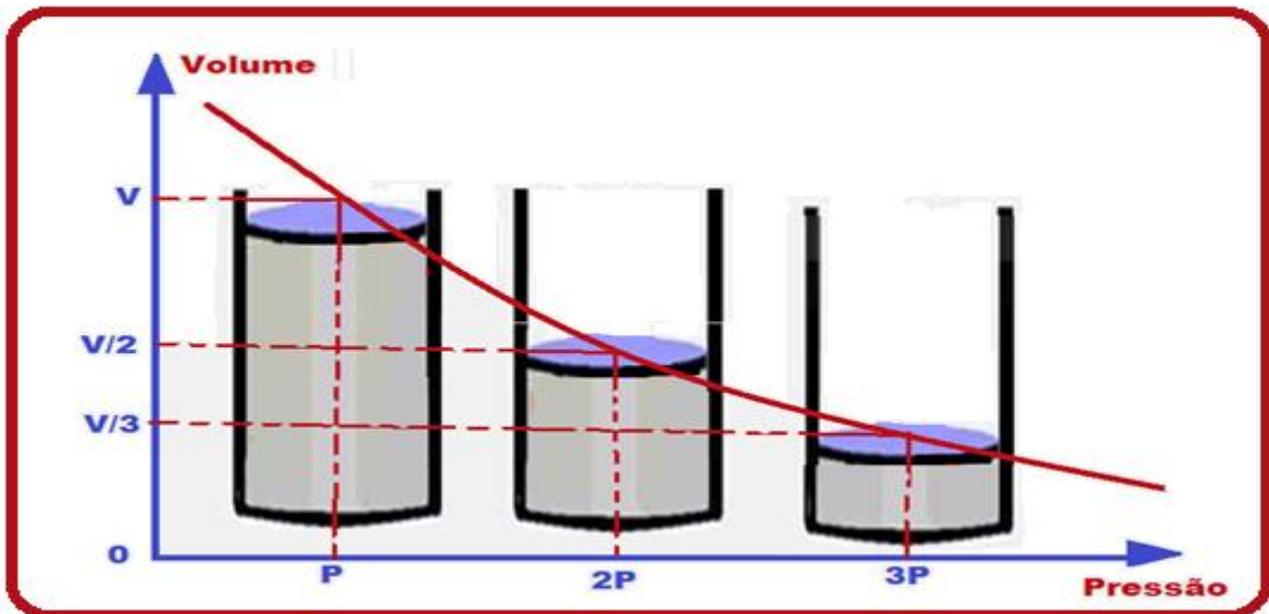
**Nela**, durante todo o processo termodinâmico de um gás ideal, **a temperatura permanece constante** (isso=igual; thermos = temperatura).

O cientista Robert Boyle comprovou que, **quando a temperatura é constante**, a pressão (P) exercida por certa massa gasosa é inversamente proporcional ao volume (V) por ela ocupado, **ou  $P \cdot V = \text{constante}$** , **ou ainda,  $P_0 \cdot V_0 = P \cdot V$** .

$P_0$  e  $V_0$  **representam a** pressão e o volume num estado de equilíbrio inicial.

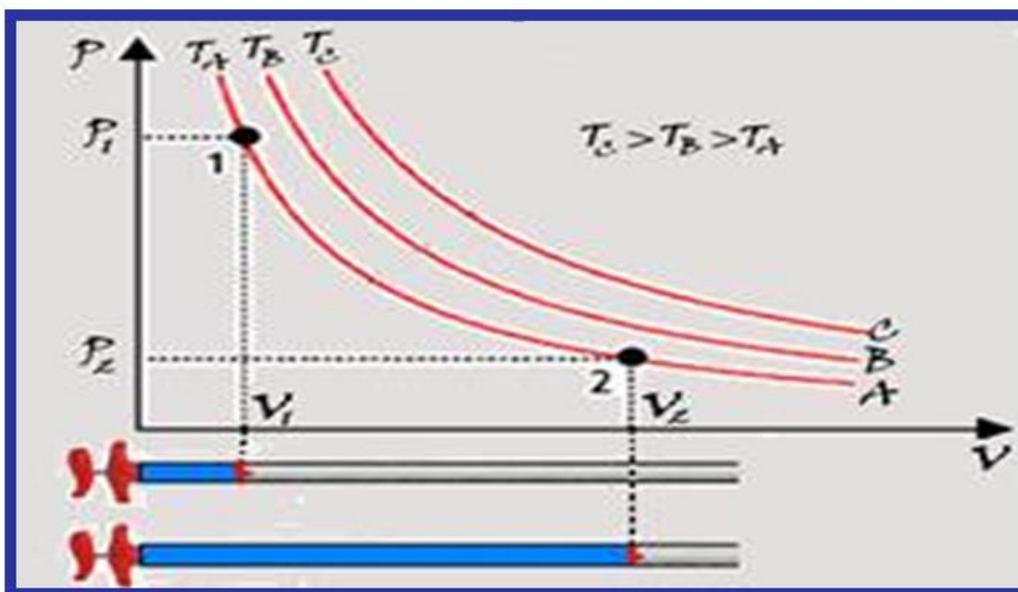
$P$  e  $V$  **representam a** pressão e o volume num estado de equilíbrio final.





## Isotermas

Se  $P \cdot V = \text{constante} = k \Rightarrow P = \frac{k}{V}$  e, se  $V$  tende a zero,  $P$  cresce indefinidamente e se  $V$  cresce indefinidamente  $P$  tende a zero.

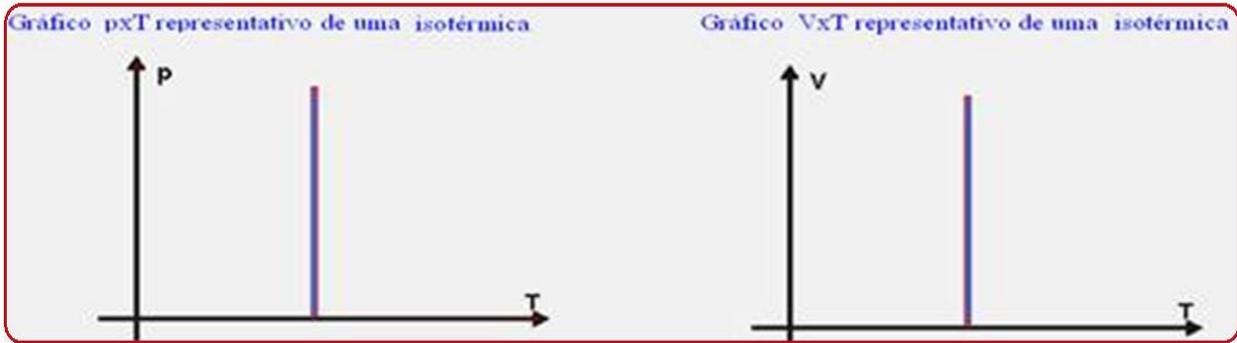


Se você representar graficamente  $P \times V$  você obterá uma curva de nome isoterma que é um ramo de uma hipérbole eqüilátera.

Cada ponto da curva (isoterma) A tem a mesma temperatura ( $T_A$ ); cada ponto da curva (isoterma) B

tem a mesma temperatura ( $T_B$ ) e cada ponto da curva (isoterma) C tem a mesma temperatura ( $T_C$ ).

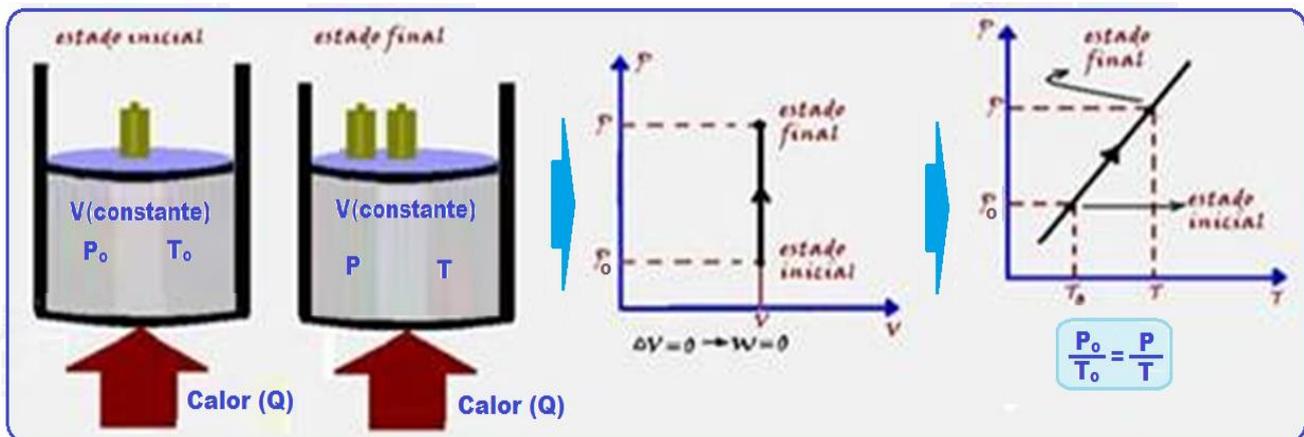
Observe que  $T_C > T_B > T_A$ , pois o produto  $P_A V_A > P_B V_B > P_C V_C$  e, assim quanto mais afastada dos eixos maior será o valor da temperatura da hipérbole representativa.



## Transformação isocórica, isométrica ou isovolumétrica

Nessa transformação o volume é mantido constante (isso=igual; cores=volume).

Os físicos Jacques Charles e Gay-Lussac descobriram experimentalmente que, numa transformação isocórica, a pressão (P) é diretamente proporcional à temperatura absoluta (T), ou seja:



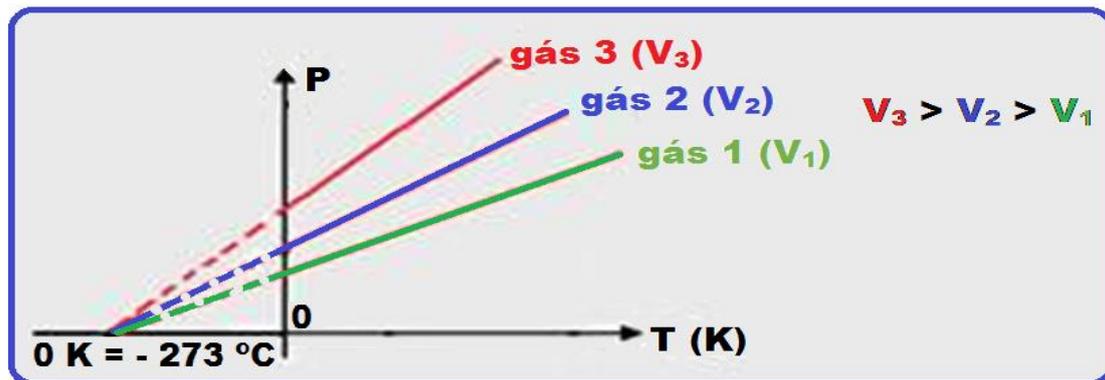
A expressão acima só é válida se considerarmos a temperatura absoluta, isto é, na escala kelvin.

Se a temperatura for medida em graus Celsius, isso não se aplica.

Na expressão  $P/T_0 = P/T$ , conhecida como lei de Charles,  $P_0$  e  $T_0$  representam a pressão e a temperatura absoluta do gás no estado inicial;  $P$  e  $T$  representam, respectivamente, a pressão e a temperatura absoluta do gás no estado final.

Observe o gráfico abaixo onde você vê representada a lei de Charles (transformação isovolumétrica) que representa a pressão (P) e a temperatura T, medida em graus kelvin (K) para 3 gases 1, 2 e 3.

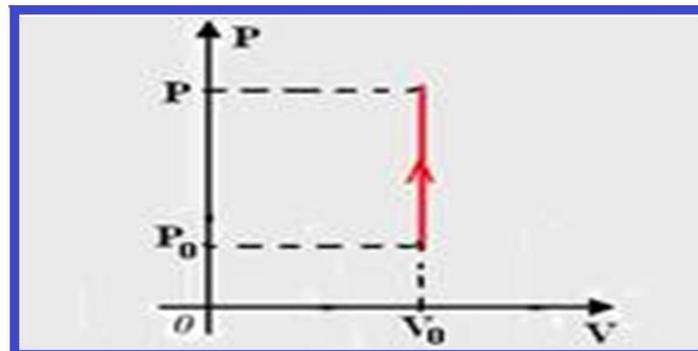
Como a temperatura de um gás perfeito diminui à medida que a pressão também diminui, então deveria existir uma temperatura muito baixa na qual a pressão seria



nula, obtida pelo prolongamento dos gráficos acima onde as retas representativas de cada gás convergem para um único ponto:  $-273,15^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$ , no qual a pressão exercida pelos gases torna-se nula.

Na realidade, esse fenômeno não acontece, pois é impossível se anular a pressão exercida por um gás, pois, com um resfriamento suficiente, todos eles se liquefazem ou se solidificam.

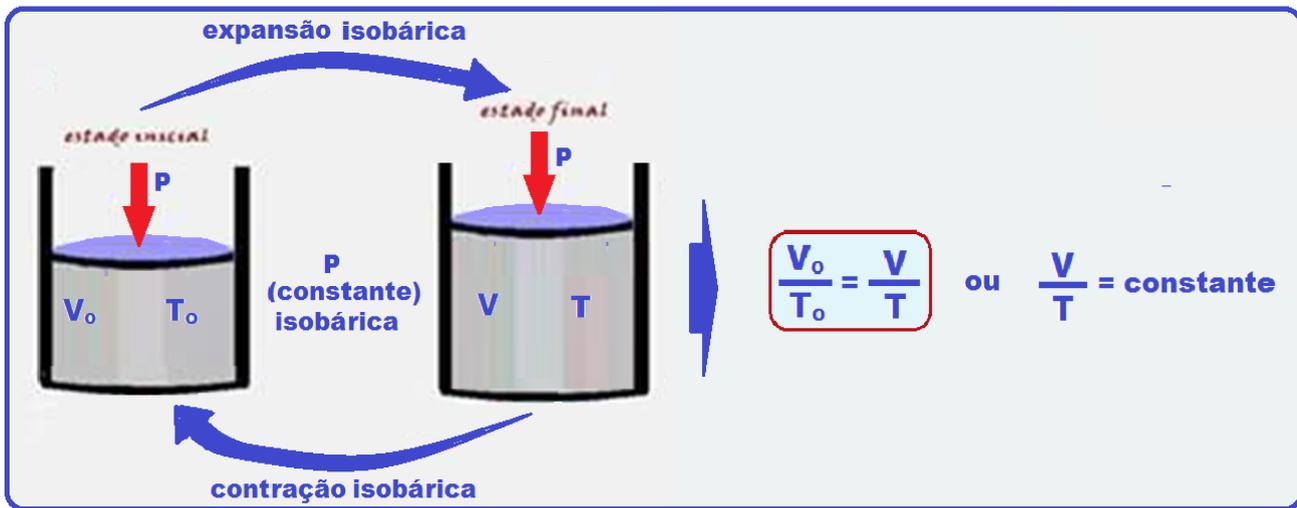
### **Diagrama de Clapeyron para transformações isocóricas.**



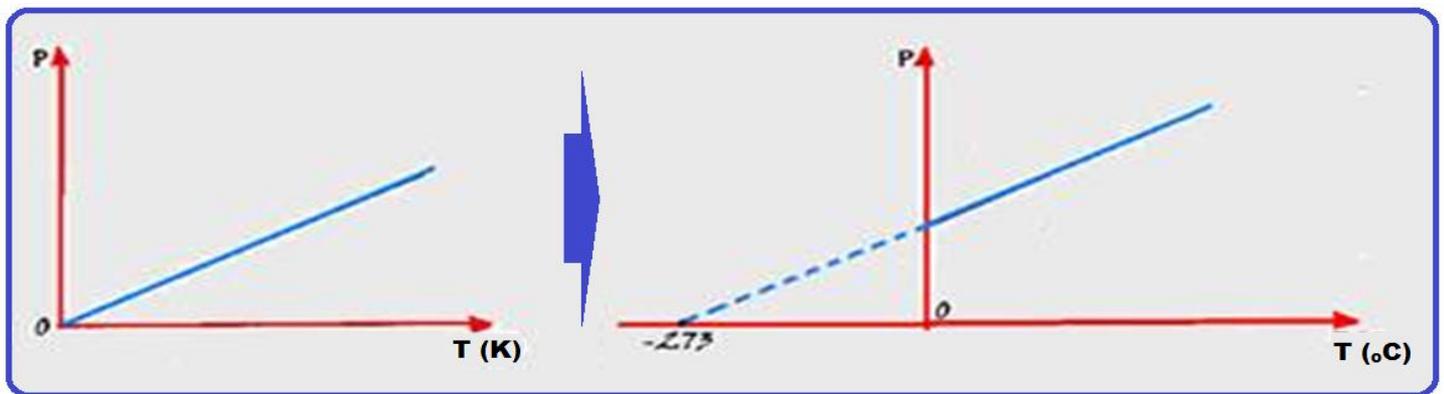
### **Transformação isobárica**

Ocorre à pressão constante (isso=igual; baros=pressão).

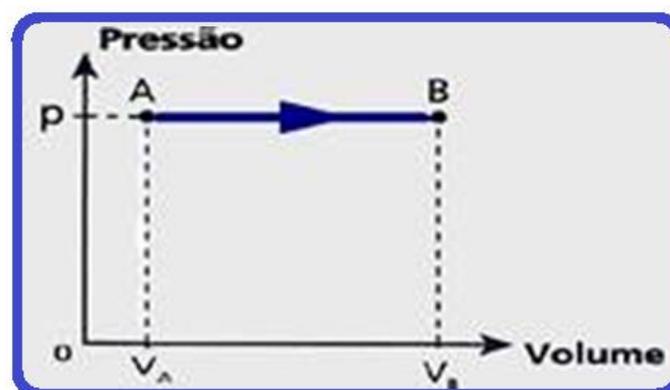
O físico Jacques Charles observou que, para uma certa massa de gás perfeito, mantida a pressão constante, o volume é diretamente proporcional à temperatura absoluta, ou seja:



A relação acima é denominada lei de Charles e Gay-Lussac para transformações isobáricas e cujo gráfico  $V \times T$  está representado abaixo:



## Diagrama de Clapeyron para transformações isobáricas



## Equação de Clapeyron

As três leis anteriores mostram como um gás perfeito se comporta quando mantemos uma variável constante e variamos as outras duas.

A equação de Clapeyron ou equação de um gás ideal corresponde a uma síntese dessas três leis, que relacionam entre si pressão, temperatura e volume. Numa transformação isotérmica, pressão e volume são inversamente proporcionais e em uma transformação isométrica, isocórica ou isovolumétrica, pressão e temperatura são diretamente proporcionais.

Pelas informações acima você pode concluir que a pressão é diretamente proporcional à temperatura e inversamente proporcional ao volume.

Acontece que o número de moléculas (número de mols) influencia na pressão exercida pelo gás, ou seja, a pressão também depende diretamente da massa do gás (número de moléculas nele contidas).

Considerando esses resultados, Paul Emile Clapeyron estabeleceu uma relação entre as variáveis de estado com a seguinte expressão matemática:

$$P.V = n.R.T$$

Onde  $n$  é o número de mols (relacionado à massa do gás) e  $R$  é a constante universal dos gases perfeitos.

Essa constante ( $R$ ) pode assumir os seguintes valores:

$$R = 0,082 \text{ atm.Lmol.K} = 8,31 \text{ Jmol.K}$$

#### Unidades usuais

$P$  - Pressão  $\left\{ \begin{array}{l} \text{ATM} \\ \text{mmHg} \end{array} \right.$

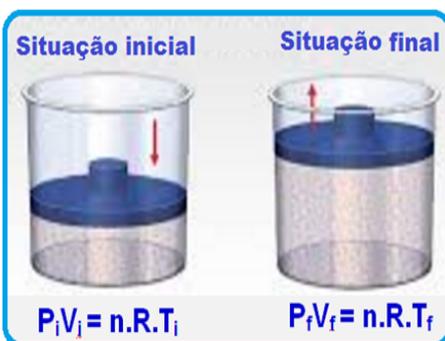
$V$  - Volume - obrigatoriamente expresso em Litros (L)

$n$  - Número de mols =  $\frac{\text{massa fornecida (g)}}{\text{massa molar (g)}}$

$R$  - Constante Geral dos Gases  $\left\{ \begin{array}{l} \text{pressão em ATM} = 0,082 \text{ ATM} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \\ \text{pressão em mmHg} = 62,3 \text{ mmHg} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \end{array} \right.$

$T$  - Temperatura - obrigatoriamente expressa em Kelvin (K)

## Equação geral dos gases perfeitos



Considere dois estados distintos (estado inicial  $i$  e estado final  $f$ ) de uma mesma massa gasosa (mesmo  $n$  e mesmo  $R$ )

Aplicando a equação de Clapeyron nessas duas situações:

Estado inicial  $\gggg P_i V_i = n.R.T_i$

Estado final  $\gggg P_f V_f = n.R.T_f$

Dividindo essas equações membro a membro  $\gggg$

$$\frac{P_i V_i}{P_f V_f} = \frac{n.R.T_i}{n.R.T_f} \gggg \frac{P_i V_i}{P_f V_f} = \frac{T_i}{T_f} \gggg$$

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \text{ ou } \frac{P V}{T} = \text{constante}$$

À equação acima se dá o nome de lei geral dos gases perfeitos e você deve utilizá-la quando houver variação de pressão, volume e temperatura simultaneamente, mantendo-se constante a massa.

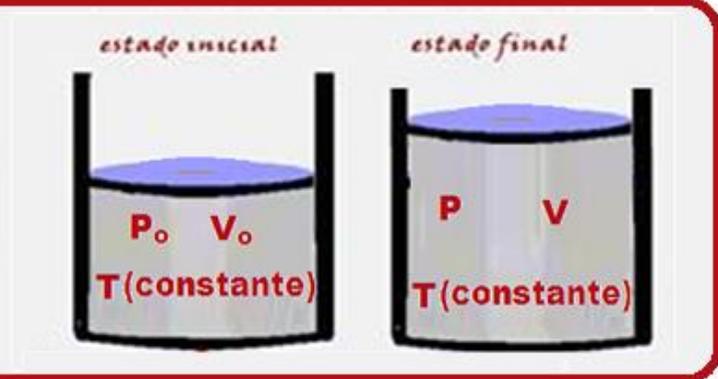
## O que você deve saber, informações e dicas



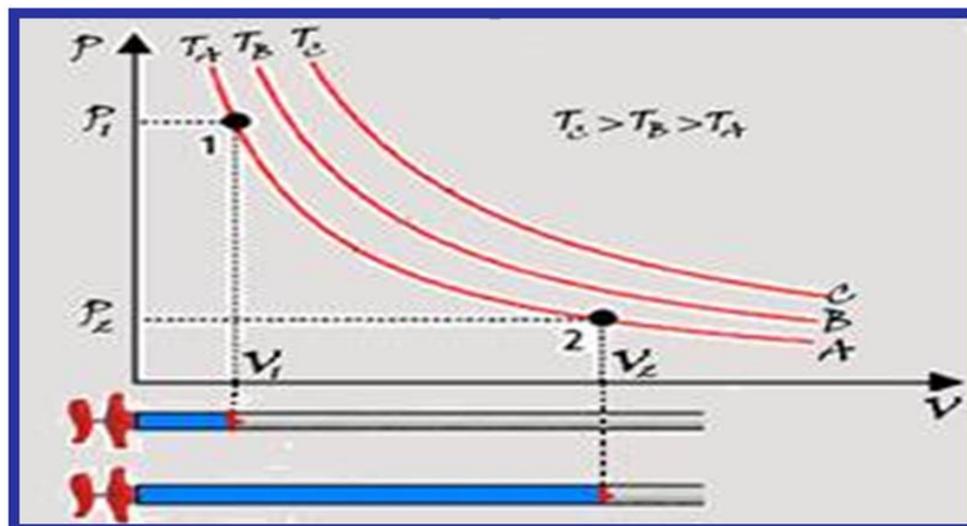
### Transformação Isotérmica

$$P_0 \cdot V_0 = P \cdot V = \text{constante}$$

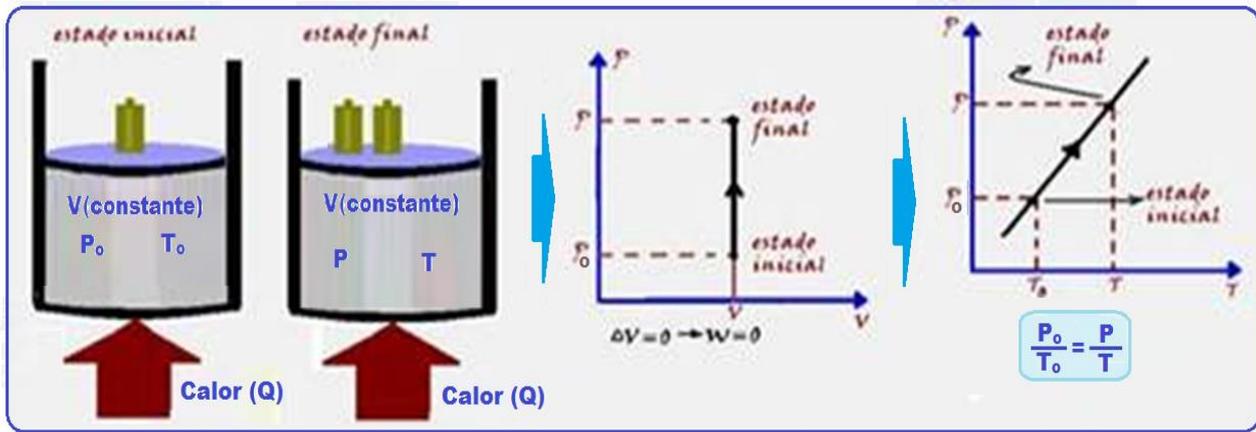
A pressão  $P$  é inversamente proporcional ao volume  $V$



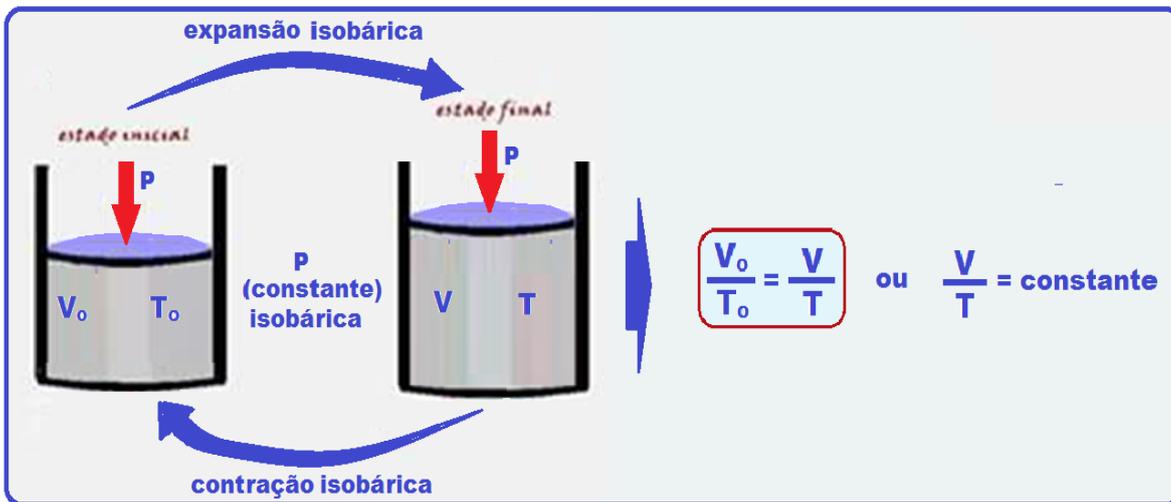
#### Isotermas



### Transformação isocórica, isométrica ou isovolumétrica



## Transformação Isobárica



## Equação de Clapeyron ou Equação de um gás ideal



$$P.V = n.R.T$$

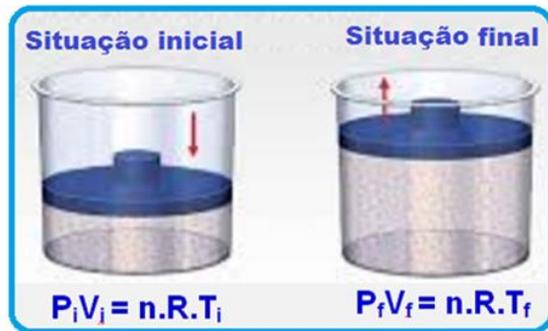
Onde  $n$  é o número de mols (relacionado à massa do gás) e  $R$  é a constante universal dos gases perfeitos.

Essa constante ( $R$ ) pode assumir os seguintes valores:

$$R = 0,082 \text{ atm.Lmol.K} = 8,31 \text{ Jmol.K}$$



## Equação geral dos gases perfeitos



$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad \text{ou} \quad \frac{P V}{T} = \text{constante}$$



Uma bola de futebol impermeável e murcha é colocada sob uma campânula, num ambiente hermeticamente fechado. A seguir, extrai-se lentamente o ar da campânula até que a bola acabe por readquirir sua forma esférica.

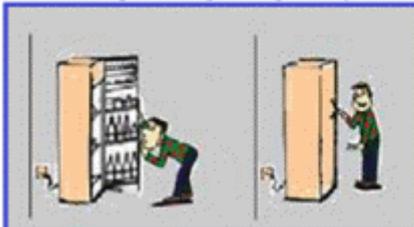
Ao longo do processo, a temperatura é mantida constante.

Ao final do processo, tratando-se o ar como um gás perfeito, pode-se afirmar que à temperatura constante (isotérmica), se a pressão diminui, no caso a externa, o volume aumenta, pois  $PV = \text{constante}$  e, se a bola aumenta o volume, a pressão interna

da bola diminui para igualar a pressão externa.



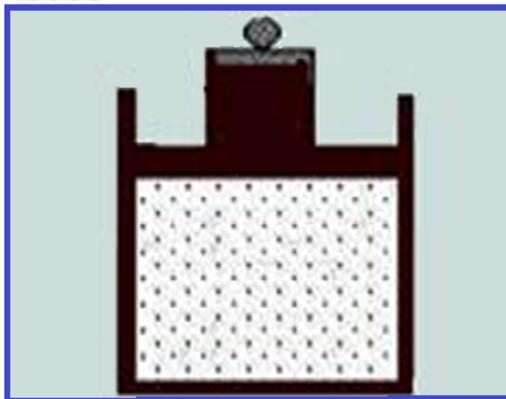
Você já deve ter notado como é difícil abrir a porta de um freezer logo após tê-la fechado, sendo necessário aguardar alguns segundos para abri-la novamente.



Isso ocorre porque, se a porta do freezer fica aberta por algum tempo, parte do ar de seu interior é substituído pelo ar mais quente do exterior.

Depois que você fecha a porta da geladeira, a temperatura interna do ar em seu interior irá diminuir e como se trata de uma transformação isovolumétrica, a pressão também diminui ( $P/T = \text{constante}$ ) fazendo com que a pressão externa fique maior que a interna, dificultando a abertura da porta.

Mas, após alguns instantes, entra ar pelo sistema de vedação da geladeira, diminuindo a diferença entre as pressões externa e interna, facilitando, então, a abertura da porta.



A figura ao lado representa um gás contido em um cilindro cuja parte superior é vedada por um êmbolo que pode deslizar, sem atrito, para cima e para baixo, ao longo das paredes do cilindro.

Sobre o êmbolo está um objeto de massa constante. Se esse sistema for aquecido lentamente, a transformação a que ele será submetido é isobárica, pois a pressão sobre o êmbolo é constante (a soma da pressão atmosférica com a pressão devido ao peso do êmbolo, é constante).

Assim trata-se de uma transformação isobárica onde o gás se expande com aumento de temperatura.



Nas lições iniciais de um curso de mergulho com equipamento autônomo – cilindro de ar



comprimido – os alunos são instruídos a voltarem lentamente à superfície, sem prender sua respiração em hipótese alguma, a fim de permitir que ocorra a gradativa descompressão (diminuição da pressão).

O aprisionamento do ar nos pulmões pode ser fatal para o mergulhador durante a subida, pois, nesse caso, a transformação sofrida pelo ar nos pulmões é isotérmica, com aumento do volume do ar.



Você estaciona seu carro, movido a gás natural, ao Sol.  
Considere que o gás no reservatório do carro se comporta como um gás ideal.  
Qual é o tipo de transformação gasosa e seu respectivo gráfico nesse fenômeno termodinâmico?

Como o volume do cilindro que contém o gás se dilata muito pouco com a temperatura, pode-se dizer que se trata de uma transformação gasosa isométrica ou isovolumétrica (volume constante). Como o carro fica exposto ao sol, a temperatura do gás aumenta e conseqüentemente a pressão exercida pelo gás também aumenta, pois  $P/T = \text{constante}$  e  $P$  é diretamente proporcional a  $T$ , cujo

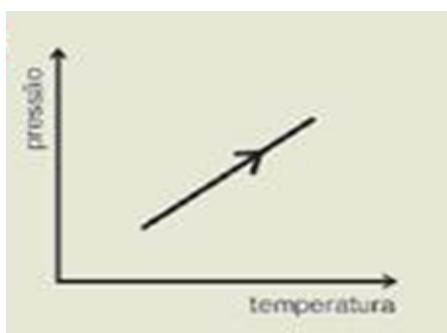


gráfico PXT está representado acima.



Um balão de aniversário, cheio de gás Hélio, solta-se da mão de uma criança, subindo até grandes



altitudes e, devido a redução da pressão, seu volume aumenta.



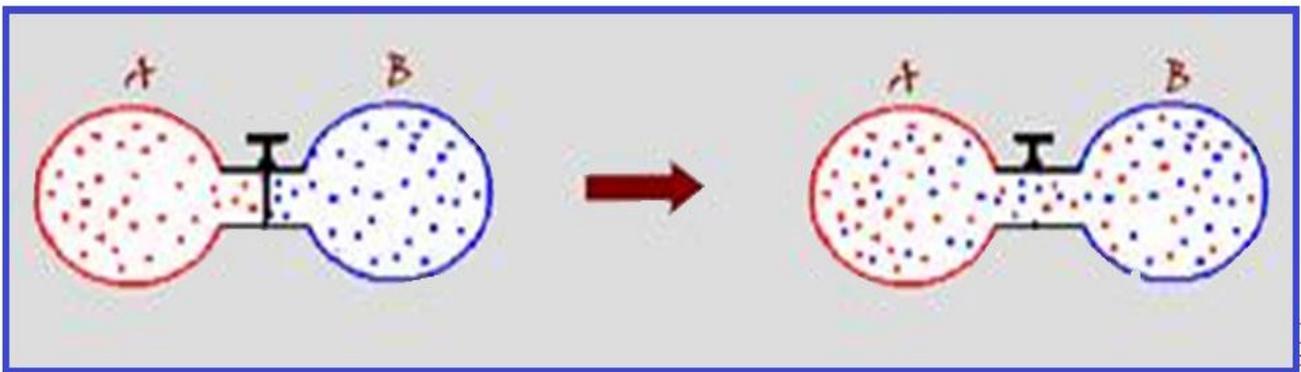
Nos manuais de automóveis, na seção que trata da calibragem dos pneus, junto à pressão recomendada, encontramos a seguinte instrução: “os pneus devem ser calibrados enquanto frios”.

O motivo da recomendação é que, se calibrarmos os pneus quentes com a pressão recomendada, ao esfriarem a pressão cairá a valores mais baixos que o recomendado.



### Mistura de gases

Considere dois recipientes rígidos, de volumes  $V_A$  e  $V_B$  contendo, respectivamente, gases A e B. Esses recipientes estão conectados entre si por um tubo fino munido de torneira que está fechada. Abre-se então a torneira colocando os



dois recipientes em comunicação, com os gases se misturando.

Após a mistura, suas partículas terão o mesmo grau de agitação, portanto a mesma temperatura.

Considerando  $n$  o número de mols da mistura,  $n_A$  o número de mols do gás A e  $n_B$  o número de mols do gás B, pode-se escrever  $n = n_A + n_B$   $\ggg$  Clapeyron  $\ggg PV = nRT$   $\ggg n = PV/RT$ , que,

substituído em  $n = n_A + n_B \implies PV/RT = P_A V_A / RT_A + P_B V_B / RT_B \implies \frac{PV}{T} = \frac{P_A V_A}{T_A} + \frac{P_B V_B}{T_B}$ .

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_A V_A}{T_A} + \frac{P_B V_B}{T_B}$$

Se  $P_A$  for a pressão do no recipiente A antes da mistura e  $P_B$  a pressão no recipiente B antes da mistura, tem-se  $P = P_A + P_B$ , onde P é a pressão total exercida pela mistura.



Veja um exercício interessante:

Quando abrimos uma geladeira com boa vedação e voltamos a fechá-la, é difícil abri-la novamente em seguida.

a) Como podemos explicar esse fenômeno com base no comportamento termodinâmico dos gases?

b) Considere uma geladeira com volume interno de 1.000 L, temperatura interna -5°C e área da porta 2m<sup>2</sup>. Num dia cuja temperatura ambiente é 25°C, abrimos a porta da geladeira e a fechamos. Supondo que todo o ar frio no interior da geladeira seja substituído por ar à temperatura ambiente, qual será a força média necessária para abrir a porta depois



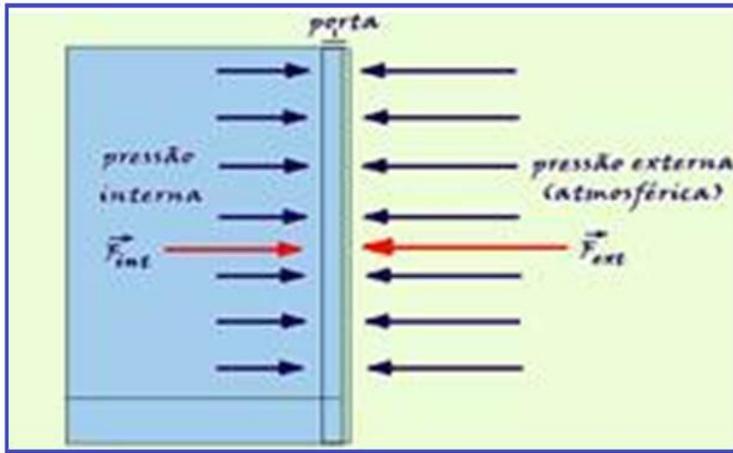
de restabelecido o equilíbrio termodinâmico no interior da geladeira?

(Dado: 1 atm  $\approx 10^5$  N/m<sup>2</sup>).

Resolução:

a) Se a porta do freezer fica aberta por algum tempo, parte do ar de seu interior é substituído pelo ar mais quente do exterior.

Depois que você fecha a porta da geladeira, a temperatura interna do ar em seu interior irá diminuir e como se trata de uma isovolumétrica, a pressão também diminui ( $P/T = \text{constante}$ ) fazendo com



que a pressão externa fique maior que a interna, dificultando a abertura da porta.

**Mas**, após alguns instantes, entra ar pelo sistema de vedação da geladeira, diminuindo a diferença entre as pressões externa e interna, facilitando, então, a abertura da porta.

b) Se a pressão externa é maior que a interna, como  $\text{Pressão} = \text{Força}/\text{Área da porta}$ , a força externa terá intensidade maior que a força interna e a intensidade da força resultante será  $F_R = F_{\text{ext}} - F_{\text{int}}$ .

A transformação é isovolumétrica (volume constante)  $\ggg \frac{P_1/T_1 = P_2/T_2}{\ggg 1,0 \cdot 10^5 \times 1.000 = P_2/(25 + 273)} \ggg P_2 = P_{\text{int}} = 0,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (P_a) \ggg \Delta P = F_R/S \ggg (1,0 \cdot 10^5 - 0,9 \cdot 10^5) = F_R/2 \ggg F_R = 0,2 \cdot 10^5 \text{ N} \ggg F_R = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$ .

## Exercícios de vestibulares sobre Tipos de transformações gasosas

### Exercícios de vestibulares sobre

### Tipos de transformações gasosas

**01-(UFU-MG)** As grandezas que definem completamente o estado de um gás são:



- somente pressão e volume
- apenas o volume e a temperatura
- massa e volume
- temperatura, volume e pressão
- massa, pressão, volume e temperatura

**02-(PUC-RS)** De acordo com a Lei de Robert Boyle (1660), para proporcionar um aumento na pressão de uma determinada amostra gasosa numa transformação isotérmica, é necessário:

- aumentar o seu volume.
- diminuir a sua massa.
- aumentar a sua temperatura.
- diminuir o seu volume.

e) aumentar a sua massa

**03-(UEBA-BA)** Um balão-propaganda cheio de gás hélio, ao nível do mar, ocupa um volume de 250 L.



Seu volume após lançamento, numa altitude de 3000 m será: (obs.: admitindo-se que a temperatura tenha se mantido constante)

- a) menor, pois a pressão externa aumenta com a altitude.
- b) maior, pois a pressão externa diminui com a altitude.
- c) permanecerá constante, pois a pressão não varia com a altitude.
- d) permanecerá constante, pois a temperatura se manteve constante.
- e) maior, pois a pressão externa aumenta com a altitude.

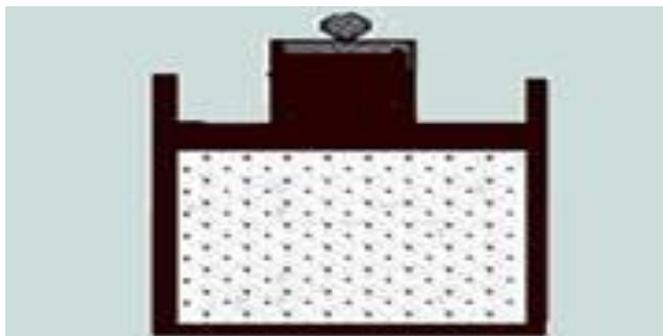
**04-(PUC-BA)** Duas amostras de igual massa de um mesmo gás foram submetidas ao seguinte teste, à temperatura constante:



os dados obtidos para a pressão e volume das amostras comprovam a lei de:

- a) Boyle \_\_\_\_\_
- b) Gay-Lussac \_\_\_\_\_
- c) Avogadro \_\_\_\_\_
- d) Proust \_\_\_\_\_
- e) Lavoisier \_\_\_\_\_

**05- (PUC-MG)** A figura ao lado representa um gás contido em um cilindro cuja parte superior é vedada por um êmbolo que pode deslizar, sem atrito, para cima e para baixo, ao longo das paredes do cilindro.



Sobre o êmbolo está um objeto de massa constante. Se esse sistema for aquecido lentamente, a transformação a que ele será submetido é:

a) adiabática

b) isobárica

c) isotérmica

d) isocórica

e) isostática

**06-(MACKENZIE-SP)** Se a pressão de um gás confinado é duplicada a temperatura constante, a grandeza do gás que duplicará será:

a) a massa

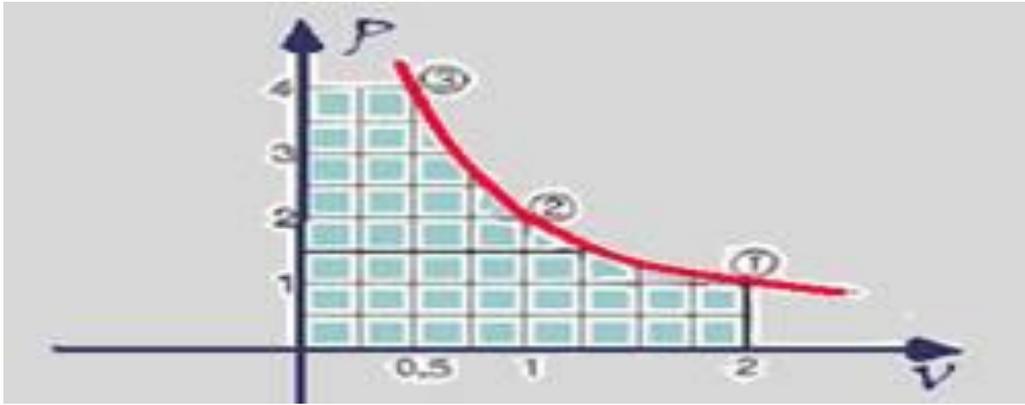
b) a massa específica

c) o volume

d) o peso

e) a energia cinética

**07- (UFAC-AC)** Considere o gráfico a seguir:



O gráfico acima representa um comportamento típico de um gás submetido à lei de Boyle – Mariotte ( $P.V=K$ ). Com relação à curva, pode-se afirmar que:

a) É uma isocórica e o valor de K é igual a 2,0

b) É uma isoterma e o valor de K é igual a 12,0

c) É uma isocórica e o valor de K é igual a 12,0

d) É uma isoterma e o valor de K é igual a 2,0

e) É uma isobárica e o valor de K é igual a 2,0

**08-(CESGRANRIO-RJ)** Você brincou de encher, com ar, um balão de gás, na beira da praia, até um volume de 1 L e o fechou.



Em seguida, subiu uma encosta próxima carregando o balão, até uma altitude de 900m, onde a pressão atmosférica é 10% menor que a pressão ao nível do mar. Considerando que a temperatura na praia e na encosta seja mesma, o volume de ar no balão após a subida, será de:

a) 0,8 L

b) 0,9 L

c) 1,0 L

d) 1,1 L

e) 1,2 L

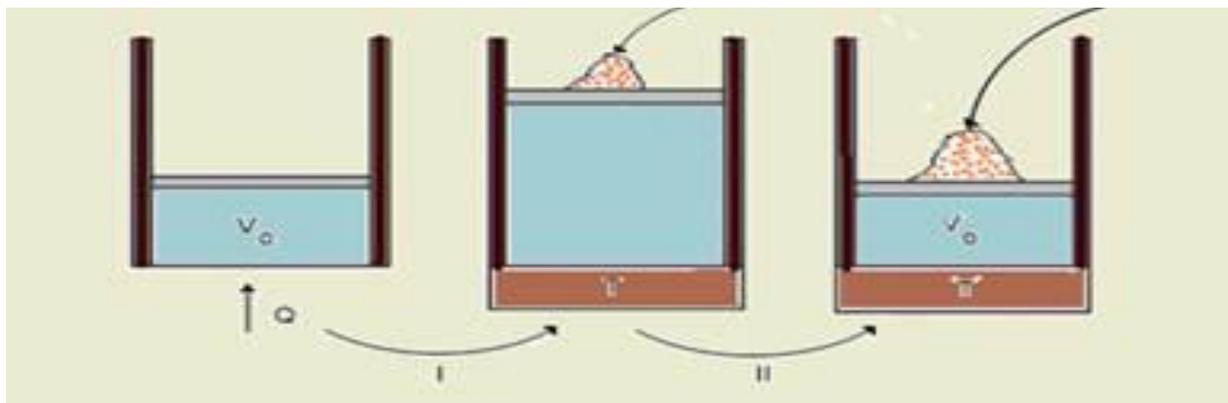
**09-(UFRJ-RJ)** Um balão, contendo um gás ideal, é usado para levantar cargas subaquáticas. A uma certa profundidade, o gás nele



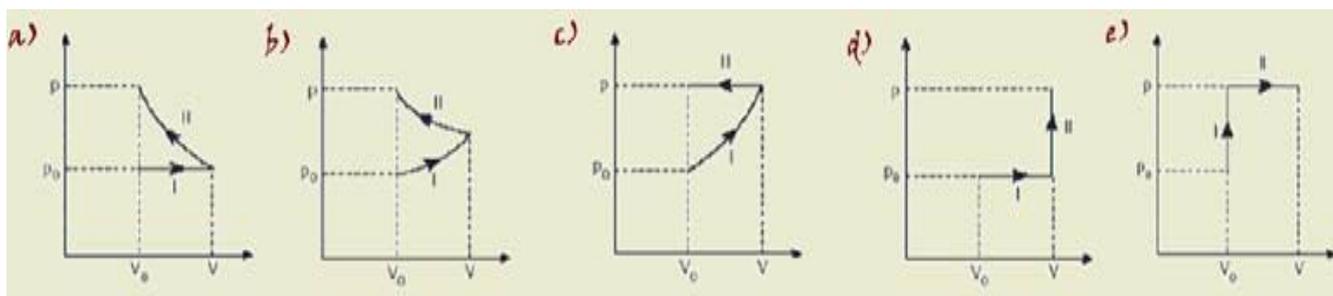
contido está em equilíbrio térmico com a água a uma temperatura absoluta  $T_0$  e a uma pressão  $P_0$ . Quando o balão sai da água, depois de levantar a carga, o gás nele contido entra em equilíbrio térmico com o ambiente a uma temperatura absoluta  $T$  e a uma pressão  $P$ .

Supondo que o gás no interior do balão seja ideal e sabendo que  $P_0/P = 3/2$  e  $T_0/T = 0,93$ , calcule a razão  $V_0/V$  entre o volume  $V_0$  do gás quando o balão está submerso e o volume  $V$  do mesmo gás quando o balão está fora d'água.

**10-(UNIFESP-SP)** A figura ilustra duas transformações de um gás ideal contido num cilindro de paredes adiabáticas. Em I, através de uma base diatérmica (que permite a passagem do calor), o gás recebe calor e faz o êmbolo, também construído de material adiabático, subir livremente, aumentando seu volume de  $V_0$  a  $V$ , atingindo a temperatura  $T$ . Nesse estado, a fonte quente é retirada e substituída por um reservatório térmico à mesma temperatura  $T$  do gás. Em seguida, na transformação II, colocam-se grãos de areia sobre o êmbolo, lentamente, para que o gás possa manter-se em equilíbrio térmico com o reservatório. Nessas condições, o êmbolo baixa até que o gás volte a ocupar o mesmo volume  $V_0$  do início.



Considere desprezíveis as variações da pressão atmosférica. O diagrama  $pV$ , que melhor representa essas duas transformações, é o da figura:



**11-(PUC-MG) Um balão de aniversário, cheio de gás Hélio, solta-se da mão de uma criança, subindo até grandes altitudes.**



**Durante a subida, é CORRETO afirmar:**

- a) O volume do balão diminui.
- b) A pressão do gás no interior do balão aumenta.
- c) O volume do balão aumenta.
- d) O volume do balão permanece constante.

**12-(UEPG-GO) A respeito do funcionamento da panela de pressão, assinale o que for correto.**



**01) De acordo com a lei dos gases, as variáveis envolvidas no processo são pressão, volume e temperatura.**

**02) O aumento da pressão no interior da panela afeta o ponto de ebulição da água.**

**04) A quantidade de calor doado ao sistema deve ser constante, para evitar que a panela venha a explodir.**

**08) O tempo de cozimento dos alimentos dentro de uma panela de pressão é menor porque eles ficam submetidos a temperaturas superiores a 100 °C.**

**13-(UFSC-SC) Como funciona a panela de pressão?**

Dona Maria, uma exímia cozinheira, ficou intrigada ao sair de uma das aulas de Ciências sobre o funcionamento da panela de



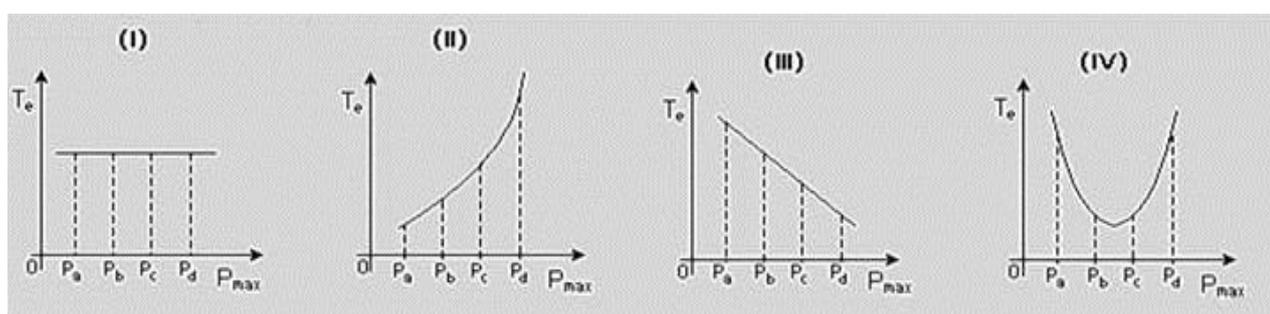
pressão, a qual utiliza diariamente em sua casa. Na primeira pesquisa efetuada em um site na Internet, ela encontrou o seguinte fragmento:

“A panela de pressão foi inventada pelo físico francês Denis Papin, que publicou em 1861 uma descrição do equipamento, denominando-o digestor. Numa reunião de cientistas da Royal Society, Papin demonstrou que o seu invento era capaz de reduzir ossos a gelatina comestível.”

Disponível em: <<http://br.geocities.com/saladefisica7/funcona/panela.htm>>.

Acesso em: 22 out. 2007

Alunos do ensino médio, no intuito de ajudar Dona Maria, enviaram os gráficos (I), (II), (III) e (IV) que representam o comportamento da temperatura de ebulição da água ( $T_e$ ) em função da pressão máxima de vapor de água ( $P_{max}$ ) no interior de quatro panelas de pressão (a, b, c e d), com pressões máximas diferentes  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  e  $P_d$ , respectivamente.



Escolha o gráfico que melhor representa o comportamento da temperatura de ebulição da água ( $T_e$ ) em função da pressão máxima do vapor de água ( $P_{max}$ ), indique-o na sua resposta, faça uma análise matemática da relação entre as variáveis referidas, explicando o princípio de funcionamento da panela de pressão.

14-(UFMG) Gabriela segura um balão com gás hélio durante uma viagem do Rio de Janeiro até o pico das Agulhas Negras.



No Rio de Janeiro, o volume do balão era  $V_0$ , e o gás estava à pressão  $p_0$  e à temperatura  $T_0$ , medida em kelvin. Ao chegar ao pico, porém, Gabriela observa que o volume do balão passa a ser  $6/5 V_0$  e a temperatura do gás,  $9/10 T_0$ . Com base nessas informações, é correto afirmar que, no pico das Agulhas Negras, a pressão do gás, no interior do balão, é:

a)  $p_0$ .

b)  $3/4 p_0$ .

c)  $5/6 p_0$ .

d)  $9/10 p_0$ .

15- (FMTM-MG) Nas lições iniciais de um curso de mergulho com equipamento autônomo –



cilindro de ar comprimido – os alunos são instruídos a voltarem lentamente à superfície, sem prender sua respiração em hipótese alguma, a fim de permitir que ocorra a gradativa descompressão. O aprisionamento do ar nos pulmões pode ser fatal para o mergulhador durante a subida, pois, nesse caso, a transformação sofrida pelo ar nos pulmões é

a) isobárica, com redução do volume do ar.

b) isobárica, com aumento da temperatura do ar.

c) isotérmica, com aumento da pressão do ar.

d) isotérmica, com aumento do volume do ar.

e) isovolumétrica, com diminuição da pressão do ar

16-(UNIFESP-SP) A figura reproduz o esquema da montagem feita por Robert Boyle para estabelecer a lei dos gases para transformações isotérmicas. Boyle colocou no tubo certa quantidade de mercúrio, até aprisionar um determinado volume de ar no ramo fechado, e igualou os níveis dos dois ramos. Em seguida, passou a acrescentar mais mercúrio no ramo aberto e a medir, no outro ramo, o volume do ar aprisionado (em unidades arbitrárias) e a correspondente pressão pelo desnível da coluna de mercúrio, em polegadas de mercúrio. Na tabela, estão

alguns dos dados por ele obtidos, de acordo com a sua publicação “New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of Air, and its Effects”, de 1662.(<http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/history/>)



a) Todos os resultados obtidos por Boyle, com uma pequena aproximação, confirmaram a sua lei. Que resultados foram esses? Justifique.

b) De acordo com os dados da tabela, qual a pressão, em pascal, do ar aprisionado no tubo para o volume de 24 unidades arbitrárias?

Utilize para este cálculo:

pressão atmosférica  $p_0 = 1,0 \times 10^5$  pascal; densidade do mercúrio  $d(\text{Hg}) = 14 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ;  $g=10 \text{ m/s}^2$

**17-(UFAM-AM)** Analise as seguintes afirmativas a respeito dos tipos de transformações ou mudanças de estado de um gás.

I. em uma transformação isocórica o volume do gás permanece constante.

II. em uma transformação isobárica a pressão do gás permanece constante.

III. em uma transformação isotérmica a temperatura do gás permanece constante.

IV. em uma transformação adiabática variam o volume, a pressão e a temperatura.

Com a relação as quatro afirmativas acima, podemos dizer que:

a) só I e III são verdadeiras.

b) só II e III são verdadeiras.

c) I, II, III e IV são verdadeiras.

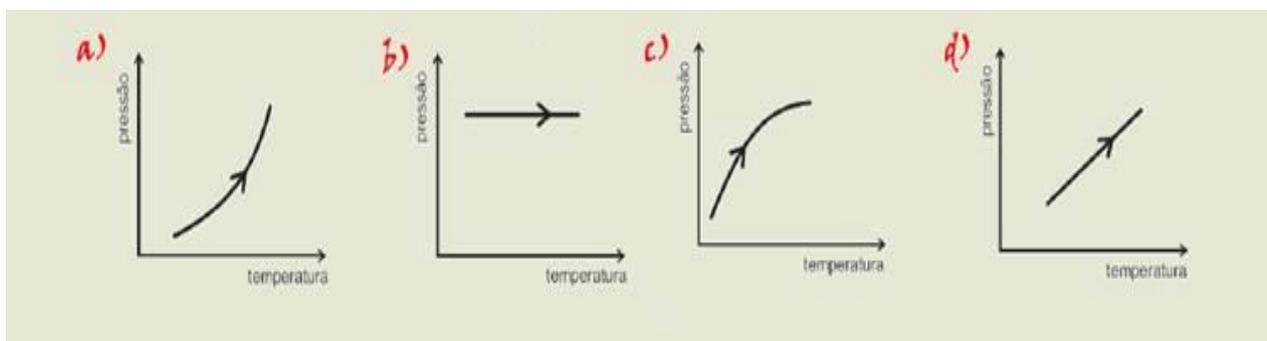
d) só I é verdadeira.

e) todas são falsas.

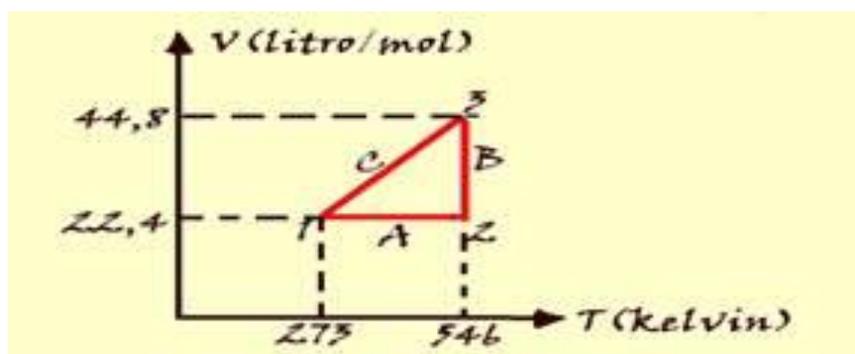
**18-(UFMG-MG)** Regina estaciona seu carro, movido a gás natural, ao Sol. Considere que o gás no



reservatório do carro se comporta como um gás ideal. Assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa a pressão em função da temperatura do gás na situação descrita.



**19-(UNIFENAS-MG)** Um mol de um gás ideal é submetido a uma transformação de estado cíclico, como mostra o gráfico a seguir:



Pode-se afirmar que as transformações A, B e C, são, respectivamente:

a) isovolumétrica, isotérmica, isovolumétrica

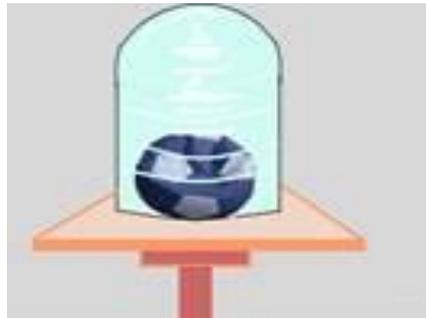
b) isobárica, isotérmica, isovolumétrica

c) isovolumétrica, isotérmica, isobárica

d) isotérmica, isobárica, isovolumétrica

e) isovolumétrica, isobárica, isotérmica

20-(FUVEST-SP) Uma bola de futebol impermeável e murcha é colocada sob uma campânula, num ambiente hermeticamente



fechado. A seguir, extrai-se lentamente o ar da campânula até que a bola acabe por readquirir sua forma esférica. Ao longo do processo, a temperatura é mantida constante. Ao final do processo, tratando-se o ar como um gás perfeito, podemos afirmar que:

- a) a pressão do ar dentro da bola diminuiu.
- b) a pressão do ar dentro da bola aumentou.
- c) a pressão do ar dentro da bola não mudou.
- d) a densidade do ar dentro da bola aumentou.

21- (FGV-SP) Na Coreia do Sul, a caça submarina é uma profissão feminina por tradição. As

Haenyeos são “mulheres-peixe” que ganham dinheiro mergulhando atrás de frutos do mar e crustáceos. O trabalho é realizado com equipamentos precários o que não impede a enorme resistência dessas senhoras que conseguem submergir por dois minutos e descer até 20 metros abaixo da superfície.

(“Revista dos Curiosos”, 2003)

Supondo que o ar contido nos pulmões de uma dessas mergulhadoras não sofresse variação significativa de temperatura e se comportasse como um gás ideal, e levando em conta que a

pressão exercida por uma coluna de água de 10m de altura equivale aproximadamente a 1atm, a relação entre o volume do ar contido nos pulmões, durante um desses mergulhos de 20m de profundidade, e o volume que esse ar ocuparia ao nível do mar, se a estrutura óssea e muscular do tórax não oferecesse resistência, corresponderia, aproximadamente, a



Dado: pressão na superfície da água = 1 atm

a) 0,3.

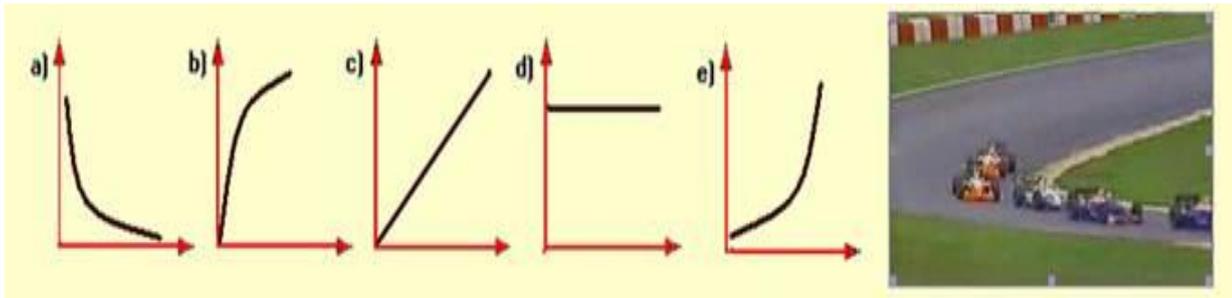
b) 0,5.

c) 0,6.

d) 1,0.

e) 1,5.

**22-(CESGRANRIO-RJ)** Antes da largada e “na volta de apresentação” de um Grande Prêmio de Fórmula 1, os pneus são pré-aquecidos para melhorar o desempenho do carro. Supondo desprezível variação do volume do pneu durante a prova, qual dos gráficos a seguir representa a variação da pressão do ar no interior do pneu em função da variação de temperatura absoluta atingida pelo pneu na reta de chegada?



**23-(UFRN-RN)** O departamento de Física da UFRN possui um laboratório de pesquisa em criogenia, ciência que estuda a produção e manutenção de temperaturas muito baixas, contribuindo para o entendimento das propriedades físicas e químicas de sistemas nessas temperaturas pouco comuns. Nesse laboratório, uma máquina retira o gás nitrogênio do ar e o liquefaz a uma temperatura de 77,0 kelvin (K), que corresponde a -196 graus celsius (°C). Nessa temperatura o nitrogênio é usado cotidianamente pelos departamentos de Física, Química e Biologia da UFRN, como também por pecuaristas no congelamento de sêmen para reprodução animal.



O nitrogênio líquido, em virtude de suas características, necessita ser manuseado adequadamente, pois pessoas não habilitadas poderão sofrer acidentes e serem vítimas de explosões. Imagine uma pessoa desavisada transportando, num dia quente de verão, uma porção de nitrogênio líquido numa garrafa plástica fechada. Como o nitrogênio líquido tende a entrar em equilíbrio térmico com o ambiente, mudará de estado físico, transformando-se em um gás. A tendência desse gás é se expandir, podendo provocar uma explosão.

Admita que

l) o nitrogênio rapidamente se transforma em gás ideal, ou seja, obedece à equação  $PV = nRT$ . Em que R é a constante universal dos gases e P, V, T, n são,

respectivamente: a pressão, o volume, a temperatura e o número de moles do gás;

II) a pressão interna e a temperatura iniciais desse gás são, respectivamente,  $2,0 \cdot 10^5$  pascal ( $P_a$ ) e 78,0 K;

III) a garrafa utilizada pode suportar uma pressão máxima de  $4,0 \cdot 10^5 P_a$  e o volume dessa garrafa não varia até que a explosão ocorra.

Diante dessas considerações, é correto dizer que a temperatura limite (do gás nitrogênio) que a garrafa suporta sem explodir é

a) 273 K

b) 156 K.

c) 234 K

d) 128 K

**24-(ITA-SP)** A pressão total do ar no interior de um pneu era de 2,30 atm, quando a temperatura do pneu era de  $27^\circ\text{C}$ . Depois de ter rodado um certo tempo com este pneu, mediu-se novamente sua pressão e verificou-se que este agora era de 2,53 atm. Supondo variação de volume desprezível do pneu, determine sua nova temperatura.

**25-(UNIFESP-SP)** Você já deve ter notado como é difícil abrir a porta de um freezer logo após tê-la fechado, sendo necessário aguardar alguns segundos para abri-la novamente. Considere um freezer vertical cuja porta tenha 0,60 m de largura por 1,0 m de

altura, volume interno de 150 L e que esteja a uma temperatura interna de  $-18^\circ\text{C}$ , num dia em que a



temperatura externa seja de  $27^\circ\text{C}$  temperatura interna de e a pressão,  $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ .

a) Com base em conceitos físicos, explique a razão de ser difícil abrir a porta do freezer logo após tê-la fechado e por que é necessário aguardar alguns instantes para conseguir abri-la novamente.

b) Suponha que você tenha aberto a porta do freezer por tempo suficiente para que todo o ar frio do seu interior fosse substituído por ar a  $27^\circ\text{C}$  e que, fechando a porta do freezer, quisesse abri-la novamente logo em seguida. Considere que, nesse curtíssimo intervalo de tempo, a temperatura média do ar no interior do -  $3^\circ\text{C}$ . Determine a intensidade da força resultante sobre a porta do freezer.

**26-(FUVEST-SP)** Certa massa de gás ideal, inicialmente à pressão  $P_0$ , volume  $V_0$  e temperatura  $T_0$ , é submetida à seguinte seqüência de transformações:

1. É aquecida à pressão constante até que a temperatura atinja o valor  $2T_0$ .
2. É resfriada a volume constante até que a temperatura atinja o valor inicial  $T_0$ .
3. É comprimida à temperatura constante até que atinja a pressão inicial  $P_0$ .

a) Calcule os valores da pressão, temperatura e volume final de cada transformação.

b) Represente as transformações num diagrama pressão x volume.

**27-(UFRN-RN)** Um mergulhador que faz manutenção numa plataforma de exploração de petróleo está a uma profundidade de 15 m quando uma pequena bolha de ar, de volume  $V_i$ , é liberada e sobe até a superfície, onde a pressão é a pressão atmosférica (1,0 atm). Para efeito deste problema, considere que: a temperatura dentro da bolha permanece constante enquanto esta existir; a

pressão aumenta cerca de 1,0 atm a cada 10 m de profundidade; o ar da bolha é um gás ideal e obedece à relação  $PV/T = \text{constante}$ , em que  $P$ ,  $V$  e  $T$  são respectivamente, a pressão, o volume e a

temperatura do ar dentro da bolha. Na situação apresentada, o volume da bolha quando ela estiver prestes a chegar à superfície será aproximadamente:



a)  $4,5V_i$

b)  $3,5V_i$

c)  $1,5V_i$

**28-(UFLA-MG)**

Quando abrimos uma geladeira com boa vedação e voltamos a fechá-la, é difícil abri-la

novamente em seguida.

a) Como podemos explicar esse fenômeno com base no comportamento termodinâmico dos gases?

b) Considere uma geladeira com volume interno de 1.000 L, temperatura interna  $-5^\circ\text{C}$  e área da porta  $2\text{m}^2$ . Num dia cuja temperatura ambiente é  $25^\circ\text{C}$ , abrimos a porta da geladeira e a fechamos. Supondo que todo o ar frio no interior da geladeira seja substituído por ar à temperatura ambiente.



Qual será a força média necessária para abrir a porta depois de restabelecido o equilíbrio termodinâmico no interior da geladeira?

(Dado:  $1 \text{ atm} \approx 10^5 \text{ N/m}^2$ ).

29-(UFA-MG) Nos manuais de automóveis, na seção que trata da calibragem dos pneus, junto à pressão recomendada, encontramos a seguinte instrução: “os pneus devem ser calibrados enquanto frios”. Qual o motivo da recomendação?

a) Se calibrarmos os pneus quentes com a pressão recomendada, ao esfriarem a pressão cairá a valores mais baixos que o recomendado.

b) Se calibrarmos os pneus quentes com ar à temperatura ambiente, podemos provocar rachaduras nas rodas.

c) Se calibrarmos os pneus ainda quentes, podemos levar a vazamentos de ar, porque a borracha estará dilatada.

d) Se calibrarmos os pneus quentes com a pressão recomendada, quando os pneus esfriarem a pressão ficará muito acima da recomendada, por causa da contração da borracha.



e) Se calibrarmos os pneus a frio, gastaremos menos ar para enchê-los.

**30-(UnB-DF)** Um balão contendo gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ), mantido à pressão constante, tem volume igual a 10 L, a  $27^\circ\text{C}$ . Se o volume for dobrado, poderemos afirmar que:



- a) a temperatura em  $^\circ\text{C}$  dobrará
- b) a temperatura em K dobrará
- c) a temperatura em K diminuirá à metade
- d) a temperatura em  $^\circ\text{C}$  diminuirá à metade
- e) a temperatura em K aumentará de 273 K

31-(UFPB-PB) Antes de iniciar uma viagem, um motorista cuidadoso calibra os pneus de seu carro, que estão à temperatura

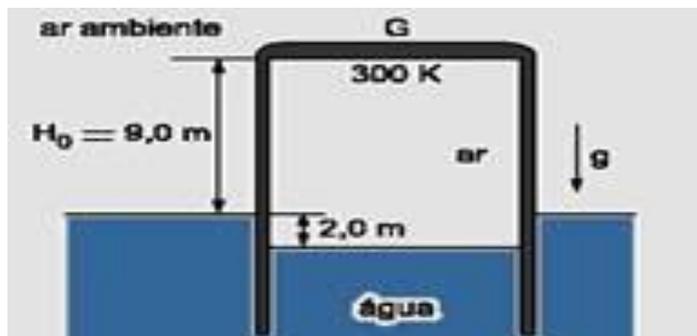


ambiente de  $27^{\circ}\text{C}$ , com uma pressão de  $30\text{ lb/pol}^2$ . Ao final da viagem, para determinar a temperatura dos pneus, o motorista mede a pressão dos mesmos e descobre que esta aumentou para  $32\text{ lb/pol}^2$ . Se o volume dos pneus permanece inalterado e se o gás no interior é ideal, o motorista determinou a temperatura dos pneus como sendo:

- a)  $17^{\circ}\text{C}$                       b)  $27^{\circ}\text{C}$                       c)  $37^{\circ}\text{C}$                       d)  $47^{\circ}\text{C}$                       e)  $57^{\circ}\text{C}$

**32-(FUVEST)** O gasômetro G, utilizado para o armazenamento de ar, é um recipiente cilíndrico, metálico, com paredes laterais de pequena espessura. G é fechado na sua parte superior, aberto na inferior que permanece imersa em água e pode se mover na direção vertical. G contém ar, inicialmente à temperatura de  $300\text{K}$  e o nível da água no seu interior se encontra  $2,0\text{m}$  abaixo do nível externo da água. Nessas condições, a tampa de G está  $9,0\text{m}$  acima do nível externo da água como mostra a figura a seguir.

Aquecendo-se o gás, o sistema se estabiliza numa nova altura de equilíbrio, com a tampa superior a uma altura  $H$ , em relação ao nível externo da água, e com a temperatura do gás a  $360\text{K}$ . Supondo que o ar se comporte como um gás ideal, a nova altura  $H$  será, aproximadamente, igual a:



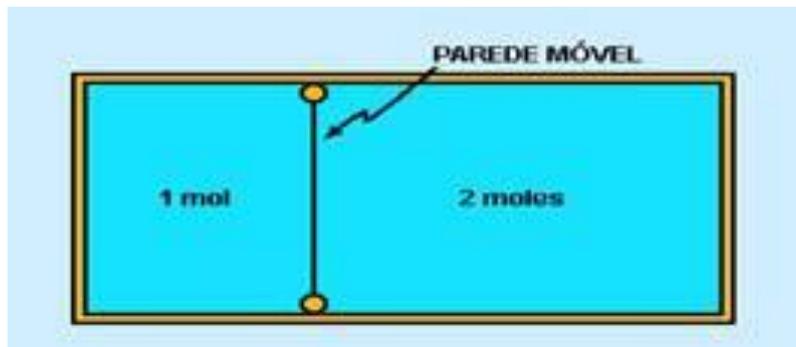
- a)  $8,8\text{m}$                       b)  $9,0\text{m}$                       c)  $10,8\text{m}$

**33-(UFRJ-RJ)** Um recipiente de volume interno total igual a  $V_0$  está dividido em dois compartimentos

estanques por meio de uma parede fina que pode se mover sem atrito na direção horizontal, como indica a figura a seguir.

A parede é diatérmica, isto é, permeável ao calor. O compartimento da direita contém dois moles de um gás ideal, enquanto o da esquerda contém um mol de um outro gás, também ideal.

Sabendo que os gases estão em equilíbrio térmico entre si e que a parede se encontra em repouso, calcule o volume de cada gás em função de  $V_0$ .



**34-(FUVEST-SP)** Em algumas situações de resgate, bombeiros utilizam cilindros de ar comprimido



para garantir condições normais de respiração em ambientes com gases tóxicos. Esses cilindros, cujas características estão indicadas e seguir, alimentam máscaras que se acoplam ao nariz. Quando acionados, os cilindros fornecem para a respiração, a cada minuto, cerca de 40 litros de ar, a pressão atmosférica e temperatura ambiente. Nesse caso, a duração do ar de um desses cilindros seria de aproximadamente:

**CILINDRO PARA RESPIRAÇÃO**

Gás	ar comprimido
Volume	9 litros
Pressão interna	200 atm

Pressão atmosférica local = 1 atm  
A temperatura durante todo o processo permanece constante.

A temperatura durante todo o processo permanece constante.

a) 20 minutos.

b) 30 minutos.

c) 45 minutos.

d) 60 minutos.

e) 90 minutos.

**35-(Inatel-MG)** Um recipiente cilíndrico tem seu volume V dividido em duas partes por uma membrana rígida.



Em uma das partes tem-se gás ideal à pressão  $P$  e temperatura  $T$ . Admita que essa parte tenha  $1/3$  do volume do cilindro. Na outra parte fez-se o vácuo. As paredes do cilindro não permitem que o gás troque calor com o meio externo. A membrana é removida sem que haja troca de calor. Depois que o gás entra em equilíbrio, a pressão e temperatura são, respectivamente:

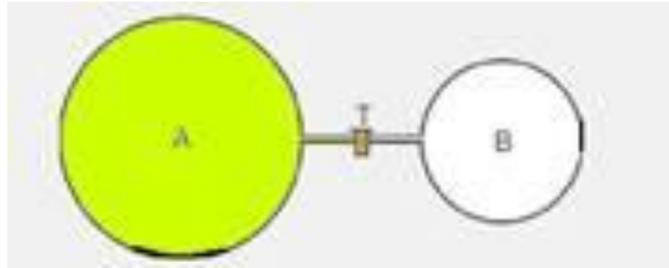
- a)  $3P$  e  $T/2$                       b)  $P/3$  e  $T$                       c)  $P/3$  e  $T/3$                       d)  $P$  e  $3T$                       e)  $P$  e  $T$

**36-(FUVEST-SP)** A figura mostra uma bomba de encher pneu de bicicleta. Quando o êmbolo está todo puxado, a uma distância de 30cm da base, a pressão dentro da bomba é igual à pressão atmosférica normal. A área da seção transversal do pistão da bomba é de  $24\text{cm}^2$ . Um ciclista quer encher ainda mais o pneu da bicicleta que tem volume de 2,4 litros e já está com uma pressão interna de 3atm. Ele empurra o êmbolo da bomba até o final de seu curso. Suponha que o volume do pneu permaneça constante, que o processo possa ser considerado isotérmico e que o volume do tubo que liga a bomba ao pneu seja desprezível. A pressão final do pneu será, então, de aproximadamente:



- a) 1,0 atm \_\_\_\_\_  
b) 3,0 atm \_\_\_\_\_  
c) 3,3 atm \_\_\_\_\_  
d) 3,9 atm \_\_\_\_\_  
e) 4,0 atm \_\_\_\_\_

**37-(UFRGS-RS)** Na figura abaixo estão representados dois balões de vidro, A e B, com capacidades de 3 litros e de 1 litro, respectivamente. Os balões estão conectados entre si por um tubo fino munido da torneira T, que se encontra fechada. O balão A contém hidrogênio à pressão de 1,6 atmosferas. O balão B foi completamente esvaziado. Abre-se, então, a torneira T, pondo os balões em comunicação, e faz-se também com que a temperatura dos balões e do gás retorne ao seu valor inicial, (considere  $1\text{ atm}$  igual a  $10^5\text{N/m}^2$ ).



Qual é, em  $\text{N/m}^2$ , o valor aproximado da pressão a que fica submetido o hidrogênio?

**38-(Unifor-CE)** Dois recipientes rígidos de mesmo volume contêm gases perfeitos às pressões de 5,0 atm e 18,0 atm, na mesma temperatura. Os dois recipientes estão ligados por um tubo provido de torneira que, inicialmente, está fechada. Abrindo-se a torneira, os gases se misturam sem reagir, e a temperatura diminui. Aguardando-se algum tempo para que a temperatura volte ao valor inicial, a pressão comum nos dois botijões, em atm, é:

- a) 10,0                      b) 11,5                      c) 13,0                      d) 23,0  
e) 26,0

**39-(UNICAMP-SP)** As baleias são mamíferos aquáticos dotados de um sistema respiratório altamente eficiente que dispensa um acúmulo muito elevado de ar nos pulmões, o que prejudicaria sua capacidade de submergir. A massa de certa baleia é de  $1,50 \times 10^5 \text{ kg}$  e o seu volume, quando os pulmões estão vazios, é igual a  $1,35 \times 10^2 \text{ m}^3$ .

a) Calcule o volume máximo da baleia após encher os pulmões de ar, acima do qual a baleia não conseguiria submergir sem esforço. Despreze o peso do ar nos pulmões e considere a densidade da água do mar igual a  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

b) Qual é a variação percentual do volume da baleia ao encher os pulmões de ar até atingir o volume máximo calculado no item a? Considere que inicialmente os pulmões estavam vazios.

c) Suponha que uma baleia encha rapidamente seus pulmões em um local onde o ar se encontra inicialmente a uma temperatura de  $7^\circ \text{C}$  e a uma pressão de 1,0 atm ( $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ). Calcule a pressão do ar no interior dos pulmões da baleia, após atingir o equilíbrio térmico com o corpo do animal, que está a  $37^\circ \text{C}$ . Despreze qualquer variação da temperatura do ar no seu caminho até os

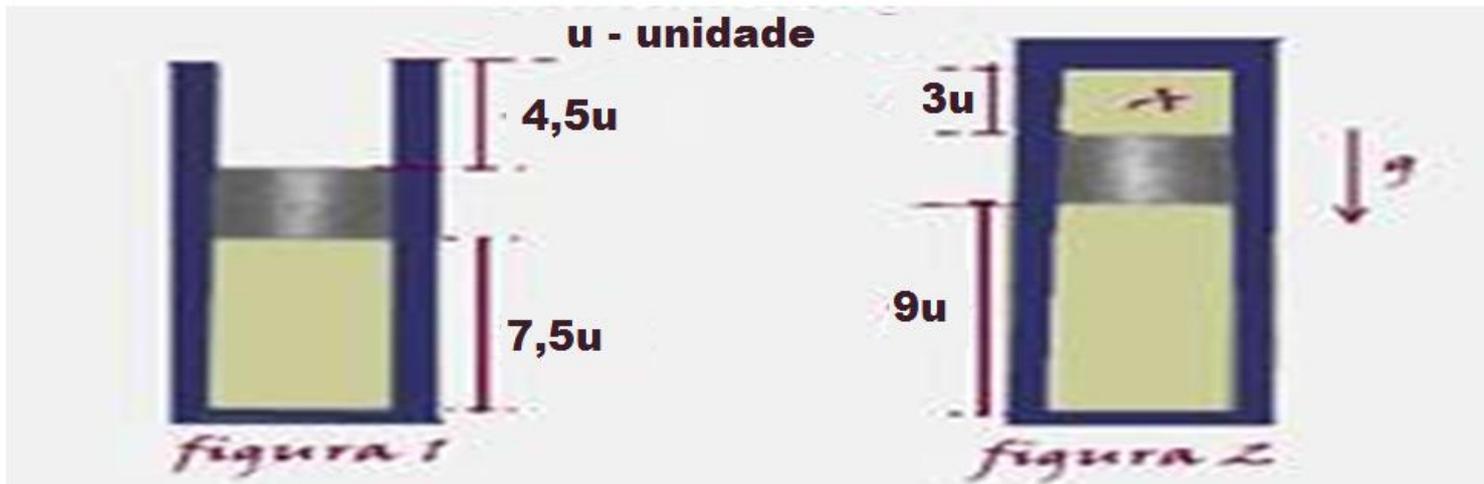


pulmões e considere o ar um gás ideal.

**40-(FUVEST-SP)** Um cilindro com comprimento de 1,5m, cuja base inferior é constituída por um bom condutor de calor, permanece semi-imerso em um grande tanque industrial, ao nível do mar, podendo ser utilizado como termômetro. Para

isso, dentro do cilindro, há um pistão, de massa desprezível e isolante térmico, que pode mover-se sem atrito.

Inicialmente, com o ar e o líquido do tanque à temperatura ambiente de 27°C, o cilindro está aberto e o pistão encontra-se na posição indicada na figura 1. O cilindro é, então fechado e, a seguir, o líquido do tanque é aquecido, fazendo com que o pistão atinja uma nova posição, indicada na figura 2.

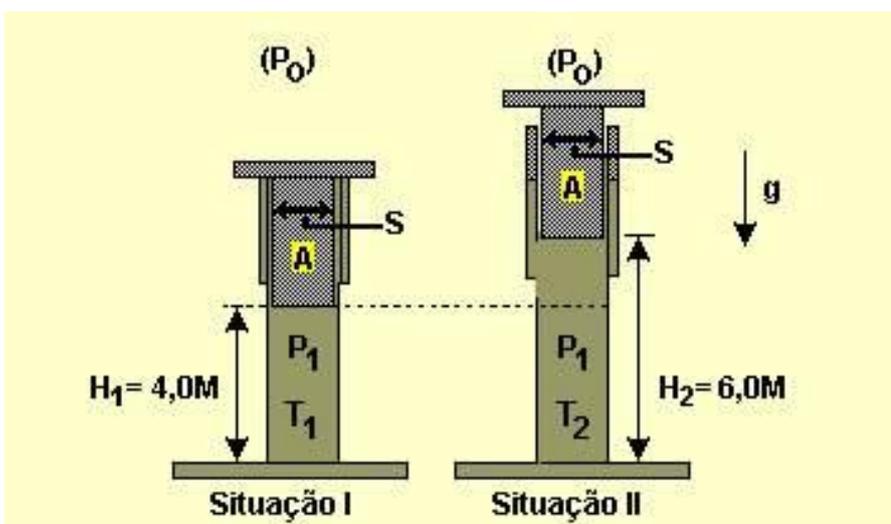


Supondo que a temperatura da câmara superior A permaneça sempre igual a 27°C, determine:

a) A pressão final  $P_1$ , em Pa, na câmara superior A.

b) A temperatura final  $T_1$  do líquido no tanque, em °C ou em K.

**41-(FUVEST-SP)** Um grande cilindro, com ar inicialmente à pressão  $P_1$  e temperatura ambiente ( $T_1 = 300$  K), quando aquecido, pode provocar a elevação de uma plataforma A, que funciona como um pistão, até uma posição mais alta. Tal processo exemplifica a transformação de calor em trabalho, que ocorre nas máquinas térmicas, à pressão constante. Em uma dessas situações, o ar contido em um cilindro, cuja área da base  $S$  é igual a  $0,16$  m<sup>2</sup>, sustenta uma plataforma de massa  $M_A = 160$  kg a uma altura  $H_1 = 4,0$  m do chão (situação I). Ao ser aquecido, a partir da queima de um combustível, o ar passa a uma temperatura  $T_2$ , expandindo-se e empurrando a plataforma até uma nova altura  $H_2 = 6,0$  m (situação II). Para verificar em que medida esse é um processo eficiente, estime:



a) A pressão  $P_1$  do ar dentro do cilindro, em pascals, durante a operação.

b) A temperatura  $T_2$  do ar no cilindro, em kelvins, na situação II.

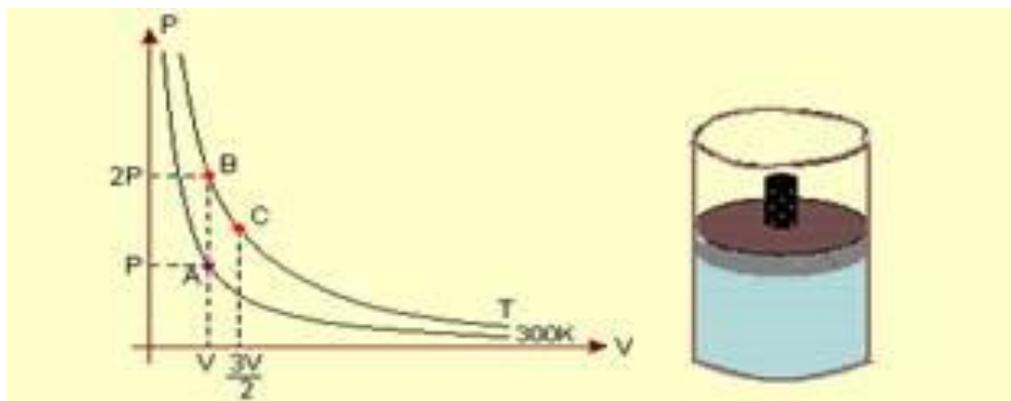
c) A eficiência do processo, indicada pela

razão  $R = \Delta E_p/Q$ , onde  $\Delta E_p$  é a variação da energia potencial da plataforma, quando ela se desloca da altura  $H_1$  para a altura  $H_2$ , e  $Q$ , a quantidade de calor recebida pelo ar do cilindro durante o aquecime

NOTE E ADOTE:

$PV = nRT$ ;  $P(\text{atmosférica}) = P_0 = 1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ;  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$  — Calor específico do ar a pressão constante  $C_p \approx 1,0 \times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$  — Densidade do ar a  $300 \text{ K} \approx 1,1 \text{ kg/m}^3$

**42-(MACKENZIE-SP)** Uma massa de certo gás ideal está confinada em um reservatório, cuja dilatação térmica é desprezível no intervalo de temperatura considerado. Esse reservatório possui na parte superior, um êmbolo que pode se deslocar livremente, conforme ilustra a figura. Observando-se o gráfico a seguir, destaca-se que, no estado A, o volume ocupado pelo gás é  $V$  e a sua pressão é  $P$ . Em seguida, esse gás passa por duas transformações sucessivas e “chega” ao estado C, com temperatura e pressão, respectivamente iguais a:



a) 450 K e 3P/2

b) 450 K e 4P/3

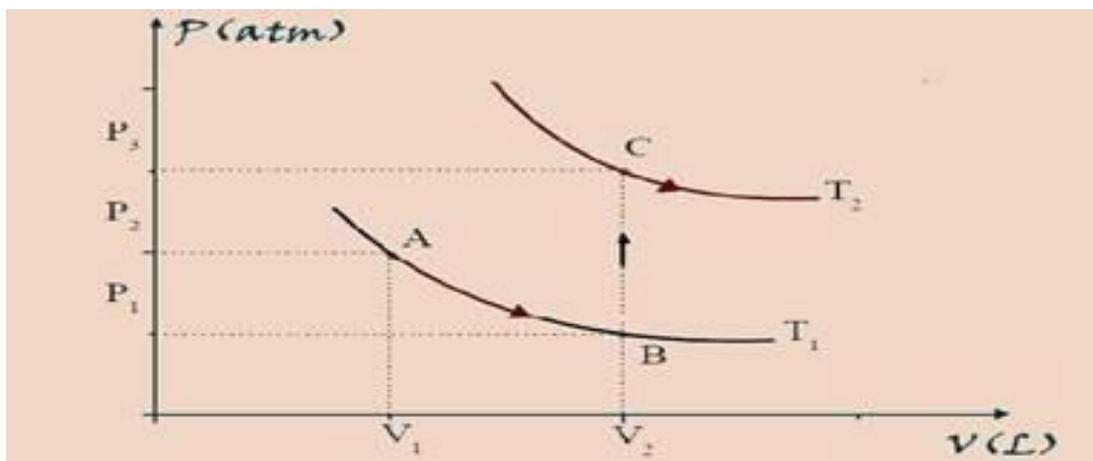
c) 600 K e 3P/2

d) 600 K e 4P/3

e) 600 K

e 5P/3

**43-(UFOP-MG)** Considere o gráfico a seguir, que descreve o comportamento da pressão e do volume de certa massa de gás ideal.



Com relação às transformações mostradas acima, podemos afirmar que:

a) a transformação BC é isobárica. \_\_\_\_\_

b) a transformação AB é isotérmica. \_\_\_\_\_

c) há uma mudança drástica do volume na transformação BC.

d) a temperatura no ponto A é maior que no ponto C.

**44-(UDESC-SC)** Um motorista, antes de iniciar sua viagem, calibrou os pneus de seu carro, deixando-os a uma pressão

manométrica de  $150,0 \times 10^3$  Pa. No momento da calibração a temperatura ambiente e dos pneus era de  $27,0^\circ\text{C}$ . Quando chegou ao destino de sua viagem, o motorista percebeu que a pressão manométrica do ar (gás) nos pneus aumentara para  $160,0 \times 10^3$  Pa. Considere o ar dentro dos pneus como sendo um gás ideal. Dada a constante de Boltzmann  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K.



a) Ao chegar ao destino, qual a temperatura do gás nos pneus, sabendo que eles expandiram, aumentando seu volume interno em 5%.

b) Considerando as condições iniciais da viagem e que os pneus suportem, no máximo, uma variação de volume de 8%, calcule a pressão do gás no interior dos pneus nessa condição limite. Sabe-se ainda que a temperatura do gás

dentro dos pneus, na condição limite, atinge aproximadamente 360 K.

**45-(FUVEST-SP)** Em um freezer, muitas vezes, é difícil repetir a abertura da porta, pouco tempo após ter sido fechada, devido à diminuição da pressão interna. Essa diminuição ocorre porque o ar que entra, à temperatura ambiente, é rapidamente resfriado até

a temperatura de operação, em torno de  $-18^\circ\text{C}$ . Considerando um freezer doméstico, de 280 l, bem vedado, em um ambiente a  $27^\circ\text{C}$  e pressão atmosférica  $P_0$ , a pressão interna poderia atingir o valor mínimo de:

Considere que todo o ar no interior do freezer, no instante em que a porta é fechada, está à temperatura do ambiente.



a) 35% de  $P_0$

b) 50% de  $P_0$

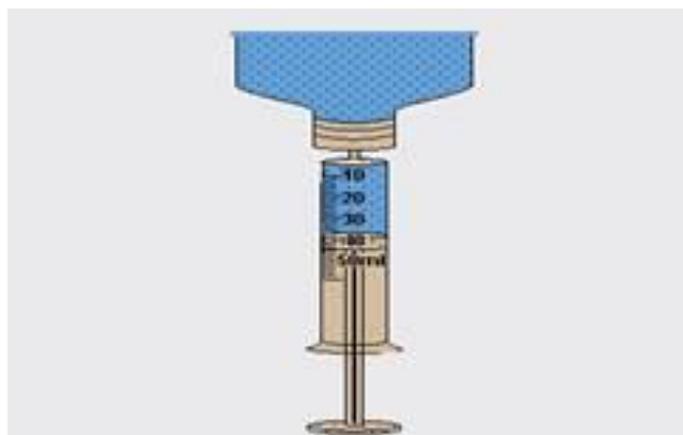
c) 67% de  $P_0$

d) 85% de  $P_0$

e) 95% de  $P_0$

**46-(FGV-SP)** Para garantir a dosagem precisa, um medicamento pediátrico é acompanhado de uma seringa. Depois de destampado o frasco de vidro que contém o remédio, a seringa é nele encaixada com seu êmbolo completamente recolhido. Em seguida, o frasco é posicionado de cabeça para baixo e o remédio é então sugado para o interior da seringa, enquanto o êmbolo é puxado para baixo. Como consequência da retirada do líquido, o ar que já se encontrava dentro do frasco, expande-se isotermicamente, preenchendo o volume antes ocupado pelo remédio.

Ao retirar-se uma dose de 40 mL de líquido do frasco, que continha um volume



ocupado pelo ar de 100 mL, o êmbolo encontra certa resistência, devido ao fato de a pressão no interior do frasco ter se tornado, aproximadamente, em Pa,

Dados: Pressão atmosférica =  $1,0 \times 10^5$  Pa — Suponha que o ar dentro do frasco se comporte como um gás ideal — Considere desprezível o atrito entre o êmbolo e a parede interna da seringa.

a) 57 000. \_\_\_\_\_

b) 68 000. \_\_\_\_\_

c) 71 000. \_\_\_\_\_

d) 83 000. \_\_\_\_\_

e) 94 000. \_\_\_\_\_

**47-(PUC-RJ)** Seja um mol de um gás ideal a uma temperatura de 400 K e à pressão atmosférica  $p_0$ . Esse gás passa por uma expansão isobárica até dobrar seu volume. Em seguida, esse gás passa por uma compressão isotérmica até voltar a seu volume original. Qual a pressão ao final dos dois processos?

a)  $0,5 p_0$  \_\_\_\_\_ b)  $1,0 p_0$  \_\_\_\_\_ c)  $2,0 p_0$  \_\_\_\_\_ d)  $5,0 p_0$  \_\_\_\_\_  
e)  $10,0 p_0$  \_\_\_\_\_

**48-(UFAL-AL)** Um gás ideal possui, inicialmente, volume  $V_0$  e encontra-se sob uma pressão  $p_0$ . O gás passa por uma transformação isotérmica, ao final da qual o seu volume torna-se igual a  $V_0/2$ . Em seguida, o gás passa por uma transformação isobárica, após a qual seu volume é  $2V_0$ . Denotando a temperatura absoluta inicial do gás por  $T_0$ , a sua temperatura absoluta ao final das duas transformações é igual a:

a)  $T_0/4$

b)  $T_0/2$

c)  $T_0$

d)  $2T_0$

e)  $4T_0$

**49-(FUVEST-SP)** Um balão de ar quente é constituído de um envelope (parte inflável), cesta para três passageiros, queimador e tanque de gás. A massa total do balão, com três passageiros e com o envelope vazio, é de 400 kg. O envelope totalmente inflado tem um volume de  $1500\text{m}^3$ .

a) Que massa de ar  $M_1$  caberia no interior do envelope, se totalmente inflado, com pressão igual à pressão atmosférica local ( $P_{\text{atm}}$ ) e temperatura  $T=27^\circ\text{C}$ ?

b) Qual a massa total de ar  $M_2$ , no interior do envelope, após este ser totalmente inflado com ar quente a uma temperatura de  $127^\circ\text{C}$  e pressão  $P_{\text{atm}}$ ?

c) Qual a aceleração do balão, com os passageiros, ao ser lançado nas condições dadas no item b) quando a temperatura externa é  $T=27^\circ\text{C}$ ?



NOTE E ADOTE:

Densidade do ar a  $27^\circ\text{C}$  e à pressão atmosférica local =  $1,2\text{ kg/m}^3$ .

Aceleração da gravidade na Terra,  $g = 10\text{ m/s}^2$ .

Considere todas as operações realizadas ao nível do mar.

Despreze o empuxo acarretado pelas partes sólidas do balão.

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

Indique a resolução da questão. Não é suficiente apenas escrever as respostas.

**50-(UERJ-RJ)** A bola utilizada em uma partida de futebol é uma esfera de diâmetro interno igual a 20 cm.



Quando cheia, a bola apresenta, em seu interior, ar sob pressão de 1,0 atm e temperatura de  $27^\circ\text{C}$ .

Considere  $\pi= 3$ ,  $R = 0,080\text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{k}^{-1}$  e, para o ar, comportamento de gás ideal e massa molar igual a  $30\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

No interior da bola cheia, a massa de ar, em gramas, corresponde a:

a) 2,5

b) 5,0

c) 7,5

d) 10,0

## 51-(UNESP-SP)



Os desodorantes do tipo aerossol contêm em sua formulação solventes e propelentes inflamáveis. Por essa razão, as embalagens utilizadas para a comercialização do produto fornecem no rótulo algumas instruções, tais como:

- Não expor a embalagem ao sol.
- Não usar próximo a chamas.
- Não descartar em incinerador.



(www.gettyimagens.pt)

Uma lata desse tipo de desodorante foi lançada em um incinerador a 25 °C e 1 atm. Quando a temperatura do sistema



atingiu 621 °C, a lata explodiu. Considere que não houve deformação durante o aquecimento. No momento da explosão a pressão no interior da lata era

- (A) 1,0 atm. \_\_\_\_\_
- (B) 2,5 atm. \_\_\_\_\_
- (C) 3,0 atm. \_\_\_\_\_
- (D) 24,8 atm. \_\_\_\_\_

(E) 30,0 atm.

## Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre Tipos de transformações gasosas

### Resolução comentada dos exercícios de vestibulares sobre

### Tipos de transformações gasosas

**01-** R- D — veja teoria

**02-** Isotérmica —  $P \cdot V = \text{constante}$  —  $P$  é inversa a  $V$  — R- D

**03-** R- B — veja teoria

**04-** R- A — veja teoria

**05-** Observe que a pressão sobre o êmbolo é constante, pressão atmosférica que é constante mais a pressão devido ao peso, que também é constante. Assim trata-se de uma transformação isobárica onde o gás se expande com aumento de temperatura — R- B

**06-** Trata-se de uma transformação isotérmica —  $P \cdot V = \text{constante}$  — inversamente proporcionais — se você dobra a pressão, o volume cai pela metade — massa específica —  $\mu = m/V$  —  $\mu$  e  $V$  são inversamente proporcionais — se  $V$  cai pela metade, a massa específica  $\mu$  duplicará — R- B

**07-** Trata-se de uma transformação isotérmica —  $P \cdot V = K$  — ( $V=1, P=2$ ) —  $2 \cdot 1 = K$  — R- D

**08-** Isotérmica —  $P_0 \cdot V_0 = P \cdot V$  —  $P_0 \cdot 1 = 0,9 P_0 \cdot V$  —  $V = 1/0,9$  —  $V = 1,111$  — R- D

**09-**  $P_0 \cdot V_0 / T_0 = P \cdot V / T$  —  $(3P/2) \cdot V_0 / 0,93 \cdot T = P \cdot V / T$  —  $3V_0 / 1,86 = V / 1$  —  $V_0 / V = 1,86/3$  —  $V_0 / V = 0,62$

**10-** Observe que a primeira transformação o gás recebe calor e sua temperatura e volume aumentam sob pressão constante (pressão atmosférica + pressão devido ao peso do êmbolo), portanto trata-se de uma transformação à pressão constante (isobárica) — na segunda transformação o gás está em equilíbrio térmico com o ambiente tendo a mesma temperatura que ele (isotérmica) — R- A

**11-** Devido à redução da pressão externa o volume do balão aumenta para que ocorra redução da pressão interna — R- C

**12-**  $R - (1 + 2 + 8) = 11$

**13-** Como a temperatura de ebulição é crescente, com o aumento de pressão máxima o único diagrama que representa isto é o II.

**14-**  $P_o \cdot V_o / T_o = P \cdot V / T$  —  $P_o \cdot V_o / T_o = P \cdot (6/5)V_o / (9/10)T_o$  —  $P_o \cdot V_o / T_o = (P \cdot 6V_o) / 5 \times 10 / (9T_o)$  —  $P_o = 60P / 45$  —  $P = 3/4P_o$  — R- B

**15-** A transformação é isotérmica com diminuição da pressão e aumento de volume — R- D

**16-** a) Observe na última coluna que o produto  $PxV$  é praticamente constante (Lei de Boyle para transformações isotérmicas)

b) Supondo que cada 8 unidades tenha 0,5cm — regra de três —  $8u - 0,5m$  —  $24u - h$  —  $h = 1,5m$  —  $P = P_o + dgh = 1,0 \cdot 10^5 + 14 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 1,5$  —  $P = 3,1 \cdot 10^5 \text{N/m}^2 (\text{Pa})$

17- R- C — veja teoria

18- Como o volume do cilindro que contém o gás se dilata muito pouco com a temperatura, pode-se dizer que se trata de uma transformação gasosa isométrica ou isovolumétrica (volume constante) — como o carro fica exposto ao sol, a temperatura do gás aumenta e conseqüentemente a pressão exercida pelo gás também aumenta, pois  $P/T = \text{constante}$  e  $P$  é diretamente proporcional a  $T$  — R- D

19- R- C — veja teoria

20- À temperatura constante (isotérmica), se a pressão diminui, no caso a externa, o volume aumenta, pois  $PV = \text{constante}$  — se a bola aumenta o volume, a pressão interna da bola diminui para igualar a pressão externa que também diminuiu — R- A

21- Pressão na profundidade de 20m = 2atm (devido à coluna de água) + 1atm (pressão atmosférica na superfície da água) —  $P = 3\text{atm}$  — isotérmica —  $P \cdot V = K$  —  $P_o \cdot V_o = P \cdot V$  —  $1 \cdot V_o = 3 \cdot V$  —  $V = V_o / 3$  —  $V = 0,333V_o$  — R- A

22- Como a variação de volume dos pneus é desprezível, trata-se de uma isométrica, onde  $P/T = \text{constante}$ , sendo  $P$  diretamente proporcional a  $T$  — R- C

23- Até a explosão o volume do recipiente permanece constante (isométrica) —  $P_i / T_i = P_f / T_f$  —  $2,0 \cdot 10^5 / 78 = 4,0 \cdot 10^5 / T_f$  —  $T_f = 156\text{K}$  — R- B

24- Isovolumétrica —  $P_o / T_o = P / T$  —  $2,3 / (27 + 273) = 2,53 / T$  —  $2,3T = 759$  —  $T = 330\text{K} = 330 - 273$  —  $T = 57^\circ\text{C}$

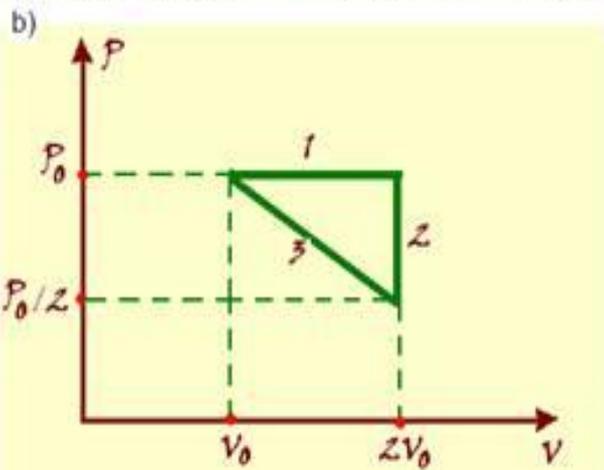
**25- a)** Se a porta do freezer fica aberta por algum tempo, parte do ar de seu interior é substituído pelo ar mais quente do exterior. Depois que você fecha a porta da geladeira, a temperatura interna do ar em seu interior irá diminuir e como se trata de uma isovolumétrica, a pressão também diminui ( $P/T=\text{constante}$ ) fazendo com que a pressão externa fique maior que a interna, dificultando a abertura da porta. Mas, após alguns instantes, entra ar pelo sistema de vedação da geladeira, diminuindo a diferença entre as pressões externa e interna, facilitando, então, a abertura da porta.

**b)** Isovolúmica —  $P_{\text{oint}}/T_o=P_{\text{int}}/T$  —  $1,0 \cdot 10^5/(27 + 273)=P_{\text{int}}/(-3 + 273)$  —  $P_{\text{int}}=0,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (P_a)$  — a diferença entre as pressões interna e externa sobre a porta da geladeira ( $\Delta P$ ) é igual à força resultante externa sobre a área da porta —  $\Delta P=F/S$  —

$$(1,0 \cdot 10^5 - 0,9 \cdot 10^5)=F/(0,6 \times 1) \quad \text{—} \quad 0,1 \cdot 10^5=F/0,6 \quad \text{—} \quad F=6,0 \cdot 10^3 \text{ N}$$

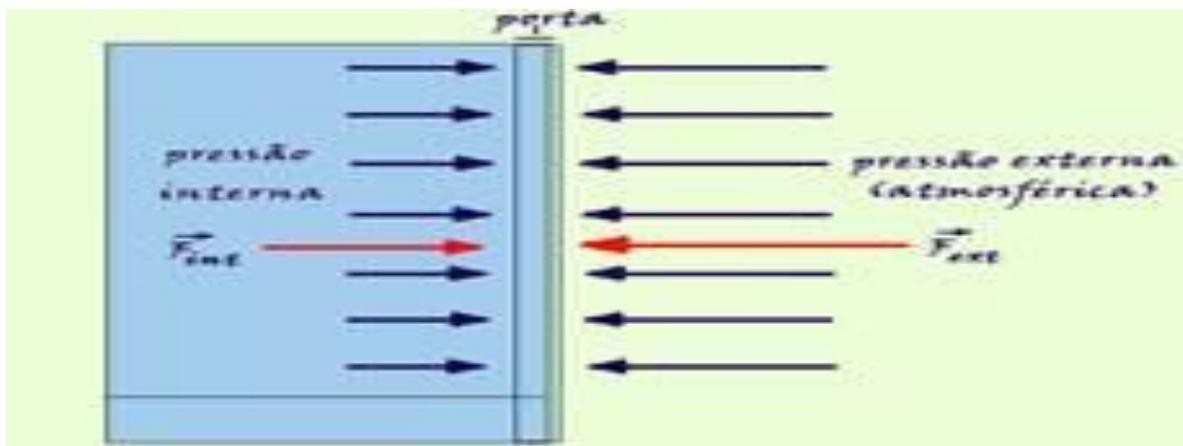
**26-**

a) transformação 1  $\rightarrow V = 2V_0$  --- transformação 2  $\rightarrow P = P_0/2$  --- transformação 3  $\rightarrow V = V_0$



**27-** Pressão à profundidade de 15m —  $P=P_o + P_{\text{água a 15m}}=1,0 + 1,5$  —  $P=2,5$  atm — trata-se de uma isotérmica (temperatura permanece constante dentro da bolha) —  $P_o \cdot V_o=P_i \cdot V_i$  —  $1 \cdot V_o=2,5V_i$  —  $V_o=2,5V_i$  — R- D

**28- a)** Se a porta do freezer fica aberta por algum tempo, parte do ar de seu interior é substituído pelo ar mais quente do exterior. Depois que você fecha a porta da geladeira, a temperatura interna do ar em seu interior irá diminuir e como se trata de uma isovolumétrica, a pressão também diminui ( $P/T=\text{constante}$ ) fazendo com que a pressão externa fique maior que a interna,



dificultando a abertura da porta. Mas, após alguns instantes, entra ar pelo sistema de vedação da geladeira, diminuindo a diferença entre as pressões externa e interna, facilitando, então, a abertura da porta.

b) Se a pressão externa é maior que a interna, como  $Pressão = Força / Área$  da porta, a força externa terá intensidade maior que a força interna e a intensidade da força resultante será  $F_R = F_{ext} - F_{int}$  — a transformação é isovolumétrica (volume constante) —

$$\underline{P_1/T_1 = P_2/T_2 \quad \text{—} \quad 1,0 \cdot 10^5 \times 1.000 = P_2 / (25 + 273) \quad \text{—} \quad P_2 = P_{int} = 0,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 (P_a) \quad \text{—} \quad \Delta P = F_R / S \quad \text{—} \quad (1,0 \cdot 10^5 - 0,9 \cdot 10^5) = F_R / 2 \quad \text{—} \quad F_R = 0,2 \cdot 10^5 \text{ N} \quad \text{—} \quad F_R = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}}$$

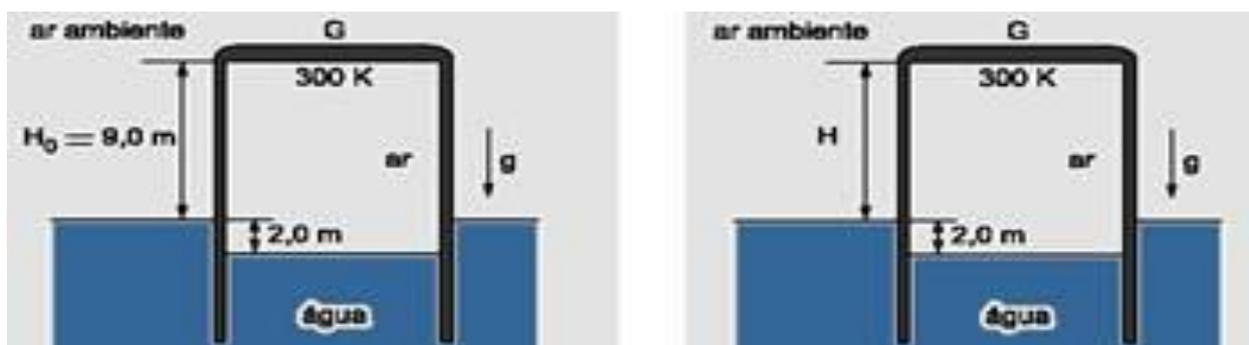
29- R- A — veja teoria

30- Isobárica —  $V/T = \text{constante}$  — V é diretamente proporcional a T — R- B

$$\underline{31- Isovolumétrica \quad \text{—} \quad P_o/T_o = P/T \quad \text{—} \quad 30/(27 + 273) = 32/T \quad \text{—} \quad 30/300 = T/32 \quad \text{—} \quad T = 320 \text{ K} \quad \text{—} \quad T = 320 - 273 \quad \text{—} \quad T = 47^\circ \text{C} \quad \text{—}}$$

R- D

32- Trata-se de uma transformação isobárica, pois a pressão exercida pelo ar no interior do cilindro é igual à pressão externa (atmosférica) exercida sobre a superfície livre da água — observe que o nível da água externa e internamente continuará sendo



de 2m, pois o sistema está em equilíbrio e o empuxo é o mesmo (o peso do ar não varia) — volume inicial do ar —  $V_i = S \cdot h = S \cdot (2 + 9)$  —  $V_i = 11 \cdot S$  (S é a área de

seção transversal do cilindro) — volume final do ar —  $V=S.(H + 2)$  —  
isobárica —  $V_o/T_o=V/T$  —  $11.S/300=(H + 2).S/360$  —  $H=11,2m$  — R- D

33- Utilizando a equação de estado dos gases ideais, temos:  $p_1V_1 = n_1RT_1$  e

$p_2V_2 = n_2RT_2$  e, portanto,  $\frac{(p_1V_1)}{(p_2V_2)} = \frac{(n_1T_1)}{(n_2T_2)}$ . Como a parede é diatérmica e os gases estão em equilíbrio térmico,  $T_1 = T_2$ ; como a parede pode mover-se sem atrito na

horizontal e está em repouso,  $p_1 = p_2$ . Portanto,  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$ . Mas  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2}$ , logo,  $V_2 = 2V_1$ . Substituindo esse resultado em  $V_1 + V_2 = V_o$ , obtemos  $3V_1 = V_o$ , ou seja,  $V_1 = V_o/3$  e, conseqüentemente,  $V_2 = 2V_o/3$ .

34- Isotérmica —  $P_o.V_o=P.V$  —  $200.9=1.V$  —  $V=1.800 \ell$  —  $40\ell - 1min$  —  
 $1.800 \ell - t min$  —  $t=1.800/40=45min$  —

R- C

35- Como não há trocas de calor com o meio externo, a temperatura continua sendo T — pressão final —  $P_i.V_i=P_f.V_f$  —  $P.(1/3)V=P_f.V$  —  $P_f=P/3$  — R- B

36- antes de comprimir a bomba você tem  $n_1$  mol de ar no interior da bomba e  $n_2$  no interior do pneu — depois que o êmbolo desceu você terá no interior do pneu  $n$  mol tal que  $n=n_1 + n_2$  —  $PV/RT=P_1V_1/RT_1 + P_2V_2/RT_2$  — o processo é isotérmico —  $PV=P_1V_1 + P_2V_2$  —  $P_1=1 atm$  —  $P_2=3atm$  —  $V_{1(\text{interior da bomba})}=S.h=24cm^2.30cm$  —  $V_1=720cm^3$  —  $V_1=0,72L$  —  $P.2,4=1.0,72 + 3.2,4$  —  $P=3,3 atm$  — R- C

37-  $P_o.V_o/T_o=P.V/T$  —  $T=T_o$  (do enunciado) —  $1,6.10^5.3=P.4$  —  $P=1,2.10^5 Nm^2$

38-  $P_1V_1/T_1 + P_2V_2/T_2 = P_fV_f/T_f$  —  $P_1V_1 + P_2V_2 = P_fV_f$  —  $P_1V_1 + P_2V_2 = P_f(V_1 + V_2)$  —  $P_f=(P_1 + P_2)/2$  —  $(5,0 + 18,0)/2$  —  $P_f=11,5 atm$  — R- B

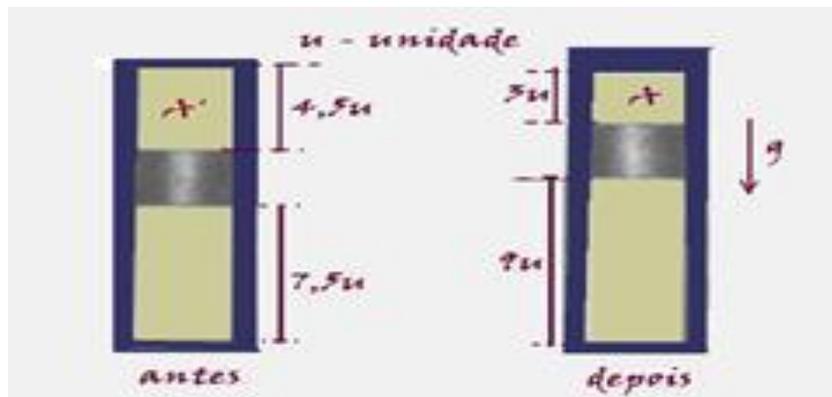
39-

a) O volume máximo é atingido quando o empuxo da água equilibrar o peso da baleia  $\rightarrow E = P \rightarrow \rho_a V_{\text{máx}} g = m g \rightarrow 1,0 \cdot 10^3 \cdot V_{\text{máx}} = 1,50 \cdot 10^5 \rightarrow V_{\text{máx}} = 1,50 \cdot 10^2 m^3$

b)  $V_o = 1,35 \cdot 10^2 m^3 \rightarrow V_f = 1,50 \cdot 10^2 m^3 \rightarrow \Delta V/V_o = 0,15 \cdot 10^2 / 1,35 \cdot 10^2 = 0,11 \rightarrow \approx 11\%$

c) Admitindo-se que o volume do ar no interior da baleia permaneça constante  $\rightarrow P_1/T_1 = P_2/T_2 \rightarrow 1,0 \cdot 10^5 / 280 = P_2 / 310 \rightarrow P_2 = 1,1 \cdot 10^5 Pa$

40- a) Situação antes – cilindro fechado — situação depois – êmbolo já deslocado

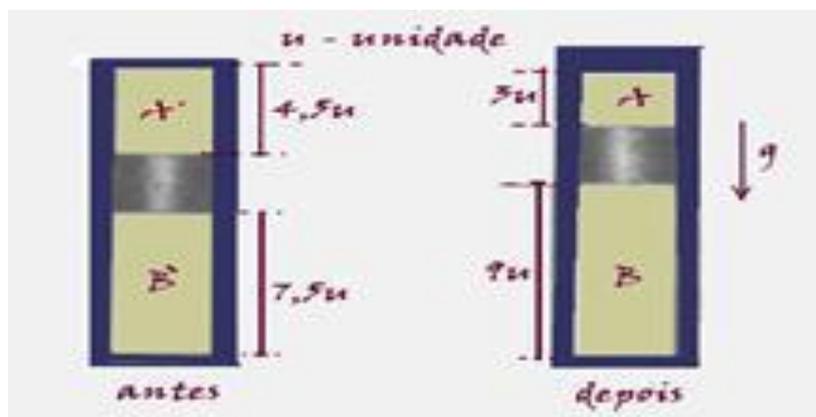


Antes —  $P_{A'}=P_{atm}=1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  —  $V_{A'}=4,5$  unidades —  $T_{A'}=27^\circ\text{C}=300\text{K}$

Depois —  $P_A=?$  —  $V_A=3$  unidades —  $T_A=27^\circ\text{C}=300\text{K}$

Isotérmica —  $P_{A'} \cdot V_{A'} = P_A \cdot V_A$  —  $1 \cdot 10^5 \cdot 4,5 = P_A \cdot 3$  —  $P_A = 1,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

b) Parte inferior do cilindro



$P_{B'} \cdot V_{B'} / T_{B'} = P_B \cdot V_B / T_B$  —  $1 \cdot 10^5 \cdot 7,5 / 300 = 1,5 \cdot 10^5 \cdot 9 / T_B$  —  $T_B = 540\text{K}$  ou  $267^\circ\text{C}$

41- a)  $P_1 = F/S + P_{atmosférica} = m \cdot g / S + 10^5 = 160 \times 10 / 0,16 + 10^5 = 10.000 + 10^5 = 10^4 + 10^5 = 0,1 \cdot 10^5 + 10^5$  —  $P_1 = 1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

b) Pela lei geral dos gases —  $(p \cdot V / T) = \text{constante}$  —  $(P_1 \cdot V_1 / T_1) = (P_2 \cdot V_2 / T_2)$  e como  $V = H \cdot S$  pode-se ainda escrever —  $(P_1 \cdot V_1 / T_1) = (P_2 \cdot V_2 / T_2)$  —  $(P_1 \cdot S \cdot H_1 / T_1) = (P_2 \cdot S \cdot H_2 / T_2)$  —  $(P_1 \cdot H_1 / T_1) = (P_2 \cdot H_2 / T_2)$ , mas o processo ocorre sob pressão constante e logo  $P_1 = P_2$  então  $(H_1 / T_1) = (H_2 / T_2)$  — a partir dos dados disponíveis —  $(H_1 / T_1) = (H_2 / T_2)$  —  $(4 / 300) = (6 / T_2)$  —  $T_2 = 1800 / 4$  —  $T_2 = 450 \text{ K}$

c) Para o cálculo da eficiência do processo R será necessário determinar a variação de energia potencial gravitacional da plataforma,  $DE_p = m \cdot g \cdot DH$  e a quantidade de calor no processo Q que é dada por  $Q = m \cdot c \cdot DT$  —  $DE_p = m \cdot g \cdot DH = 160 \cdot 10 \cdot (6 - 4) = 3200 \text{ J}$  — para o cálculo da quantidade de calor é necessário conhecer a massa de ar no cilindro. — como a densidade do ar a 300 K foi fornecida pode-se fazer —  $d = m / V$  —  $m = d \cdot V = 1,1 \cdot 0,16 \cdot 4$  —  $d = 0,704 \text{ kg}$  —  $Q = m \cdot c \cdot DT = 0,704 \cdot 10^3 \cdot (450 - 300)$  —  $Q = 105.600 \text{ J}$  — eficiência —  $R = 3.200 / 105.600$  —  $R = 0,03 = 3\%$

**42- A lei geral dos gases afirma que  $P.V/T$  é constante — entre o estado A e B o volume é constante e logo  $P/T = \text{constante}$  —**

**$(P/T)_A = (P/T)_B$  —  $P/300 = 2P/T$  —  $1/300 = 2/T$  —  $T = 600 \text{ K}$  — entre o estado B e C a temperatura é constante e logo  $P.V = \text{constante}$  —  $(P.V)_B = (P.V)_C$  —  $2P.V = P_C.(3V/2)$  —  $4P/3 = P_C$  — R- D**

**43- a) Falsa- é isovolumétrica — b) Correta- todos os pontos da curva AB tem a mesma temperatura — c) Falsa – o volume é constante — d) Falsa — mais afastada,  $T_2 > T_1$  — R- B**

**44- a)  $p.V/T = \text{constante}$  —  $150.10^3.V/300 = 160.10^3.1,05.V/T$  —  $(1/2) = 160.1,05./T$  →  $T = 168.2 = 336 \text{ K}$  —  $T = 63^\circ\text{C}$**

**b)  $p.V/T = \text{constante}$  —  $150.10^3.V/300 = p.1,08.V/360$  —  $(10^3/2) = 1,08.p/360$  —  $p = 167.10^3 \text{ Pa}$  —  $p = 1,67.10^5 \text{ Pa}$**

**45- Isovolumétrica —  $P_o/T_o = P/T$  —  $P_o/(27 + 273) = P/(273 - 18)$  —  $P = (255/300)P_o$  —  $P = 0,85P_o$  —  $P = 85\%$  da pressão inicial —**

**R- D**

**46- Isotérmica —  $P_o.V_o = P.V$  —  $1.10^5.100 = P.140$  —  $P = 0,71.10^5 \text{ Pa}$  —  $P = 71.000 \text{ Pa}$  — R- C**

**47- R- C**

**48- Estado inicial —  $p = p_o$  —  $V = V_o$  —  $T = T_o$  — 1ª transformação — isotérmica —  $T_1 = T_o$  e  $V_1 = V_o/2$  —  $P_1V_1/T_1 = P_oV_o/T_o$  —  $P_1.(V_o/2)/T_o = P_oV_o/T_o$  —  $P_1/2 = P_o$  —  $P_1 = 2P_o$  — 2ª transformação — Isobárica:  $p_2 = p_1$  —  $V_2 = 2V_o$  —  $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$  —  $(P_1.2V_o)/T_o = (P_1.V_o/2)/2T_o$  —  $2/T_2 = 1/2T_o$  —  $T_2 = 4T_o$  — R- E**

**49-**

a) equação da densidade volumétrica →  $\mu = \frac{m}{V}$  →  $1,2 = \frac{M_1}{1500}$  →  $M_1 = 1800 \text{ kg}$

b)  $pV = nRT$  →  $pV = \frac{m}{M} RT$  →  $\frac{pV}{R} M = mT = \text{constante}$  →  $M_1T_1 = M_2T_2$  →  $1800 . (27 + 273) = M_2(127 + 273)$  →  $\frac{1800 . 300}{400} = M_2$  →

$M_2 = 1350 \text{ kg}$

c) Nas condições do item b →  $E - P = ma$  →  $\mu_{ar} g V - mg = ma$  →  $1,2 . 10 . 1500 - (1350 + 400) . 10 = (1350 + 400) . a$  →  $18000 - 17500 = 1750 . a$  →

$500 = 1750 . a$  →  $a \approx 0,29 \text{ m/s}^2$

**50- Dados —  $D = 20 \text{ cm}$  —  $R = 10 \text{ cm} = 1 \text{ dm}$  —  $p = 1 \text{ atm}$  —  $T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$  —  $M = 30 \text{ g/mol}$  —  $R = 0,08 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$  —  $\pi = 3$  — volume da bola —  $V = (4\pi R^3)/3 = (4.3.1^3)/3$  —  $V = 4 \text{ dm}^3$  —  $V = 4 \text{ L}$  — equação de Clapeyron —**

$pV=(m/M).R.T$  —  $m=(M.p.V)/RT=30.1.4/0,08.300=120/24$  —  $m=5g$  — R- B

**51-**

Como o enunciado afirma que, durante o aquecimento não houve deformação da lata —  $V_i=V_f=V$  — dados:  $P_i=1atm$  —  $T_i=25oC=298K$  —  $V_i=V$  —  $P_f=?$  —  $T_f=621oC=894K$  —  $V_f=V$  — trata-se de uma transformação isovolumétrica (isocórica, isométrica) —  $P_i.V/T_i = P_f.V/T_f$  —  $1.V/298 = P_f.V/894$  —  $P_f=894/298$  —  $P_f=3 atm$  — R- C