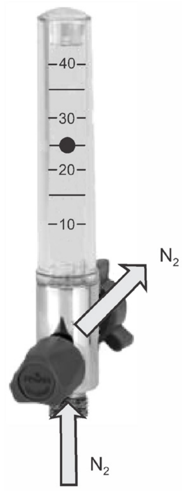
ESTUDO DOS GASES

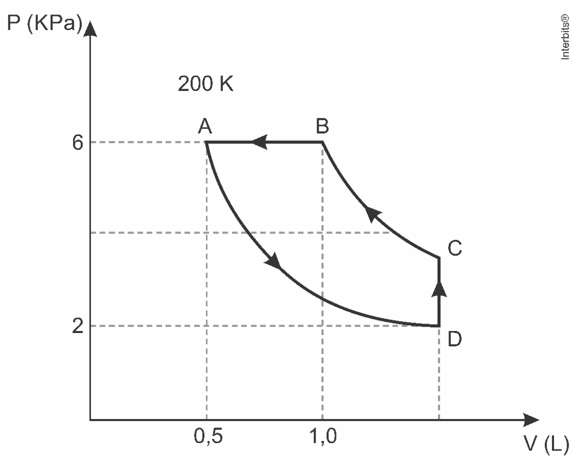
1. (UNICAMP 2016) Os reguladores de pressão são acessórios de segurança fundamentais para reduzir a pressão de gases no interior dos cilindros até que se atinja sua pressão de utilização. Cada tipo de gás possui um regulador específico.

a. Tipicamente, gases podem ser armazenados em cilindros a uma pressão interna de $P_0 = 2,0 \times 10^7$ Pa e ser utilizados com uma pressão de saída do regulador de $P_1 = 1,6 \times 10^7$ Pa. Considere um gás ideal mantido em recipiente fechado a uma temperatura inicial de $T_0 = 300$ K. Calcule a temperatura final T_1 do gás se ele for submetido isovolumetricamente à variação de pressão dada acima.

b. Quando os gases saem dos reguladores para o circuito de utilização, é comum que o fluxo do gás (definido como sendo o volume do gás que atravessa a tubulação por unidade de tempo) seja monitorado através de um instrumento denominado fluxômetro. Considere um tanque cilíndrico com a área da base igual a $A = 2,0\ m^2$ que se encontra inicialmente vazio e que será preenchido com gás nitrogênio. Durante o preenchimento, o fluxo de gás que entra no tanque é medido pela posição da esfera sólida preta do fluxômetro, como ilustra a figura abaixo. A escala do fluxômetro é dada em litros/minuto. A medida do fluxo de nitrogênio e sua densidade $d = 1,0\ kg/m^3$ permaneceram constantes durante todo o processo de preenchimento, que durou um intervalo de tempo $\Delta t = 12$ h. Após este intervalo de tempo, a válvula do tanque é fechada com certa quantidade de gás nitrogênio em repouso no seu interior. Calcule a pressão exercida pelo gás na base do tanque. Caso necessário, use $g = 10\ m/s^2$.



2. (FMJ 2016) Um gás ideal, contido num recipiente dotado de êmbolo móvel, descreve um ciclo térmico ADCBA, como mostra o gráfico.



O processo entre A e D e entre C e B são isotérmicos. Com base no gráfico e sabendo que a temperatura em A é 200K, determine:

a. os trechos do ciclo ADCBA onde o processo é isocórico e onde é isobárico.

b. o volume do gás ideal no ponto D e a temperatura da isoterma que liga os pontos B e C, em Kelvin.

3. (UERJ 2016) Um motorista estaciona seu carro completamente fechado sob o Sol. Nesse instante, a temperatura no interior do carro é igual a $25\ °C$. Ao retornar, algum tempo depois, verifica que essa temperatura interna é igual a $35\ °C$.

Considerando o ar como um gás perfeito, calcule a variação percentual da pressão, $\frac{\Delta P}{P}$, entre os dois momentos, no interior do carro.

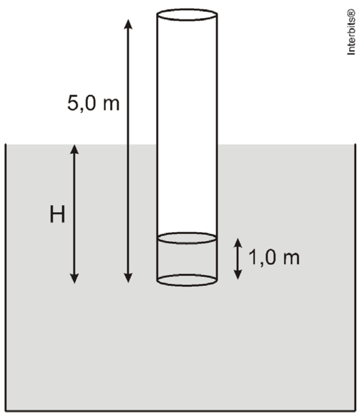
4. (UNICAMP 2015) Alguns experimentos muito importantes em física, tais como os realizados em grandes aceleradores de partículas, necessitam de um ambiente com uma atmosfera extremamente rarefeita, comumente denominada de ultra-alto-vácuo. Em tais ambientes a pressão é menor ou igual a 10^{-6} Pa.

a. Supondo que as moléculas que compõem uma atmosfera de ultra-alto-vácuo estão distribuídas uniformemente no espaço e se comportam como um gás ideal, qual é o número de moléculas por unidade de volume em uma atmosfera cuja pressão seja $P = 3{,}2 \times 10^{-8}$ Pa, à temperatura ambiente $T = 300K$? Se necessário, use: Número de Avogrado $N_A = 6 \times 10^{23}$ e a Constante universal dos gases ideais $R = 8J/molK$.

b. Sabe-se que a pressão atmosférica diminui com a altitude, de tal forma que, a centenas de quilômetros de altitude, ela se aproxima do vácuo absoluto. Por outro lado, pressões acima da encontrada na superfície terrestre podem ser atingidas facilmente em uma submersão aquática. Calcule a razão P_{sub}/P_{nave} entre as pressões que devem suportar a carcaça de uma nave espacial (P_{nave}) a centenas de quilômetros de altitude e a de um submarino (P_{sub}) a 100m de profundidade, supondo que o interior de ambos os veículos se encontra à pressão de 1atm. Considere a densidade da água como $\rho = 1000 kg/m^3$.

5. (UFPR 2015) Um recipiente esférico possui um volume interno igual a 8,0L. Suponha que se queira encher esse recipiente com gás nitrogênio, de modo que a pressão interna seja igual a 2,0atm a uma temperatura de 27°C. Considerando a massa molecular do nitrogênio igual a 28g/mol, a constante universal dos gases como $8{,}0 J/(K \cdot mol)$ e $1atm = 1 \times 10^5$, calcule a massa desse gás que caberia no recipiente sob as condições citadas.

6. (PUCRJ 2015) Um tubo cilíndrico de vidro de 5,0 m de comprimento tem um de seus extremos aberto e o outro fechado. Estando inicialmente em contato com o ar à pressão atmosférica (1 atm), este tubo é introduzido dentro de uma piscina com água, com a parte fechada para cima, até que a água se haja elevado a um quinto da altura do tubo. O tubo é mantido nesta posição.
Veja a figura.



Suponha que este processo ocorre à temperatura constante. Tome o ar como gás ideal.

Considere: $1\ \text{atm} = 1{,}0 \times 10^5\ \text{Pa}$
$g = 10\ \text{m/s}^2$
$\rho_{\text{água}} = 1{,}0 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$

a. Qual é a pressão do ar dentro do tubo, em atm?

b. Qual é a altura H do tubo que se encontra submergida?

____

____

____

____

7. (UNICAMP 2014) Existem inúmeros tipos de extintores de incêndio que devem ser utilizados de acordo com a classe do fogo a se extinguir. No caso de incêndio envolvendo líquidos inflamáveis, classe B, os extintores à base de pó químico ou de dióxido de carbono (CO_2) são recomendados, enquanto extintores de água devem ser evitados, pois podem espalhar o fogo.

a. Considere um extintor de CO_2 cilíndrico de volume interno V = 1800 cm³ que contém uma massa de CO_2 m = 6 kg. Tratando o CO_2 como um gás ideal, calcule a pressão no interior do extintor para uma temperatura T = 300 K.

Dados: R = 8,3 J/mol K e a massa molar do CO_2 M = 44 g/mol.

b. Suponha que um extintor de CO_2 (similar ao do item a), completamente carregado, isolado e inicialmente em repouso, lance um jato de CO_2 de massa m = 50 g com velocidade v = 20 m/s. Estime a massa total do extintor m_{EXT} e calcule a sua velocidade de recuo provocada pelo lançamento do gás.

Despreze a variação da massa total do cilindro decorrente do lançamento do jato.

____

____

____

____

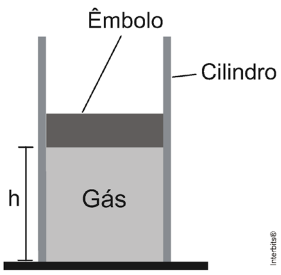
8. (UFG 2014) Os gases comprimidos de uso hospitalar e industrial são comumente armazenados em cilindros de volume igual a $42\ \ell$. A massa desses cilindros vazios é de 45 kg. Considere um cilindro preenchido com hélio à temperatura de 27 °C e pressão de 200 atm e responda ao que se pede.

a. Se o cilindro for colocado em cima de uma balança, determine o valor da massa medido pelo instrumento.

b. No caso em que a válvula do cilindro não vede perfeitamente, ou seja, que haja pequenas perdas de gás, calcule o valor da massa de hélio no cilindro quando o gás parar de vazar, na hipótese de que o sistema se encontre ao nível do mar à temperatura de $27\ °C$.

Dados: $R = 0{,}08\ \ell \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
Peso atômico do Hélio = $4\ u \cdot a$

9. (UFMG 2013) Na figura está representado um pistão constituído de um cilindro e um êmbolo. O êmbolo, que pode se mover livremente, tem massa de 0,30 kg e uma área de seção transversal de 8,0 cm².
Esse pistão contém $4{,}0 \times 10^{-3}$ mol de um gás ideal à temperatura de 27°C. A pressão no ambiente é de 1,0 atm.



a. DETERMINE o valor da força que o gás exerce sobre o êmbolo na situação de equilíbrio.

b. DETERMINE o valor da altura h em que o êmbolo se encontra nessa situação.

Em seguida, o gás é aquecido até que sua temperatura atinja 57°C.

c. DETERMINE o valor do deslocamento Δh do pistão devido a esse aquecimento.

10. (UEL 2013) Sejam A, B e C estados termodinâmicos. Dois moles de um gás ideal, inicialmente em A, sofrem uma compressão isotérmica até B e vão para um estado final C através de um processo termodinâmico a volume constante.
Dados: $T_A = 30\ °C$; $p_A = 1\ atm$; $p_B = 3\ atm$; $p_C = 5\ atm$; $R = 8{,}31 \dfrac{J}{mol \cdot K}$.

a. Faça o diagrama $p \times V$ para o processo termodinâmico de A até C e determine a razão de compressão, $\dfrac{V_A}{V_B}$, que o gás sofreu.

b. Determine a temperatura do gás no estado termodinâmico C.

11. (UFPE 2013) 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?

12. (UERJ 2013) 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.

13. (UNICAMP 2013) A boa ventilação em ambientes fechados é um fator importante para o conforto térmico em regiões de clima quente. Uma chaminé solar pode ser usada para aumentar a ventilação de um edifício. Ela faz uso da energia solar para aquecer o ar de sua parte superior, tornando-o menos denso e fazendo com que ele suba, aspirando assim o ar dos ambientes e substituindo-o por ar vindo do exterior.

a. A intensidade da radiação solar absorvida por uma placa usada para aquecer o ar é igual a 400 W/m². A energia absorvida durante 1,0 min por uma placa de 2 m² é usada para aquecer 6,0 kg de ar. O calor específico do ar é $c = 1000 \frac{J}{kg\,°C}$. Qual é a variação de temperatura do ar nesse período?

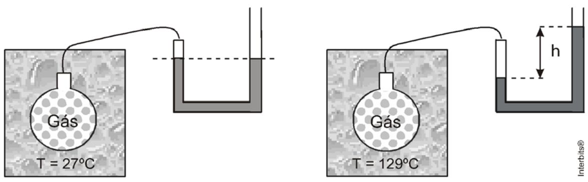
b. A densidade do ar a 290 K é $\rho = 1{,}2\ kg/m^3$. Adotando-se um número fixo de moles de ar mantido a pressão constante, calcule a sua densidade para a temperatura de 300 K. Considere o ar como um gás ideal.

14. (UNICAMP 2012) Os balões desempenham papel importante em pesquisas atmosféricas e sempre encantaram os espectadores. Bartolomeu de Gusmão, nascido em Santos em 1685, é considerado o inventor do aeróstato, balão empregado como aeronave. Em temperatura ambiente, $T_{amb} = 300$ K, a densidade do ar atmosférico vale $\rho_{amb} = 1{,}26\ kg/m^3$. Quando o ar no interior de um balão é aquecido, sua densidade diminui, sendo que a pressão e o volume permanecem constantes. Com isso, o balão é acelerado para cima à medida que seu peso fica menor que o empuxo.

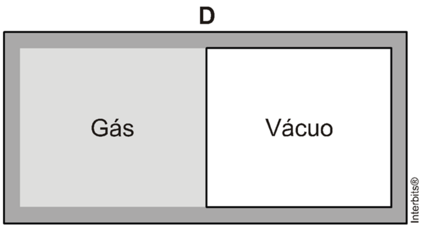
a) Um balão tripulado possui volume total $V = 3{,}0 \cdot 10^6$ litros. Encontre o empuxo que atua no balão.

b) Qual será a temperatura do ar no interior do balão quando sua densidade for reduzida a $\rho_{quente} = 1{,}05\ kg/m^3$? Considere que o ar se comporta como um gás ideal e note que o número de moles de ar no interior do balão é proporcional à sua densidade.

15. (UFPE 2012) O balão de vidro da figura contém um gás ideal à temperatura de 27°C. O balão está conectado a um tubo em U contendo mercúrio, através de um capilar fino. A outra extremidade do tubo em U está aberta para a atmosfera. Se a região onde está localizado o balão é aquecida para uma temperatura de 129°C, determine o desnível alcançado pelas colunas de mercúrio dado pela altura h. Despreze o volume do gás que penetra no braço esquerdo do tubo em comparação com o volume do balão. Dê a sua resposta em centímetros.



16. (UFPE 2011) Um recipiente, feito de um material isolante térmico, consiste de duas partições iguais separadas por uma divisória D (ver figura). No lado direito do recipiente, faz-se vácuo e, na partição da esquerda, se introduz um mol de um gás ideal. Quando a divisória é removida, o gás se expande livremente (isto é, sem realizar trabalho) e atinge um novo estado de equilíbrio termodinâmico.
Determine a razão (P_{antes}/P_{depois}) entre as pressões antes e depois da remoção da divisória.



17. (UERJ 2011) 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.

18. (UFRJ 2011) Um físico alpinista escalou uma alta montanha e verificou que, no topo, a pressão p do ar era igual a $0,44p_o$, sendo po a pressão ao nível do mar. Ele notou também que, no topo, a temperatura T era igual a $0,88T_o$, sendo T_o a correspondente temperatura ao nível do mar, ambas temperaturas medidas em Kelvin.
Considerando o ar no topo e ao nível do mar como um mesmo gás ideal, calcule a razão d / d_o entre a densidade d do ar no topo da montanha e a correspondente densidade d_o ao nível do mar.

19. (UERJ 2010) Um recipiente indeformável, de volume V igual a 15L, contém 3g de hidrogênio submetidos a uma pressão inicial de 2,46 atm.

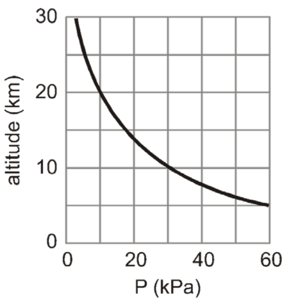
Considerando que o hidrogênio possa ser tratado como um gás ideal, determine, em calorias, a quantidade de calor necessária para que sua pressão triplique.

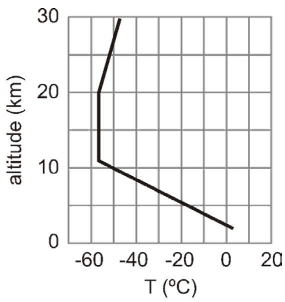
Dados: calor específico do gás hidrogênio a volume constante igual a $2,42\ \text{cal/g}\cdot\text{K}$; constante universal dos gases igual a $0,082\ \text{atm}\cdot\text{L/mol}\cdot\text{K}$; massa molar do gás hidrogênio igual a $2\ \text{g/mol}$.

20. (UNICAMP 2010) A Lua não tem atmosfera, diferentemente de corpos celestes de maior massa. Na Terra, as condições propícias para a vida ocorrem na troposfera, a camada atmosférica mais quente e densa que se estende da superfície até cerca de 12 km de altitude.

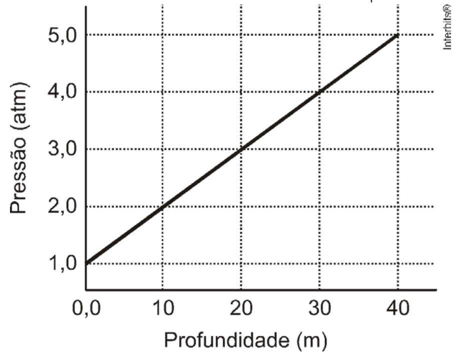
a. A pressão atmosférica na superfície terrestre é o resultado do peso exercido pela coluna de ar atmosférico por unidade de área, e ao nível do mar ela vale P_0 = 100 kPa. Na cidade de Campinas, que está a 700 m acima do nível do mar, a pressão atmosférica vale P_1 = 94 kPa. Encontre a densidade do ar entre o nível do mar e a altitude de Campinas, considerando-a uniforme entre essas altitudes.

b. Numa viagem intercontinental um avião a jato atinge uma altitude de cruzeiro de cerca de 10 km. Os gráficos a seguir mostram as curvas da pressão (P) e da temperatura (T) médias do ar atmosférico em função da altitude para as camadas inferiores da atmosfera. Usando os valores de pressão e temperatura desses gráficos e considerando que o ar atmosférico se comporta como um gás ideal, encontre o volume de um mol de ar a 10 km de altitude. A constante universal dos gases é $R = 8{,}3\,\frac{J}{mol\,K}$.



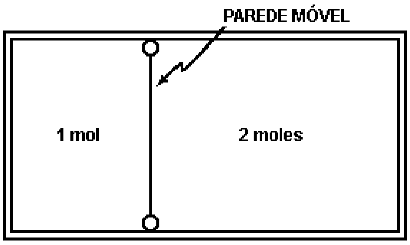


21. (UFPE 2010) Um operário está fazendo manutenção em uma plataforma marítima de petróleo na profundidade de 50 m, quando uma pequena bolha de ar, de volume V_i, é liberada e sobe até a superfície. O aumento da pressão em função da profundidade está representado no gráfico a seguir.
Considerando o gás 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.



22. (UERJ 2008) Um recipiente com capacidade constante de 30 L contém 1 mol de um gás considerado ideal, sob pressão P_0 igual a 1,23 atm.
Considere que a massa desse gás corresponde a 4,0 g e seu calor específico, a volume constante, a 2,42 cal. g^{-1} . $°C^{-1}$.
Calcule a quantidade de calor que deve ser fornecida ao gás contido no recipiente para sua pressão alcançar um valor três vezes maior do que P_0.

23. (UFRJ 2007) 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.

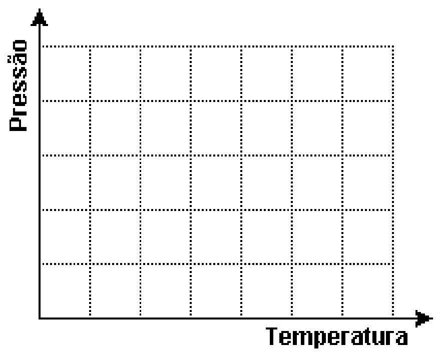


Sabendo que os gases estão em equilíbrio térmico entre si e que a parede se encontra em repouso, calcule o volume de cada gás em função de V_0.

24. (UFMG 2007) Um reservatório fechado contém certa quantidade de hélio gasoso à pressão p_i. Num primeiro processo, esse gás é aquecido, lentamente, de uma temperatura inicial T_i até uma temperatura T_F. Num segundo processo, um pequeno orifício é aberto na parede do reservatório e, por ele, muito lentamente, deixa-se escapar um quarto do conteúdo inicial do gás. Durante esse processo, o reservatório é mantido à temperatura T_F.

Considerando essas informações,

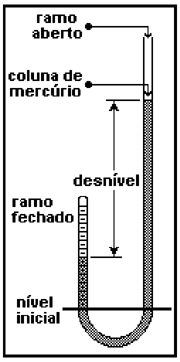
1. ESBOCE, no quadro a seguir, o diagrama da pressão em função da temperatura do gás nos dois processos descritos. JUSTIFIQUE sua resposta.



2. Considere que $p_i = 1{,}0 \times 10^5$ N/m² e que as temperaturas são $T_i = 27$ °C e $T_F = 87$ °C. CALCULE o valor da pressão do gás no interior do reservatório, ao final do segundo processo.

25. (UNIFESP 2006) A figura reproduz o esquema da montagem feita por Robert Boyle para estabelecer a lei dos gases para transformações isotérmicas. Boyle colocou no tubo uma 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/gench m/history/)



volume (unidade arbitrária)	pressão (polegadas de mercúrio)	p x V
48	$29\frac{2}{16}$	1 398
40	$35\frac{5}{16}$	1 413
32	$44\frac{3}{16}$	1 414
24	$58\frac{13}{16}$	1 412
16	$87\frac{14}{16}$	1 406
12	$117\frac{9}{16}$	1 411

Considere: $58\frac{13}{16}$ pol = 1,5 m

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

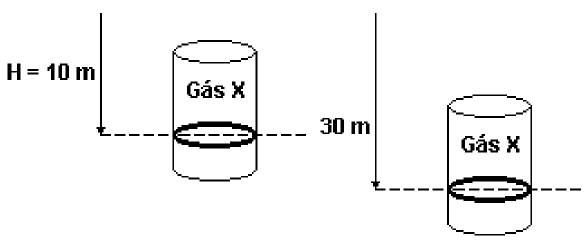
b. De acordo com os dados da tabela, qual a pressão, em pascal, do ar aprisionado no tubo para o volume de 24 unidades arbitrárias?

Utilize para este cálculo:
pressão atmosférica $p_0 = 1{,}0 \times 10^5$ pascal;

densidade do mercúrio d(Hg) = 14×10^3 kg/m^3;
g = 10 m/s^2.

26. (UFU 2006) O êmbolo móvel de um cilindro, contendo um certo gás perfeito X, está imerso na água a uma profundidade H = 10 m (Figura 1a) em relação à superfície. A essa profundidade, o volume ocupado por X é igual a Ve a temperatura T_1 é igual a 27°C. Sobre a superfície da água, atua a pressão atmosférica igual a 1 atm.
Em seguida, o cilindro é mergulhado mais alguns metros, de forma que o seu êmbolo fica a uma profundidade de 30 metros em relação à superfície (Figura 1b). Nessa profundidade, a temperatura do gás passa para T_2 = 7 °C.

Figura 1a   Figura 1b



Considerando as informações apresentadas, determine:

a. a pressão do gás, em atmosfera, quando o êmbolo se encontrar a uma profundidade de 10 m.

b. a razão entre as forças de empuxo sobre o cilindro para H = 10 m e H = 30 m.

Dados: Aceleração gravitacional: g = 10 m/s^2
Densidade da Água: $\rho = 10^3$ kg/m^3
1 atm = 10^5 Pa

27. (PUCRJ 2005) Um gás ideal possui um volume de 100 litros e está a uma temperatura de 27 °C e a uma pressão igual a 1 atm (101000 Pa). Este gás é comprimido a temperatura constante até atingir o volume de 50 litros.

a. Calcule a pressão do gás quando atingir o volume de 50 litros.

O gás é em seguida aquecido a volume constante até atingir a temperatura de 627 °C.

b. Calcule a pressão do gás nesta temperatura.

28. (EBMSP 2018) Para pesquisar os raios cósmicos presentes na estratosfera terrestre e seus impactos ambientais, cientistas utilizaram um balão que teve o seu invólucro impermeável parcialmente cheio com 360 m^3 de um gás, medido ao nível do mar a 27 °C. Sabe-se que o balão subiu até uma altitude onde a pressão do ar era de da pressão ao nível do mar e a temperatura ambiente era de -50 °C.
Considerando o gás como sendo ideal, determine

a. A variação da temperatura absoluta do gás;

b. O volume do gás contido no balão, na sua altitude máxima.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Na resolução, use quando necessário:
1 atm = 10^5 Pa, R = 8,3 J/mol.K,
$\rho_{água}$ = 1000 kg/m^3 , g = 10 m/s^2

29. (UFJF-PISM 2 2018) Em 1662, o inglês Robert Boyle mostrou que, mantendo-se a temperatura constante, o volume de uma quantidade de gás diminui com o aumento da pressão. Esse efeito é observado por mergulhadores rotineiramente, uma vez que bolhas de ar expelidas quando eles se encontram submersos mudam de tamanho à medida que sobem para a superfície. Um mergulhador notou que certas bolhas com volume de 4 cm^3 estavam sendo desprendidas do fundo de um lago com 5 metros de profundidade. As bolhas eram originadas por gases liberados pela matéria orgânica em decomposição. Suponha que o gás na bolha possa ser considerado como um gás ideal e ignore a tensão superficial da água sobre a bolha.

a. Faça a conversão do volume inicial da bolha de cm^3 para m^3.

b. Qual a pressão (em N/m^2) do gás dentro da bolha antes de se desprender e começar a subir? Suponha que seja igual à pressão da água em sua volta.

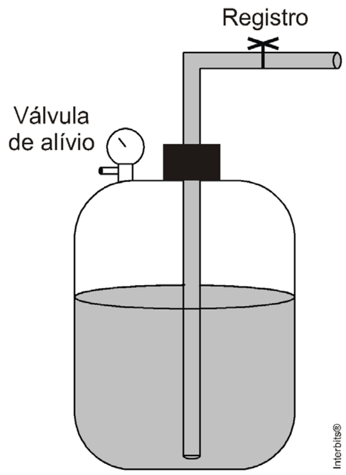
c. Suponha que a temperatura do lago seja a mesma ao longo da trajetória da bolha, que o lago e a bolha estejam em equilíbrio térmico e que a bolha suba sem se dividir. Qual é o volume da bolha imediatamente antes de atingir a superfície do lago?

d. Sabendo que havia 2,4 x 10^{-4} de ar na bolha, determine a temperatura do lago em graus Celsius.

30. (UEMA 2015) No controle de qualidade de produção de seringa, para aplicação de injeção, fez-se o seguinte teste: escolheu-se uma amostra da seringa fabricada e colocou-se $3{,}0 \times 10^{-6} m^3$ de determinado gás. Em seguida, levou-se o sistema para uma estufa em que o volume passou para $3{,}5 \times 10^{-6} m^3$ ao atingir o equilíbrio térmico.

Considerando que esse processo ocorreu sobre pressão constante de $1{,}5 \times 10^5 Pa$, calcule, em joule, o trabalho realizado pelo sistema.

31. (UFG 2013) O nitrogênio líquido é frequentemente utilizado em sistemas criogênicos, para trabalhar a baixas temperaturas. A figura a seguir ilustra um reservatório de 100 litros, com paredes adiabáticas, contendo 60 litros da substância em sua fase líquida a uma temperatura de 77 K. O restante do volume é ocupado por nitrogênio gasoso que se encontra em equilíbrio térmico com o líquido. Na parte superior do reservatório existe uma válvula de alívio para manter a pressão manométrica do gás em 1,4 atm.



Quando o registro do tubo central é aberto, o gás sofre uma lenta expansão isotérmica empurrando o líquido. Considerando-se que foram retirados 10% do volume do líquido durante esse processo e que o gás não escapa para o ambiente, calcule:
Dados: R = 8,4 J/K.mol; 1 atm = 10^5 Pa.

a. O número de mols do gás evaporado durante o processo.

b. O trabalho realizado pelo gás sobre o líquido.

32. (PUCRJ 2010) Uma quantidade de gás passa da temperatura de 27°C = 300K a 227°C = 500K, por um processo a pressão constante (isobárico) igual a 1 atm = $1,0 \times 10^5$ Pa.

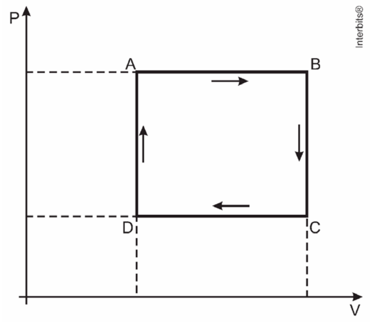
a. Calcule o volume inicial, sabendo que a massa de gás afetada foi de 60 kg e a densidade do gás é de 1,2 kg/m³.

b. Calcule o volume final e indique se o gás sofreu expansão ou contração.

c. Calcule o trabalho realizado pelo gás.

33. (PUCRJ 2016) Um ciclo termodinâmico, para um mol de um gás monoatômico, consiste em 4 processos: $AB \rightarrow$ isobárico; $BC \rightarrow$ isocórico; $CD \rightarrow$ isobárico; $DA \rightarrow$ isocórico, representados no diagrama PV da figura.

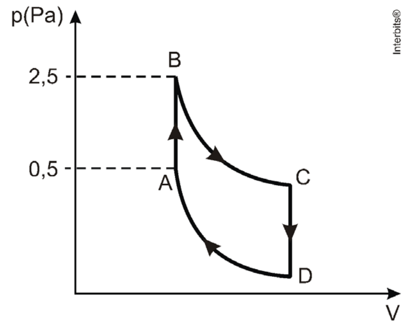
Sabe-se que $P_A = 3,0 \times 10^5 \text{Pa}$, $P_C = 1,0 \times 10^5 \text{Pa}$, $V_D = 8,3 \times 10^{-3} \text{m}^3$, $V_B = 2,0\ V_A$. Considere a constante universal dos gases $R = 8,3\ \text{J/K} \cdot \text{mol}$.



a. Calcule as temperaturas máxima e mínima em que opera o ciclo.

b. Calcule o trabalho realizado pelo gás em um ciclo.

34. (UFPE 2011) Um gás ideal se transforma de acordo com o ciclo termodinâmico mostrado abaixo no diagrama pressão versus volume. Os processos AB e CD são isovolumétricos, e os processos BC e DA são isotérmicos. Qual a razão T_C/T_D entre as respectivas temperaturas absolutas do gás nos pontos C e D?



ANOTAÇÕES

GABARITO

1. a. Dados:

$P_0 = 2\times 10^7\ \text{Pa};\ P_1 = 1{,}6\times 10^7\ \text{Pa};\ T_0 = 300\ \text{K}.$

Aplicando a lei geral dos gases para uma transformação isovolumétrica:

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 T_0}{P_1} = \frac{1{,}6\times 10^7 \times 300}{2\times 10^7} \Rightarrow$$

$$\boxed{T_1 = 240\ \text{K.}}$$

b. Dados:

$A = 2\,m^2;\ z = 25\ L/min;\ \Delta t = 12h = 720\,min;$

$d = 1\,kg/m^3.$

$$z = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow V = z\,\Delta t = 25\times 720 = 18000\ L = 18\,m^3.$$

Mas,

$$V = A\,h \Rightarrow h = \frac{V}{A} = \frac{18}{2} \Rightarrow h = 9\,m.$$

Aplicando o teorema de Stevin:

$$P = dgh = 1\times 10\times 9 \Rightarrow \boxed{P = 90\,Pa.}$$

2. a. O trecho isocórico, isto é, na qual o volume é constante corresponde pelo gráfico ao segmento de reta vertical DC, já o trecho isobárico em que a pressão é constante pertence ao segmento de reta BA.

b. Para calcular o volume do ponto D, usamos a equação geral dos gases aplicada na isoterma AD:

$$p_A V_A = p_D V_D \Rightarrow$$

$$V_D = \frac{p_A V_A}{p_D} = \frac{6\ kPa\cdot 0{,}5\ L}{2\ kPa} \therefore V_D = 1{,}5\ L$$

A temperatura da isoterma BC pode ser calculada usando, por exemplo, a isobárica BA:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Rightarrow$$

$$T_B = \frac{V_B T_A}{V_A} = \frac{1\,L\cdot 200\ K}{0{,}5\ L} \therefore T_B = T_C = 400\ K$$

3. Na situação descrita, o volume de ar dentro do carro permanece inalterado. Logo, trata-se de uma transformação isovolumétrica. Assim, pode-se relacionar os instantes inicial e final da seguinte forma:

$$\frac{p_o}{T_o} = \frac{p}{T}$$

Sabendo que a pressão final é igual a pressão inicial acrescida da diferença de pressão (o mesmo ocorre para temperatura) e que a temperatura deve ser representada em Kelvin, pode-se escrever:

$$\frac{p_o}{T_o} = \frac{p_o + \Delta P}{T_o + \Delta T}$$

$$\frac{P}{(25+273)} = \frac{P+\Delta P}{(25+273)+10}$$

$$\frac{P}{298} = \frac{P+\Delta P}{308}$$

$$308\cdot P = 298\cdot P + 298\cdot \Delta P$$

$$10\cdot P = 298\cdot \Delta P$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{10}{298} \simeq 0{,}0335$$

$$\frac{\Delta P}{P} = 3{,}35\%$$

4. a. Dados:

$N_A = 6\times 10^{23};\ P = 3{,}2\times 10^{-8}\ \text{Pa};\ T = 300\ \text{K};$

$R = 8\ J/mol\cdot K.$

Sendo n o número de mols, o número de partículas (N) é:

$$N = n\,N_A \Rightarrow n = \frac{N}{N_A}.$$

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$n\,R\,T = P\,V \Rightarrow \frac{N}{N_A} R\,T = P\,V \Rightarrow$$

$$\frac{N}{V} = \frac{N_A\,P}{R\,T} = \frac{6\times 10^{23}\times 3{,}2\times 10^{-8}}{8\times 300} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{N}{V} = 8\times 10^{12}\ \text{moléculas}/m^3.}$$

b. Dados:

$p_{int} = p_0 = 1 \text{ atm}; \rho = 10^3 \text{ kg/m}^3; h = 100 \text{ m}; g = 10 \text{ m/s}^2.$

A pressão suportada pela carcaça é o módulo da diferença entre as pressões externa e interna. Assim:

- $P_{sub} = P_{ext} - P_{int} = (P_0 + \rho g h) - P_0 \Rightarrow P_{sub} = \rho g h = 10^3 \times 10 \times 100 \Rightarrow P_{sub} = 10 \times 10^5 \text{ Pa.}$
- $P_{nave} = P_{int} - P_{ext} = P_0 - 0 \Rightarrow P_{nave} = 1 \text{ atm} \Rightarrow P_{nave} = 10^5 \text{ Pa.}$

$$\frac{P_{sub}}{P_{nave}} = \frac{10 \times 10^5}{10^5} \Rightarrow \boxed{\frac{P_{sub}}{P_{nave}} = 10.}$$

5. Podemos utilizar a equação de Clapeyron para resolver a questão acima. Deve-se tomar cuidado com a utilização das unidades corretas (Volume em m³, Pressão em Pa e Temperatura em Kelvin)

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{\left(2 \cdot 1 \cdot 10^5\right) \cdot \left(8 \cdot 10^{-3}\right)}{8{,}0 \cdot 300}$$

$$n = \frac{2}{3} \text{mol}$$

Assim, sabendo que 1 mol tem 28 gramas:

$$28 \text{ g} \text{ —— } 1 \text{ mol}$$

$$x \text{ g} \text{ —— } \frac{2}{3} \text{ mol}$$

$$x = 28 \cdot \frac{2}{3}$$

$$x = 18{,}67 \text{ g}$$

6. a) Como foi informado que o processo ocorre em temperatura constante, temos uma transformação isotérmica e sendo o ar considerado como um gás ideal, podemos usar a equação geral dos gases ideais:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P \cdot V}{T}$$

Em que: $T_0 = T = \text{constante}$ (isotérmico), $V = \frac{4}{5} V_0$ e $P_0 = 1 \text{atm}$.

$$P_0 \cdot V_0 = P \cdot V$$

Substituindo os valores e calculando a pressão final:

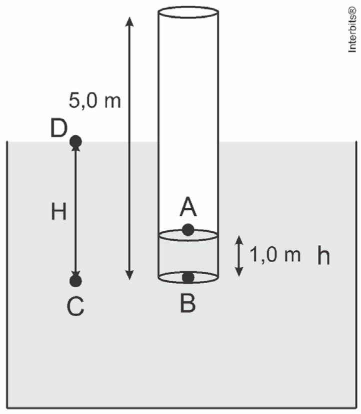
$$1 \text{ atm} \cdot V_0 = P \cdot \frac{4}{5} V_0$$

$$P = 1{,}25 \text{ atm}$$

b. Para calcular a altura H, devemos utilizar a Lei de Stevin da Hidrostática:

$$P_C = P_D + \rho g H$$

$$P_B = P_A + \rho g h$$



Pelo fato de que os pontos **B** e **C** estão na mesma altura dentro do líquido, eles tem a mesma pressão.

$$P_B = P_C$$

$$P_D + \rho g H = P_A + \rho g h$$

$$\rho g H - \rho g h = P_A - P_D$$

$$\rho g (H - h) = P_A - P_D$$

$$H = \frac{P_A - P_D}{\rho g} + h$$

Usando os valores de pressão em pascal e substituindo o restante dos dados:

$$P_A = 1{,}25 \text{ atm} = 1{,}25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_D = 1{,}0 \text{ atm} = 1{,}0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$H = \frac{1{,}25 \cdot 10^5 \text{ Pa} - 1{,}0 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{1{,}0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} + 1 \text{ m}$$

$$H = 3{,}5 \text{ m}$$

7. a) Dados:

$V = 1.800 \text{ cm}^3 = 1{,}8 \times 10^{-3} \text{m}^3; m = 6 \text{ kg} = 6 \times 10^3 \text{g};$
$M = 44 \text{ g/mol}; R = 8{,}3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}; T = 300 \text{ K}.$

Da equação de Clapeyron:

$$p\,V = \frac{m}{M} R\,T \Rightarrow p = \frac{m\,R\,T}{V\,M} = \frac{6 \times 10^3 \times 8{,}3 \times 300}{1{,}8 \times 10^{-3} \times 44} \Rightarrow$$

$$\boxed{p = 1{,}89 \times 10^8 \text{ N/m}^2.}$$

b) Dados: m = 50 g; v = 20 m/s.

Estimando a massa do extintor: M_{ext} = 10 kg = 10.000 g.

Como se trata de um sistema mecanicamente isolado ocorre conservação do momento linear.

Assim, em módulo:

$M_{ext}\ V = m\ v \Rightarrow V = \dfrac{m\ v}{M_{ext}} = \dfrac{50 \times 20}{10.000} \Rightarrow$

$\boxed{V = 0{,}1\ m/s.}$

8. a. Dados:

$V = 42\ell;\ p_1 = 200\,atm;\ R = 0{,}08\,atm \cdot \ell / (mol \cdot K);$

$T = 27\,°C = 300K;\ M = 4 \times 10^{-3}\,kg.$

Da equação de Clapeyron:

$p_1 V = n_1 R T \Rightarrow p_1 V = \dfrac{m_1}{M} R T \Rightarrow$

$m_1 = \dfrac{p_1 V M}{R T} = \dfrac{200 \times 42 \times 4 \times 10^{-3}}{0{,}08 \times 300} = 1{,}4\,kg.$

O valor massa medida pela balança é:

$m = 45 + 1{,}4 \Rightarrow \boxed{m = 46{,}4\,kg.}$

b. O gás para de vazar quando a pressão interna se iguala a pressão externa, que é a pressão atmosférica $(1\,atm)$. Como o volume e a temperatura não variam, tem-se:

$\dfrac{p_1 V}{\frac{m_1}{M} T} = \dfrac{p_2 V}{\frac{m_2}{M} T} \Rightarrow \dfrac{p_1}{m_1} = \dfrac{p_2}{m_2} \Rightarrow$

$m_2 = \dfrac{p_2 m_1}{p_1} = \dfrac{1(1{,}4)}{200} = 0{,}007\ kg \Rightarrow \boxed{m_2 = 7\,g.}$

9. Dados: me = 0,3 kg; A = 8 cm² = 8 x 10⁻⁴ m²; n = 4 x 10⁻³ mol; T = 27 °C = 300 K; T1 = 57 °C = 330 K; p = 1 atm = 10⁵ Pa; R = 8,3 J/mol·K.

a. No equilíbrio, a pressão exercida pelo gás equilibra a pressão atmosférica, somada à pressão exercida pelo peso do êmbolo. Então, o valor da força exercida pelo gás sobre o êmbolo é:

$F_{gás} = m_e\ g + p_{atm}\ A \Rightarrow$

$F_{gás} = 83\ N.$

$F_{gás} = 0{,}3 \cdot 10 + 10^5 \cdot 8 \times 10^{-4} \Rightarrow F_{gás} = 3 + 80 \Rightarrow$

$F_{gás} = 83\ N.$

b. Aplicando a equação de Clapeyron:

$F_{gás} = p\ A \Rightarrow F_{gás} = \dfrac{n\ R\ T}{V}\ A \Rightarrow$

$F_{gás} = \dfrac{n\ R\ T}{A\ h}\ A \Rightarrow h = \dfrac{n\ R\ T}{F_{gás}} \Rightarrow$

$h = \dfrac{4 \times 10^{-3} \cdot 8{,}3 \cdot 300}{83} =$

$\dfrac{4 \times 10^{-3} \cdot 83 \cdot 30}{83} = 120 \times 10^{-3} \Rightarrow h = 0{,}12\ m.$

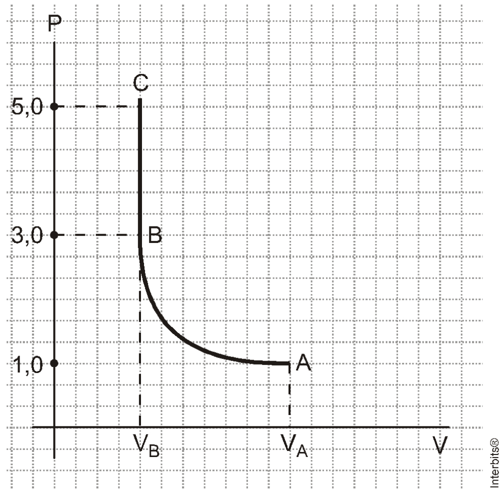
c. Supondo que o aquecimento se dê à pressão constante, aplicando a lei geral dos gases:

$\dfrac{p\ V}{T} = \dfrac{p\ V_1}{T_1} \Rightarrow \dfrac{A\ h}{T} = \dfrac{A\ h_1}{T_1} \Rightarrow \dfrac{h}{T} = \dfrac{h_1}{T_1} \Rightarrow$

$\dfrac{0{,}12}{300} = \dfrac{h_1}{330} \Rightarrow h_1 = 0{,}132\ m.$

$\Delta h = h_1 - h\ = 0{,}132 - 0{,}12 \Rightarrow \Delta h = 0{,}012\ m.$

10. a. Observe o diagrama a seguir:



$P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B \rightarrow \dfrac{V_A}{V_B} = \dfrac{P_B}{P_A} = 3$

b. $30°C = 303K$

$\dfrac{P_B}{T_B} = \dfrac{P_C}{T_C} \rightarrow \dfrac{3}{303} = \dfrac{5}{T_C} \rightarrow T_C = 505K = 232°C$

11.

$\dfrac{P_0 V_0}{n_0 T_0} = \dfrac{PV}{nT} \rightarrow \dfrac{P_0 V_0}{n_0 T_0} = \dfrac{2P_0 x 12 V_0}{3 n_0 T} \rightarrow$

$\dfrac{T}{T_0} = \dfrac{24 n_0 P_0 V_0}{3 n_0 P_0 V_0} \rightarrow \dfrac{T}{T_0} = 8$

12. Condições iniciais do gás: $v_0 = v\ p_0 = p\ \theta_0 = \theta$

Condições finais do gás: $v_f = 0{,}5v\ p_f = ?\ \theta_f = \theta$

$\dfrac{p_0 \cdot v_0}{\theta o} = \dfrac{p_f \cdot v_f}{\theta_f} \rightarrow \dfrac{p \cdot \cancel{v}}{\cancel{\theta}} = \dfrac{p_f \cdot 0{,}5\cancel{v}}{\cancel{\theta}} \rightarrow \therefore \boxed{\dfrac{p_f}{p_0} = 2}$

13. a) Dados: $I = 400\ W/m^2$; $A = 2\ m^2$;
$\Delta t = 1\ min = 60\ s$.

Calculando a quantidade de calor absorvida e aplicando na equação do calor sensível:

$$Q = I\ A\ \Delta t \ \Rightarrow\ Q = 400 \cdot 2 \cdot 60 = 48.000\ J.$$

$$Q = m\ c\ \Delta\theta \ \Rightarrow\ \Delta\theta = \frac{Q}{m\ c} = \frac{48000}{6 \cdot 1000} \ \Rightarrow$$

$$\Delta\theta = 8\ ^\circ C.$$

b. Dados: T1 = 290 K; T2 = 300 K; $\rho_1 = 1{,}2\ kg/m^3$.

Sendo a pressão constante, da equação geral dos gases:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \ \Rightarrow\ \frac{m}{\rho_1\ T_1} = \frac{m}{\rho_2\ T_2} \ \Rightarrow\ \rho_2 = \frac{\rho_1\ T_1}{T_2} = \frac{1{,}2 \cdot 290}{300} \ \Rightarrow$$

$$\rho_2 = 1{,}16\ kg/m^3.$$

14. a. Dados:

$$V = 3 \times 10^6 L = 3 \times 10^3 m^3;\ g = 10\ m/s^2;$$

$$\rho_{amb} = 1{,}26\ kg/m^3.$$

Da expressão do empuxo:

$$E = \rho_{amb}\ V\ g = 1{,}26 \times 10 \times 3 \times 10^3 \ \Rightarrow$$

$$E = 3{,}78 \times 10^4\ N.$$

b. Dados:

$$\rho_{amb} = 1{,}26\ kg/m^3;\ \rho_{quente} = 1{,}05\ kg/m^3;$$

$$P_{quente} = P_{amb};\ V_{quente} = V_{amb}.$$

Da equação de Clapeyron:

$$PV = nRT \ \Rightarrow\ \frac{PV}{nT} = R\ (constante).$$

Então:

$$\frac{P_{quente} V_{quente}}{n_{quente} T_{quente}} = \frac{P_{amb} V_{amb}}{n_{amb} T_{amb}} \ \Rightarrow$$

$$n_{quente} T_{quente} = n_{amb} T_{amb} \ \Rightarrow\ \frac{n_{quente}}{n_{amb}} = \frac{T_{amb}}{T_{quente}}.$$

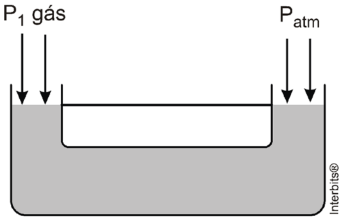
Mas o enunciado afirma que o número de mols de ar no interior do balão é proporcional à sua densidade. Então:

$$\frac{n_{quente}}{n_{amb}} = \frac{\rho_{quente}}{\rho_{amb}} = \frac{T_{amb}}{T_{quente}} \ \Rightarrow$$

$$\frac{1{,}05}{1{,}26} = \frac{300}{T_{quente}} \ \Rightarrow\ T_{quente} = \frac{1{,}26 \times 300}{1{,}05} \ \Rightarrow$$

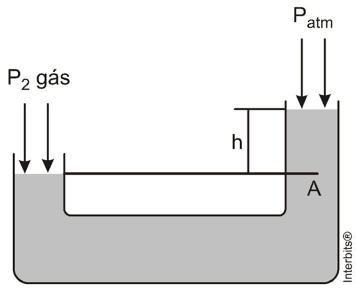
$$T_{quente} = 360\ K.$$

15. Analisando os vasos comunicantes teremos:
Situação inicial



$$P_1 gás = P_{atm}$$

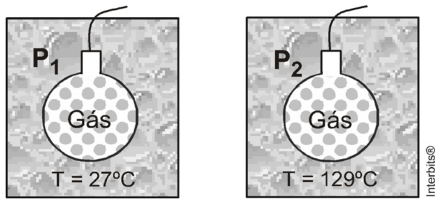
Situação final



$$P_A = P_{atm} + P_{hidrostática} \rightarrow P_A = P_{atm} + d.g.h$$

$$P_2 gás = P_A \rightarrow P_2 gás = P_{atm} + d.g.h$$

O gás preso no balão sofre uma transformação com volume constante (Despreze o volume do gás que...), ou seja, podemos escrever:



T_1 = 300K **T_2 = 402K**

$$\frac{P_1 gás}{T_1} = \frac{P_2 gás}{T_2}$$

Substituindo as equações:

$$\frac{P_1 gás}{T_1} = \frac{P_2 gás}{T_2} \rightarrow \frac{P_{atm}}{T_1} = \frac{P_{atm} + d.g.h}{T_2}$$

Substituindo os valores:

$P_{atm} = 1{,}0.10^5\ N/m^2$

$d_{mercúrio} = 13{,}6\ g/cm^3 = 13{,}6.10^3\ kg/m^3$

$$\frac{P_1 gás}{T_1} = \frac{P_2 gás}{T_2} \rightarrow \frac{1{,}0.10^5}{300} = \frac{1{,}0.10^5 + 13{,}6.10^3.10.h}{402} \rightarrow$$

$$h = 0{,}25 m$$

h=25cm.

16. $P_A.V_A = P_D.V_D \rightarrow \dfrac{P_A}{P_D} = \dfrac{V_D}{V_A} = \dfrac{2V}{V} = 2$

17. Dados:

$$\text{Inicial}\begin{cases}P_0 = 2\text{ atm}\\ T_0 = 27\text{ °C} = 300\text{ K}\\ V_0\\ n_0\end{cases} \qquad \text{Final}\begin{cases}P = ?\\ T = 7\text{ °C} = 280\text{ K}\\ V_0 = V\\ n = \dfrac{n_0}{2}\end{cases}$$

Da equação geral dos gases ideais:

$$\frac{P\cancel{V}}{n\,T} = \frac{P_0\cancel{V_0}}{n_0T_0} \Rightarrow \frac{P}{\frac{\cancel{n_0}}{\cancel{2}}(280)} = \frac{\cancel{2}}{\cancel{n_0}(300)} \Rightarrow P = \frac{280}{300}$$

$\Rightarrow P = 0{,}93$ atm.

18. Dados: $p = 0{,}44\ p_0$; $T = 0{,}88\ T_0$.

Da equação geral dos gases:

$$\frac{p\ V}{T} = \frac{p_0\ V_0}{T_0} \Rightarrow \frac{0{,}44\ \cancel{p_0}\ V}{0{,}88\ \cancel{T_0}} = \frac{\cancel{p_0}\ V_0}{\cancel{T_0}} \Rightarrow$$

$V = 2\ V_0$.

Da expressão da densidade:

$$\left.\begin{cases}d = \dfrac{m}{V} = \dfrac{m}{2\ V_0}\\ d_0 = \dfrac{m}{V_0}\end{cases}\right\rangle \Rightarrow \frac{d}{d_0} = \frac{\cancel{m}}{2\ \cancel{V_0}} \times \frac{\cancel{V_0}}{\cancel{m}} \Rightarrow$$

$\dfrac{d}{d_0} = \dfrac{1}{2}.$

19. Dados:

$m = 3$ g; $P_1 = 2{,}46$ atm; $P_2 = 3\ P_1$; $V_1 = V_2 = 15$ L; $c_{H_2} = 2{,}42$ cal/g·K; $R = 0{,}082$ atm·L/mol·K; $M_{H_2} = 2$ g/mol.

Aplicando a equação de Clapeyron para a situação inicial:

$$P_1V_1 = \frac{m}{M_{H_2}}RT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{M_{H_2}P_1V_1}{m\ R} = \frac{2\times 2{,}46\times 15}{3\times 0{,}082} \Rightarrow$$

$T_1 = 300$ K.

Aplicando a equação geral dos gases:

$$\frac{P_1\ V_1}{T_1} = \frac{P_2\ V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1}{300} = \frac{3\ P_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 900\text{ K}.$$

A quantidade de calor necessária para esse aquecimento a volume constante é:

$Q = m\ c_{H_2}\Delta T = 3\times 2{,}42\times(900 - 300) \Rightarrow$

$Q = 4.356$ cal.

20. a. Dados: $P_0 = 100$ kPa $= 10^5$ Pa;
$P = 0{,}94\times 10^5$ Pa; $h = 700$ m, $g = 10$ m/s².
A diferença de pressão ocorre devido peso da coluna de ar, de altura $h = 700$ m que, conforme o teorema de Stevin, é dada por:

$|\Delta P| = d\ g\ h \Rightarrow$

$$d = \frac{|\Delta P|}{g\ h} = \frac{10^5 - 0{,}94\times 10^5}{10\times 7\times 10^2} = \frac{6\times 10^3}{7\times 10^3} \Rightarrow$$

$d = 0{,}86$ kg/m³.

b. Dados: $R = 8{,}3\ \dfrac{J}{mol.K}$; $H = 10$ km.

Da leitura direta dos gráficos, obtemos para altura de 10 km: pressão, $P = 30$ kPa $= 3\times 10^4$ Pa; temperatura, $T = -50$ °C $= (-50 + 273) = 223$ K.

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$P\ V = n\ R\ T \Rightarrow V = \frac{n\ R\ T}{P} \Rightarrow V = \frac{1\ (8{,}3)\ (223)}{3\times 10^4}$$

$\Rightarrow V = 6{,}17\times 10^{-2}$ m³ $\Rightarrow V = 61{,}7$ L.

21. 06.

Analisando o gráfico dado, concluímos que para a profundidade de 50 m a pressão inicial é $P_i = 6$ atm. A pressão final, na superfície, é $P_f = 1$ atm.

Aplicando a equação dos gases ideais no processo isotérmico entre a posição inicial (profundidade de 50 m) e a posição final (superfície do mar), temos:

$$P_iV_i = P_fV_f \Rightarrow \frac{V_f}{V_i} = \frac{P_i}{P_f} = \frac{6{,}0}{1} \Rightarrow \frac{V_f}{V_i} = 6{,}0.$$

22. De acordo com Clapeyron:

$p.V = n.R.T$

$p_0.V = n.R.T_0$

De onde vem:

$p.V - p_0.V = n.R.T - n.R.T_0$

$(p - p_0).V = n.R.(T - T_0)$

$(T - T_0) = (p - p_0).V/(n.R)$

Pela equação fundamental da calorimetria:

$Q = m.c.(T - T_0)$

$Q = m.c.(p - p_0).V/(n.R)$

$Q = 40.2{,}42.(2{,}46).30/(1.0{,}082)$

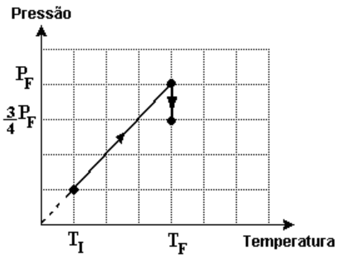
$Q = 8{,}7\times 10^3$ cal

23. Utilizando a equação de estado dos gases ideais, temos: $p_1V_1 = n_1RT_1$ e $p_2V_2 = n_2RT_2$ e, portanto, $\dfrac{(p_1V_1)}{(p_2V_2)} = \dfrac{(n_1T_1)}{(n_2T_2)}$. 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, $V_2 = 2\ V_1$. Substituindo esse resultado em $V_1 + V_2 =$ V€, obtemos $3V_1 =$ V€, ou seja, $V_1 = \frac{V€}{3}$ e, consequentemente, $V_2 = \frac{2\ V€}{3}$.

24.
1. Segundo processo: $\frac{P_F V_F}{n_F T_F} = \frac{PV}{nT} \rightarrow \frac{P_F}{n} = \frac{P}{\frac{3n}{4}} \rightarrow$

$P = \frac{3}{4} P_F$

Observe a figura a seguir:



b. $\frac{P_i V_i}{n_i T_i} = \frac{PV}{nT} \rightarrow \frac{1{,}0 \times 10^5}{n_i \times 300} = \frac{P}{\frac{3n_i}{4}.360} \rightarrow$

$P = \frac{3 \times 360 \times 10^5}{1200} = 9{,}0 \times 10^4 N/m^2$

25. a. Os valores obtidos por Boyle confirmam que o produto pressão e volume do gás permanece constante.

b. $p = d(Hg) . g . h + p_0$

$p = 14 . 10^3 . 10 . 1{,}5 + 1{,}0 . 10^5$ (Pa)

$p = 3{,}1 . 10^5$Pa

26. a. $p = p_{atm} + \mu \times g \times h \rightarrow p = 10^5 + 10^3 \times 10 \times 10 \rightarrow p = 2 \times 10^5$ N/m² ou p = 2 atm

b. $E_1/E_2 = \frac{15}{7}$.

27. a. Em processo isotérmico é verdadeiro que o produto entre a pressão e volume é constante. Desta forma:

$P_1V_1 = P_2V_2 \rightarrow P_2 = P_1V_1/V_2 = 1 \times \frac{100}{50} = 2$ atm

b. Em processo isocórico a pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Assim: $P_1/T_1 = P_2/T_2 \rightarrow P_2 = P_1T_2/T_1 = 2 \times \frac{(627 + 273)}{(27 + 273)} = 2 \times \frac{900}{300} = 2 \times 3 = 6$ atm

28. Temperatura ao nível do mar:

$T_0 = 27 + 273 \Rightarrow T_0 = 300\ K$

Temperatura na altura máxima:

$T = -50 + 273 \Rightarrow T = 223\ K$

Variação da temperatura:

$$\Delta T = \frac{T - T_0}{T_0} = \frac{223 - 300}{300} \cong -0{,}2567$$

$$\therefore \Delta T = -25{,}67\%$$

Pela equação geral dos gases, temos:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T}$$

$$\frac{P_0 \cdot 360}{300} = \frac{0{,}01 P_0 \cdot V}{223}$$

$$3V = 360 \cdot 223 \therefore V = 26760\ m^3$$

29. $V = 4\ cm^3 = 4 \cdot (10^{-2})^3\ m^3$

$\therefore V = 4 \cdot 10^{-6}\ m^3$

b. Pela relação de Stevin, temos:

$$P = P_0 + \rho_{água} g h$$

$$P = 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 5$$

$$\therefore P = 1{,}5 \cdot 10^5\ N/m^2$$

c. Aplicando a equação geral dos gases:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0 V_0}{T} V_0 = \frac{PV}{P_0} = \frac{1{,}5 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{10^5}$$

$$\therefore V_0 = 6 \cdot 10^{-6}\ m^3$$

d. Pela equação de Clayperon:

$$PV = nRT$$

$$T = \frac{PV}{nR} = \frac{1{,}5 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{2{,}4 \cdot 10^{-4} \cdot 8{,}3} \therefore T \cong 301\ K$$

30. Sabe-se que o trabalho realizado por um gás a pressão constante é dado por:

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

Sabendo-se os valores de volume inicial e final, pode-se calcular a variação de volume.

$$\tau = p \cdot (V_f - V_i)$$

$$\tau = (1{,}5 \cdot 10^5) \cdot [(3{,}5 \cdot 10^{-6}) - (3{,}0 \cdot 10^{-6})]$$

$$\tau = (1{,}5 \cdot 10^5) \cdot (0{,}5 \cdot 10^{-6})$$

$$\tau = 0{,}075\ J$$

31. a. Dados:

Pressão: $p_0 = p = 1{,}4 \text{ atm} = 1{,}4 \times 10^5$ N/m² (constante);

Volume total: VT = 100 L = 10-1 m³;

Volume de líquido: VL = 60 L = 6×10^{-2} m³;

Constante dos gases: R = 8,4 J/mol K.

O volume gasoso inicial é:

$V_0 = 100 - 60 = 40 \text{ L} = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^3.$

Assumindo comportamento de gás ideal para o nitrogênio, o número de mols inicial (n_0) é:

$p_0 V_0 = n_0 R T \Rightarrow$

$$n_0 = \frac{p_0 V_0}{R T} = \frac{1{,}4 \times 10^5 \times 4 \times 10^{-2}}{8{,}4 \times 77} \Rightarrow$$

$$n_0 = \frac{56 \times 10^3}{646{,}8} = 8{,}7 \text{ mol.}$$

Após a abertura do registro, o volume de líquido diminui de 10%, correspondendo à variação (ΔV), em módulo:

$$|\Delta V| = 10\%(60) = \frac{1}{10} \cdot 60 \Rightarrow |\Delta V| = 6 \text{ L.}$$

O gás passa a ocupar esse volume, passando então a:

$$V_1 = V_0 + \Delta V = 40 + 6 \Rightarrow V_1 = 46 \text{ L.}$$

O novo número de mols é n_1:

$$p_1 V_1 = n_1 R T \Rightarrow n_1 = \frac{p_1 V_1}{R T} =$$

$$\frac{1{,}4 \times 10^5 \times 4{,}6 \times 10^{-2}}{8{,}4 \times 77} \Rightarrow n_1 = \frac{6{,}44 \times 10^3}{646{,}8} = 10 \text{ mol.}$$

O número de mols do gás evaporado durante o processo é Δn.

$$\Delta n = n_1 - n_0 = 10 - 8{,}7 \Rightarrow \boxed{\Delta n = 1{,}3 \text{ mol.}}$$

b. Dado: p = 1,4 atm = $1{,}4 \times 10^5$ N/m² (constante).

Como a transformação é isobárica, o trabalho (W) é:

$$W = p\,\Delta V = 1{,}4 \times 10^5 (46 - 40) \times 10^{-3} = 1{,}4 \times 10^5 \times 6 \times 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\boxed{W = 840 \text{ J.}}$$

32. Dados: T1 = 300 K; T_2 = 500 K; P = 1 atm = 10^5 Pa; m = 60 kg; d_1 = 1,2 kg/m³.

a. $V_1 = \frac{m}{d_1} = \frac{60}{1{,}2} \Rightarrow V_1 = 50$ m³.

b. Usando a equação geral dos gases:

$$\frac{\cancel{P}V_1}{T_1} = \frac{\cancel{P}V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{50}{300} = \frac{V_2}{500} \Rightarrow V_2 = \frac{250}{3} \Rightarrow$$

V_2 = 83,3 m³. (O gás sofreu expansão)

c. Numa expansão isobárica, o trabalho é dado por:

W = P(ΔV) = 10^5(83,3 – 50) = 33,3 × 10^5 J ⇒ W = 3,3 × 10^6 J.

33. a. Completando o gráfico com as informações das transformações:

$$P_A = P_B = 3{,}0 \times 10^5 \text{Pa}, P_C = P_D = 1{,}0 \times 10^5 \text{Pa},$$
$$V_D = V_A = 8{,}3 \times 10^{-3} \text{m}^3 \text{ e } V_B = V_C = 2{,}0\, V_A.$$

Podemos calcular as temperaturas mínima (ponto D) e máxima (ponto B), usando a equação de Clapeyron para gases ideais:

$$PV = nRT \Rightarrow T = \frac{PV}{nR}$$

Portanto, para a temperatura mínima:

$$T_D = \frac{P_D V_D}{nR} = \frac{1{,}0 \times 10^5 \text{Pa} \cdot 8{,}3 \times 10^{-3} \text{m}^3}{1 \text{mol} \cdot 8{,}3 \text{ J/K} \cdot \text{mol}} \therefore T_D = 100 \text{ K}$$

E a temperatura máxima é:

$$T_D = \frac{P_B V_B}{nR} = \frac{3{,}0 \times 10^5 \text{Pa} \cdot 2 \cdot 8{,}3 \times 10^{-3} \text{m}^3}{1 \text{mol} \cdot 8{,}3 \text{ J/K} \cdot \text{mol}} \therefore T_D = 600 \text{ K}$$

b. O trabalho W realizado pelo gás no ciclo é dado pela área no gráfico:

$$W = \Delta P \cdot \Delta V =$$

$$\left(3{,}0 \times 10^5 \text{Pa} - 1{,}0 \times 10^5 \text{Pa}\right) \cdot \left(2 \cdot 8{,}3 \times 10^{-3} \text{m}^3 - 8{,}3 \times 10^{-3} \text{m}^3\right)$$

$$\therefore W = 1660 \text{ J}$$

34. A transformação AB é isométrica. Então, para os estados A e B:

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B} \Rightarrow \frac{0{,}5}{T_A} = \frac{2{,}5}{T_B} \Rightarrow \frac{T_B}{T_A} = 5.$$

Como as transformações BC e DA são isotérmicas, $T_B = T_C$ e $T_D = T_A$. Então:

$$\frac{T_C}{T_D} - \frac{T_B}{T_A} = 5.$$

ANOTAÇÕES