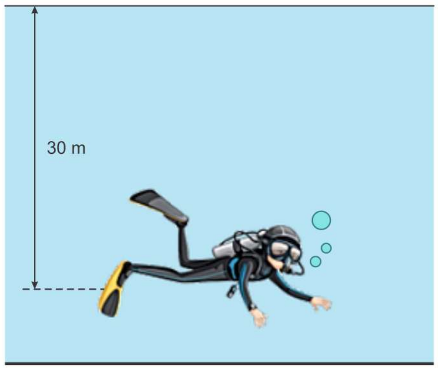
1. (Unifesp 2024) Um mergulhador e seu equipamento, que totalizam 90 kg, estão em repouso 30 m abaixo da superfície de um lago de águas paradas, sem tocar o fundo do lago, a uma temperatura de 7°C.



fora de escala

(http://pt.vecteezy.com. Adaptado.)

Considere a densidade da água do lago igual a 10^3 kg/m^3, a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2, a pressão atmosférica igual a 10^5 N/m^2 e o ar um gás ideal.

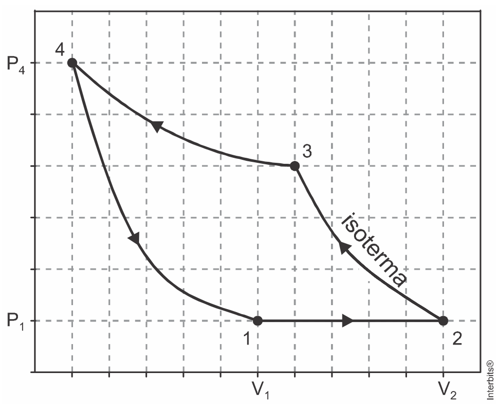
a) Represente, na imagem inserida, as forças que atuam no mergulhador em repouso na posição mostrada na figura. Calcule a intensidade do empuxo, em N, exercido pela água do lago no mergulhador, nessa posição.

b) Em determinado momento, esse mergulhador libera uma bolha de ar de volume 14 cm^3 que sobe à superfície, onde a temperatura é de 27°C. Suponha que, em seu movimento de subida, a bolha não se rompa e mantenha-se sempre em equilíbrio térmico com a água do lago. Calcule o volume, em cm^3, dessa bolha de ar no momento em que atinge a superfície do lago.

2. (Unicamp 2019) Nas proximidades do Sol, a Sonda Solar Parker estará exposta a altas intensidades de radiação e a altas temperaturas. Diversos dispositivos serão usados para evitar o aquecimento excessivo dos equipamentos a bordo da sonda, entre eles um sistema de refrigeração. Um refrigerador opera através da execução de ciclos termodinâmicos.

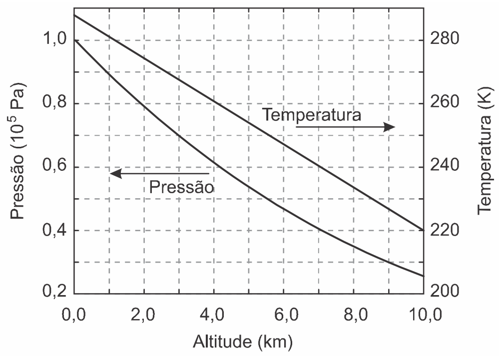
a) Considere o ciclo termodinâmico representado abaixo para um gás ideal, em que $V_2 = 1{,}5\ V_1$ e $T_1 = 200\ K$. Calcule a temperatura T_3.

b) A partir do gráfico, estime o módulo do trabalho realizado sobre o gás em um ciclo, em termos apenas de V_1, V_2, P_1 e P_4.

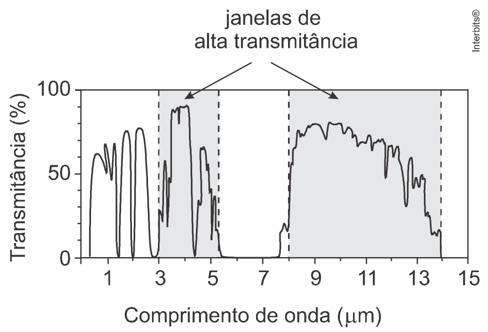


3. (Unicamp 2021) O Aconcágua é uma montanha na Cordilheira dos Andes com aproximadamente $7000\ \text{m}$ de altitude, a mais alta fora da Ásia.

a) O gráfico abaixo mostra curvas padronizadas da pressão e da temperatura do ar atmosférico em função da altitude. O ar comporta-se como um gás ideal e pode-se usar $R = 8\ \text{J/mol} \cdot \text{K}$ para a constante universal dos gases perfeitos. Calcule o volume molar do ar no pico do Aconcágua, que é dado pela razão (V/n), ou seja, pelo volume de ar, V, dividido pelo correspondente número de moles, n.



b) A radiação solar que atinge a superfície da Terra é, em parte, absorvida pelas moléculas e partículas da atmosfera, sendo que a fração transmitida que chega ao nível do mar é menor do que aquela que atinge as altitudes elevadas. A figura abaixo mostra a curva de transmitância em função do comprimento de onda da radiação eletromagnética solar, para um ponto ao nível do mar, nas regiões do visível e do infravermelho. Nessa curva, podem-se ver duas largas janelas de **alta transmitância** no infravermelho. Sabendo que a energia de um fóton é dada por $E = hf$, sendo $h = 4 \times 10^{-15}\ \text{eV} \cdot \text{s}$ a constante de Planck e f a frequência da onda eletromagnética, encontre a menor energia dos fótons transmitidos por essas janelas no infravermelho.
Velocidade da luz: $c = 3{,}0 \times 10^8\ \text{m/s}$.



4. (Fuvest 2023) Considere um mergulhador em um lago de águas calmas.

a) Esse mergulhador possui massa de 75 kg e volume corporal de 70 L. Para um mergulho, ele acopla a si um cilindro de ar de 15 kg e volume de 10 L. Estando completamente imersos na água (mergulhador e cilindro), o mergulhador para de nadar. Ele afundará ou subirá até a superfície? Justifique sua resposta.
b) Durante um mergulho, o mergulhador consulta seu manômetro de pulso e verifica que a pressão absoluta local é de 2,0 atm. A que profundidade o mergulhador está?
c) Finalmente, considere que o mergulhador está no fundo do lago, onde a temperatura da água é de 7°C e a pressão é de 2,8 atm. Ele produz uma bolha de ar volume V_1, que sobe em direção à superfície. Quando a bolha houver subido até a iminência de atingir a superfície, onde a temperatura da água é 27°C, seu volume será V_0. Determine a razão V_0/V_1.

Note e adote:
A densidade da água é de 1,0 kg/L.
Adote como aceleração da gravidade o valor 10 m/s² e como densidade da água o valor $1{,}0 \times 10^3\ \text{kg/m}^3$ e utilize $1{,}0\ \text{atm} = 1{,}0 \times 10^5\ \text{Pa}$.
Trate o ar na bolha como um gás ideal e suponha que não escape ar da bolha durante a subida.

5. (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.

6. (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.

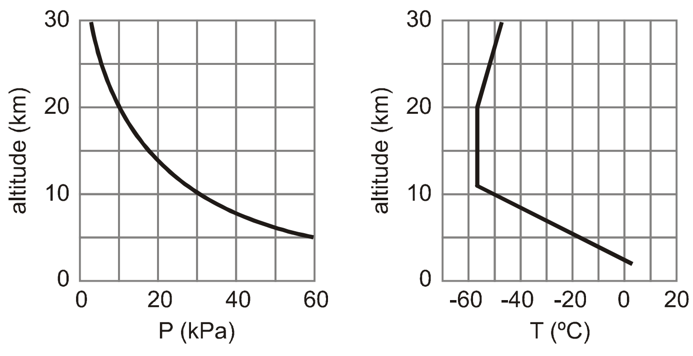
a) A intensidade da radiação solar absorvida por uma placa usada para aquecer o ar é igual a 400 W/m^2. A energia absorvida durante 1,0 min por uma placa de 2 m^2 é usada para aquecer 6,0 kg de ar. O calor específico do ar é $c = 1000 \dfrac{J}{kg\ °C}$. Qual é a variação de temperatura do ar nesse período?

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.

7. (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 $R = 8{,}3 \dfrac{J}{mol\,K}$.



8. (Fuvest 2010) 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 m^3.

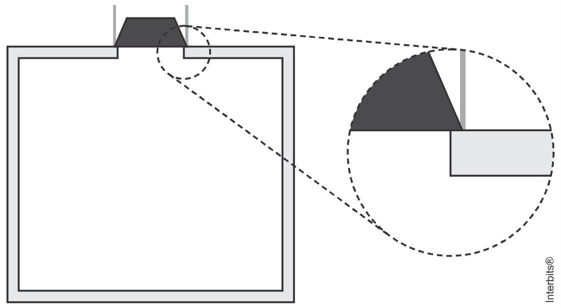
a) Que massa de ar M_1 caberia no interior do envelope, se totalmente inflado, com pressão igual a pressão atmosférica local (P_{atm}) e temperatura T = 27 °C?

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 °C e pressão P_{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 °C ?

NOTE E ADOTE:
Densidade do ar a 27°C e à pressão atmosférica local = 1,2 kg/m^3.
Aceleração da gravidade na Terra, g = 10 m/s^2.
Considere todas as operações realizadas ao nível do mar.
Despreze o empuxo acarretado pelas partes sólidas do balão.
T (K) = T (°C) + 273

9. (Fuvest 2021)



Um modelo simplificado de uma panela de pressão consiste em um recipiente cilíndrico provido de uma tampa com borda emborrachada que previne a saída de vapor. No centro da tampa, sobre um orifício de área A, repousa uma válvula de massa m que pode se deslocar verticalmente, sem atrito, e que impede que a pressão P interna à panela ultrapasse um valor limite. A pressão atmosférica e a aceleração da gravidade no local de operação da panela são, respectivamente, P_0 e g.

a) Liste <u>todas</u> as forças que atuam verticalmente sobre a válvula num instante em que ela está em perfeito contato com a tampa da panela.

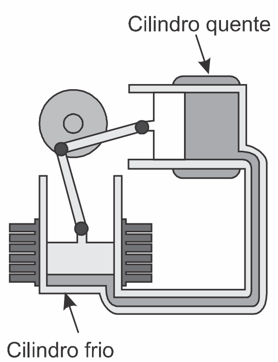
b) Deseja-se que a panela atinja uma pressão interna de operação não inferior a $2P_0$. Por outro lado, os materiais de que é feita a panela são capazes de suportar uma pressão interna máxima igual a $3,\ 5P_0$, além da qual a panela explode. Qual deve ser a faixa de valores da massa m da válvula para que a panela funcione segundo as especificações?

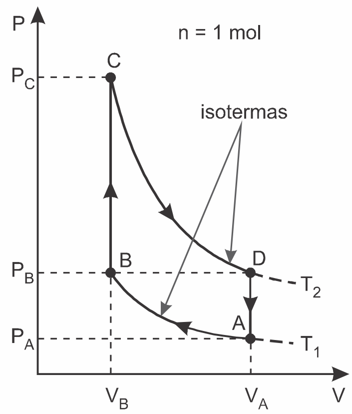
c) Suponha que a panela, vedada, esteja sobre a chama do fogão e que seu interior esteja completamente ocupado por uma mistura de ar com vapor de água, totalizando N mols de gás que pode ser considerado ideal. Nesse momento, a pressão interna é P_1, e a energia cinética média das moléculas no gás é E_1. Ao longo de mais algum tempo, com a panela ainda perfeitamente vedada, a chama do fogão transfere energia para o gás e eleva a energia cinética média das moléculas para um valor E_2, que é 10% maior do que E_1. Determine a razão entre o valor P_2 da pressão interna nesse instante final e seu valor inicial P_1.

Note e adote:
Considere que a área de contato entre a válvula e os seus pontos de apoio na panela é desprezível frente à área A.

10**.** (Fuvest 2018) O motor Stirling, uma máquina térmica de alto rendimento, é considerado um motor ecológico, pois pode funcionar com diversas fontes energéticas. A figura **I** mostra esquematicamente um motor Stirling com dois cilindros. O ciclo termodinâmico de Stirling, mostrado na figura **II**, representa o processo em que o combustível é queimado externamente para aquecer um dos dois cilindros do motor, sendo que uma quantidade fixa de gás inerte se move entre eles, expandindo-se e contraindo-se.

Nessa figura está representado um ciclo de Stirling no diagrama $P \times V$ para um mol de gás ideal monoatômico. No estado *A*, a pressão é $P_A = 4$ atm, a temperatura é $T_1 = 27°$ C e o volume é V_A. A partir do estado *A*, o gás é comprimido isotermicamente até um terço do volume inicial, atingindo o estado *B*. Na isoterma T_1, a quantidade de calor trocada é $Q_1 = 2.640$ J, e, na isoterma T_2, é $Q_2 = 7.910$ J.





Determine

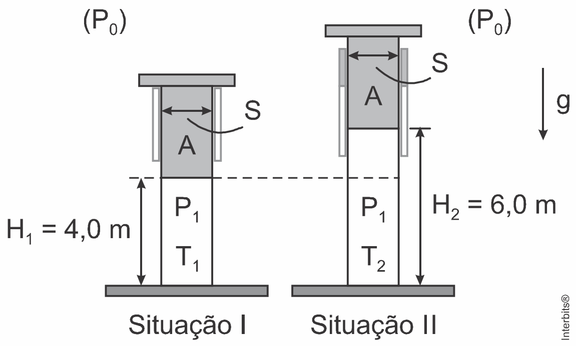
a) o volume V_A, em litros;
b) a pressão P_D, em atm, no estado D;
c) a temperatura T_2.

Considerando apenas as transformações em que o gás recebe calor, determine

d) a quantidade total de calor recebido em um ciclo, Q_R, em J.

Note e adote:
Calor específico a volume constante: $C_V = 3\,R/2$
Constante universal dos gases: $R = 8$ J/(mol K) $= 0{,}08$ atm ℓ/(mol K)
$0\ °C = 273$ K
$1\,atm = 10^5$ Pa
$1\,m^3 = 1.000\ \ell$

11**.** (Fuvest 2009) Um grande cilindro, com ar inicialmente à pressão P_1 e temperatura ambiente $(T_1 = 300\ \text{K})$, 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 $0{,}16\ \text{m}^2$ sustenta uma plataforma de massa $M_A = 160\ \text{kg}$ a uma altura $H_1 = 4{,}0\ \text{m}$ 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 $H_2 = 6{,}0\ \text{m}$ (situação II).



Para verificar em que medida esse é um processo eficiente, estime:

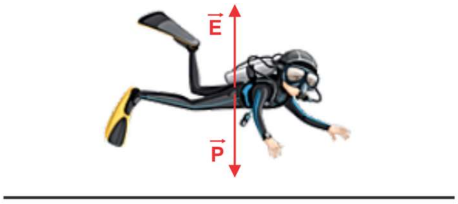
a) A pressão P_1 do ar dentro do cilindro, em pascals, durante a operação.
b) A temperatura T_2 do ar no cilindro, em kelvins, na situação II.
c) A eficiência do processo, indicada pela razão $R = \Delta E_P / Q$, onde ΔE_P é a variação da energia potencial da plataforma, quando ela se desloca da altura H_1 para a altura H_2, e Q, a quantidade de calor recebida pelo ar do cilindro durante o aquecimento.

NOTE E ADOTE:
$PV = nRT$; $P_{atmosférica} = P_0 = 1{,}00 \times 10^5\ \text{Pa}$; $\text{Pa} = 1\ \text{N/m}^2$
Calor específico do ar a pressão constante $C_P \approx 1{,}0 \times 10^3\ \text{J/(kg} \cdot \text{K)}$
Densidade do ar a $300\ \text{K} \approx 1{,}1\ \text{kg/m}^3$

Gabarito:

Resposta da questão 1:

a) Na posição mostrada, agem no mergulhador duas forças: o peso $(\vec{P}),$ exercido pela Terra e o empuxo $(\vec{E}),$ exercido pela água.



Fundo do lago

Se o mergulhador está em repouso, pelo princípio da inércia, a resultante dessas duas forças é nula, ou seja, elas têm a mesma intensidade. Assim:

$$E = P = mg = 90 \cdot 10 \;\therefore\; E = 900\,N.$$

b) Pelo teorema de Stevin, calcula-se a pressão (p_1) inicial da bolha, quando liberada, considerando que pressão na superfície seja p_2 = 1 atm = 10^5 N/m^2.

$$p_1 = p_{at} + \rho g h \;\Rightarrow\; p_1 = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 30 \;\Rightarrow\; p_1 = 4 \times 10^5\,N/m^2 \;\Rightarrow\; p_1 = 4\,atm.$$

Transformando as temperaturas:

$$T_K = T_C + 273 \;\Rightarrow\; \begin{cases} T_1 = 7 + 273 \;\Rightarrow\; T_1 = 280\,K. \\ T_2 = 27 + 273 \;\Rightarrow\; T_2 = 300\,K. \end{cases}$$

Assumindo o comportamento de gás perfeito para o ar, pela equação geral dos gases, vem:

$$\frac{p_2\,V_2}{T_2} = \frac{p_1\,V_1}{T_1} \;\Rightarrow\; \frac{1 \cdot V_2}{300} = \frac{4 \cdot 14}{280} = \frac{4 \cdot 300}{20} \;\therefore\; V_2 = 60\,cm^3.$$

Resposta da questão 2:

a) Aplicando a equação geral dos gases para a transformação $1 \rightarrow 2,$ temos:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{200} = \frac{1{,}5V_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 300\text{ K}$$

Como a transformação $2 \rightarrow 3$ é isotérmica, devemos ter que:

$$T_3 = T_2 = 300\text{ K}$$

b) O trabalho realizado sobre o gás é numericamente igual à área interna do ciclo. Sendo assim, podemos estima-lo contabilizando aproximadamente 18 retângulos.

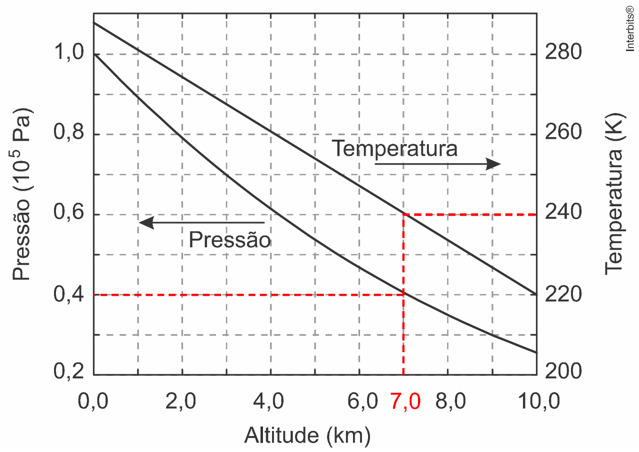
A área $(V_2 - V_1)(P_4 - P_1)$ corresponde a 25 retângulos. Logo, a área de 1 retângulo equivale a $(V_2 - V_1)(P_4 - P_1)/25.$

Portanto, o módulo do trabalho em função dos parâmetros pedidos é aproximadamente igual a:

$$\tau = \frac{18}{25}(V_2 - V_1)(P_4 - P_1)$$

Resposta da questão 3:

a) Teremos:

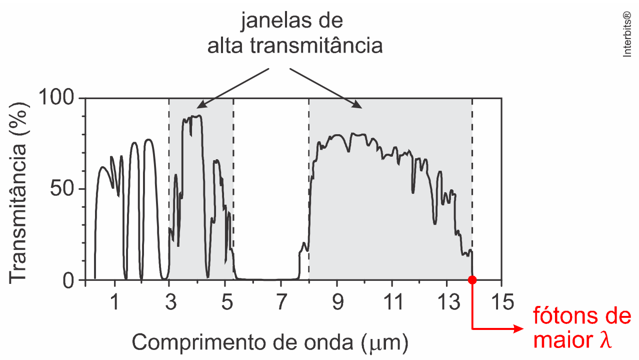


Conforme indicado no gráfico: $h = 7\,000\,\text{m}\left\langle \begin{array}{l} p = 0{,}4 \times 10^5\,\text{Pa} \\ T = 240\,\text{K} \end{array}\right.$

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$pV = nRT \;\Rightarrow\; \frac{V}{n} = \frac{RT}{p} \;\Rightarrow\; \frac{V}{n} = \frac{8 \times 240}{0{,}4 \times 10^5} \;\Rightarrow\; \boxed{\frac{V}{n} = 4{,}8 \times 10^{-2}\,\text{m}^3/\text{mol}}$$

b) Teremos:



Combinando a equação fundamental da ondulatória com a equação de Planck:

$$\left\{ \begin{array}{l} E = hf \\ c = \lambda f \end{array} \right\rangle \div \;\; \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda} \;\Rightarrow\; \boxed{E = \frac{hc}{\lambda}}$$

Essa expressão mostra que os fótons de menor energia são aqueles de maior comprimento de onda (λ).

Do gráfico: $\lambda = 14\,\mu\text{m} \;\Rightarrow\; \lambda = 14 \times 10^{-6}\,\text{m}.$

Retomando a expressão acima e substituindo valores:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \;\Rightarrow\; E = \frac{4 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8}{14 \times 10^{-6}} \;\Rightarrow\; \boxed{E = 8{,}6 \times 10^{-2}\,\text{eV}}$$

Resposta da questão 4:

a) Densidade do mergulhador + cilindro:

$$d = \frac{75\text{ kg} + 15\text{ kg}}{70\text{ L} + 10\text{ L}} = 1{,}125\text{ kg/L}$$

Como a densidade resultante é superior à densidade da água (de 1 kg/L), o mergulhador afunda.

b) Aplicando a Lei de Stevin, chegamos à profundidade h do mergulhador:

$$P = P_{atm} + dgh$$

$$2 \cdot 10^5 = 10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot h$$

$$\therefore h = 10\text{ m}$$

c) Aplicando a equação geral dos gases, obtemos:

$$\frac{P_0V_0}{T_0}=\frac{P_1V_1}{T_1}\Rightarrow\frac{V_0}{V_1}=\frac{P_1T_0}{P_0T_1}$$

$$\frac{V_0}{V_1}=\frac{2,8\cdot(27+273)}{1\cdot(7+273)}=\frac{2,8\cdot 300}{280}$$

$$\therefore\frac{V_0}{V_1}=3$$

Resposta da questão 5:

a) Dados: $V=3\times10^6 L=3\times10^3 m^3;\ g=10\ m/s^2;\ \rho_{amb}=1,26\ kg/m^3.$

Da expressão do empuxo:

$$E=\rho_{amb}\ V\ g=1,26\times10\times3\times10^3\ \Rightarrow\ E=3,78\times10^4\ N.$$

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:

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

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:

$$\frac{n_{quente}}{n_{amb}}=\frac{\rho_{quente}}{\rho_{amb}}=\frac{T_{amb}}{T_{quente}}\ \Rightarrow\ \frac{1,05}{1,26}=\frac{300}{T_{quente}}\ \Rightarrow\ T_{quente}=\frac{1,26\times300}{1,05}\ \Rightarrow$$

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

Resposta da questão 6:

a) Dados: I = 400 W/m²; **A** = 2 m²; $\boldsymbol{\Delta t}$ = 1 min = 60 s.

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

$$Q=I\ A\ \Delta t\ \Rightarrow\ Q=400\cdot2\cdot60=48.000\ J.$$

$$Q=m\ c\ \Delta\theta\ \Rightarrow\ \Delta\theta=\frac{Q}{m\ c}=\frac{48000}{6\cdot1000}\ \Rightarrow$$

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

b) Dados: $\mathbf{T_1}$ = 290 K; $\mathbf{T_2}$ = 300 K; $\boldsymbol{\rho_1}$ = 1,2 kg/m³.

Sendo a pressão constante, da equação geral dos gases:

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}\ \Rightarrow\ \frac{m}{\rho_1\ T_1}=\frac{m}{\rho_2\ T_2}\ \Rightarrow\ \rho_2=\frac{\rho_1\ T_1}{T_2}=\frac{1,2\cdot290}{300}\ \Rightarrow$$

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

Resposta da questão 7:

a) Dados: $\mathbf{P_0}$ = 100 kPa = 10^5 Pa; **P** = $0,94\times10^5$ 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:

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

$$d=\frac{|\Delta P|}{g\ h}=\frac{10^5-0,94\times10^5}{10\times7\times10^2}=\frac{6\times10^3}{7\times10^3}\ \Rightarrow$$

d = 0,86 kg/m³.

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

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

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$PV = nRT \Rightarrow V = \frac{n\,R\,T}{P} \Rightarrow V = \frac{1\,(8{,}3)\,(223)}{3\times10^4} \Rightarrow$$

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

Resposta da questão 8:

a) Dados: $\mathbf{d_{ar}}$ = 1,2 kg/m³; **V** = 1.500 m³.

$$d_{ar} = \frac{M_1}{V} \Rightarrow M_1 = d_{ar}\,V = 1{,}2\,(1.500) \Rightarrow M_1 = 1.800 \text{ kg.}$$

b) Dados: $\mathbf{T_1}$ = 27 °C = 300 K e $\mathbf{T_2}$ = 127°C = 400 K.

Sendo **M** a massa molar do ar, aplicando a equação de Clapeyron, vem:

$$P_{atm}V = \frac{M_1}{M}RT_1 \quad \text{(equação I)}$$

$$P_{atm}V = \frac{M_2}{M}RT_2 \quad \text{(equação II)}$$

Dividindo (I) por (II), obtemos:

$$1 = \frac{M_1T_1}{M_2T_2} \Rightarrow M_1T_1 = M_2T_2 \Rightarrow M_2 = \frac{M_1T_1}{T_2} = \frac{1.800\,(300)}{400} \Rightarrow M_2 = 1.350 \text{ kg.}$$

c) Dados: massa total: **m** = $m_{passag} + M_2$ = 400 + 1.350 = 1.750 kg; d_{ar} = 1,2 kg/m³.

As forças que agem no balão são o peso e o empuxo.

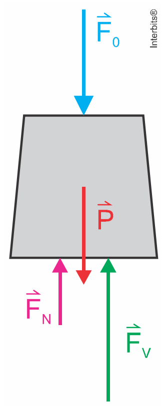
Aplicando o princípio fundamental da dinâmica, temos:

$$E - P = m\,a \Rightarrow d_{ar}\,g\,V - m\,g = m\,a \Rightarrow (1{,}2)(10)(1.500) - 1.750\,(10) = 1.750\,a \Rightarrow 18.000 - 17.500 = 1.750\,a \Rightarrow$$

$$a = \frac{500}{1.750} \Rightarrow a = 0{,}29 \text{ m/s}^2.$$

Resposta da questão 9:

a) Teremos:



$$\begin{cases} \vec{P}: \text{ força peso da válvula;} \\ \vec{F}_0: \text{ força exercida pela pressão atmosférica;} \\ \vec{F}_N: \text{ força normal de contato;} \\ \vec{F}_V: \text{ força devido ao vapor.} \end{cases}$$

b) Na iminência de perder o contato com o apoio $(F_N = 0)$, a equação de equilíbrio da válvula é:

$$P + F_0 = F_V \Rightarrow mg + P_0 A = P_V A \Rightarrow m = \frac{(P_V - P_0)A}{g} \Rightarrow$$

$$\left\langle \begin{array}{l} m_{mín} = \dfrac{(2P_0 - P_0)A}{g} \Rightarrow m_{mín} = \dfrac{P_0 A}{g} \\ m_{máx} = \dfrac{(3{,}5P_0 - P_0)A}{g} \Rightarrow m_{máx} = \dfrac{2{,}5P_0 A}{g} \end{array} \right\rangle \Rightarrow \boxed{\frac{P_0 A}{g} \le m \le \frac{2{,}5P_0 A}{g}}$$

c) A energia cinética média das moléculas é diretamente proporcional à temperatura absoluta do gás:
$E = kT.$

Assim:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\cancel{k}T_1}{\cancel{k}T_2} \Rightarrow \frac{\cancel{E_1}}{1{,}1\,\cancel{E_1}} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow T_2 = 1{,}1\,T_1$$

Aplicando a equação geral dos gases, considerando que a transformação é isométrica:

$$\frac{P_1 \cancel{V}}{\cancel{n}T_1} = \frac{P_2 \cancel{V}}{\cancel{n}T_2} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{1{,}1\,\cancel{T_1}}{\cancel{T_1}} \Rightarrow \boxed{\frac{P_2}{P_1} = 1{,}1}$$

Resposta da questão 10:
a) Pela equação de Clayperon, temos:

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$$
$$4 \cdot V_A = 1 \cdot 0{,}08 \cdot 300$$
$$\therefore V_A = 6\text{ L}$$

b) Entre os estados A e B (com $V_B = V_A/3$ e $T_A = T_B$), temos:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_B \cdot V_B}{T_B}$$
$$4 \cdot 6 = P_B \cdot 6/3$$
$$\therefore P_D = P_B = 12\text{ atm}$$

c) Entre os estados A e D (com $V_A = V_D$), temos:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_D \cdot V_D}{T_D}$$
$$\frac{4}{300} = \frac{12}{T_D}$$
$$\therefore T_D = 900\text{ K}$$

d) Utilizando a 1ª Lei da Termodinâmica e sabendo que $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T,$ obtemos para as transformações:

De A para B:

$$Q_1 = -\tau_{AB} + \Delta U_{AB} \quad (\tau_{AB} < 0 \text{ e } \Delta U_{AB} = 0)$$
$$Q_1 = -\tau_{AB}$$
$$Q_1 = -2640\text{ J} \quad (\text{calor cedido})$$

De B para C:

$$Q_{BC} = \tau_{BC} + \Delta U_{BC} \quad (\tau_{BC} = 0 \text{ e } \Delta U_{BC} > 0)$$
$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} = \frac{3}{2}nR(T_C - T_B)$$
$$Q_{BC} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8 \cdot (900 - 300)$$
$$Q_{BC} = 7200\text{ J} \quad (\text{calor recebido})$$

De C para D:

$$Q_2 = \tau_{CD} + \Delta U_{CD} \quad (\tau_{CD} > 0 \text{ e } \Delta U_{CD} = 0)$$
$$Q_2 = \tau_{CD}$$
$$Q_2 = 7910\ \text{J} \quad \text{(calor recebido)}$$

De D para A:

$$Q_{DA} = \tau_{DA} + \Delta U_{DA} \quad (\tau_{DA} = 0 \text{ e } \Delta U_{DA} < 0)$$
$$Q_{DA} = \Delta U_{DA} = \frac{3}{2} nR(T_A - T_D)$$
$$Q_{DA} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8 \cdot (300 - 900)$$
$$Q_{DA} = -7200\ \text{J} \quad \text{(calor cedido)}$$

Como o problema pede apenas a quantidade de calor recebido, chegamos a:

$$Q_{recebido} = Q_{BC} + Q_2 = 7200 + 7910$$
$$\therefore Q_{recebido} = 15110\ \text{J}$$

Resposta da questão 11:

a) Teremos:

$$P_1 = \frac{F}{S} + P_{atmosférica} =$$
$$= \frac{m \cdot g}{S} + 10^5 = \frac{160 \cdot 10}{0{,}16} + 10^5 =$$
$$= \frac{1600 \cdot 10}{0{,}16} + 10^5 = 10000 + 10^5 = 10^4 + 10^5 = 0{,}4 \times 10^5 + 10^5 = 1{,}1 \times 10^5\ \text{Pa}$$

b) Pela lei geral dos gases $\Rightarrow \frac{p \cdot V}{T} = \text{constante} \Rightarrow \left(\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}\right)$ e como $V = H \cdot S,$ pode-se ainda escrever

$\left(\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}\right) \Rightarrow \left(\frac{P_1 \cdot S \cdot H_1}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2 \cdot S \cdot H_2}{T_2}\right) \Rightarrow \left(\frac{P_1 \cdot H_1}{T_1}\right) = \left(\frac{P_2 \cdot H_2}{T_2}\right),$ mas o processo ocorre sob pressão constante e logo, $P_1 = P_2,$ então $\frac{H_1}{T_1} = \frac{H_1}{T_2}.$

A partir dos dados disponíveis:

$$\frac{H_1}{T_1} = \frac{H_1}{T_2} \Rightarrow \frac{4}{300} = \frac{6}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{1800}{4} = 450\ \text{K}$$

c) Para o cálculo da eficiência do processo R será necessário determinar a variação de energia potencial gravitacional da plataforma, $\Delta E_P = m \cdot g \cdot \Delta H$ e a quantidade de calor no processo Q que é dada por $Q = m \cdot c \cdot \Delta T.$

$$\Delta E_P = m \cdot g \cdot \Delta H = 160 \cdot 10 \cdot (6 - 4) = 3.200\ \text{J}$$

Para o cálculo da quantidade de calor é necessário conhecer a massa de ar no cilindro. Como a densidade do ar a $300\ \text{K}$ foi fornecida podemos fazer:

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V = 1{,}1 \cdot 0{,}16 \cdot 4 = 0{,}704\ \text{kg}$$
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0{,}704 \cdot 10^3 \cdot (450 - 300) = 105.600\ \text{J}$$

Finalmente a eficiência é $R = \frac{3200}{105600} = 0{,}03 = 3\%.$