1. (Espcex (Aman) 2020) Um gás ideal é comprimido por um agente externo, ao mesmo tempo em que recebe calor de $300\ \text{J}$ de uma fonte térmica.

Sabendo-se que o trabalho do agente externo é de $600\ \text{J},$ então a variação de energia interna do gás é
a) 900 J.
b) 600 J.
c) 400 J.
d) 500 J.
e) 300 J.

2. (Espcex (Aman) 2012) Um gás ideal sofre uma compressão isobárica sob a pressão de $4 \cdot 10^3\ \text{N/m}^2$ e o seu volume diminui $0{,}2\ \text{m}^3$. Durante o processo, o gás perde $1{,}8 \cdot 10^3\ \text{J}$ de calor. A variação da energia interna do gás foi de:
a) $1{,}8 \cdot 10^3\ \text{J}$
b) $1{,}0 \cdot 10^3\ \text{J}$
c) $-8{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}$
d) $-1{,}0 \cdot 10^3\ \text{J}$
e) $-1{,}8 \cdot 10^3\ \text{J}$

3. (Ufsm) Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica,
a) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão.
b) não troca energia na forma de calor com o meio exterior.
c) não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior.
d) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás.
e) o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

4. (Unesp) Um pistão com êmbolo móvel contém 2 mols de O_2 e recebe 581J de calor. O gás sofre uma expansão isobárica na qual seu volume aumentou de 1,66L , a uma pressão constante de 10^5 N/m². Considerando que nessas condições o gás se comporta como gás ideal, utilize R = 8,3 J/mol.K e calcule
a) a variação de energia interna do gás.
b) a variação de temperatura do gás.

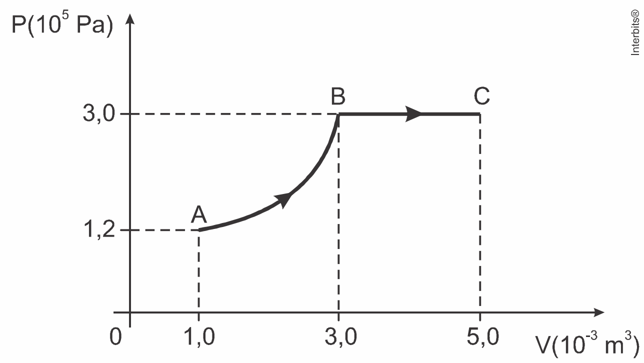
Dado

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

5. (Unesp) Um gás, que se comporta como gás ideal, sofre expansão sem alteração de temperatura, quando recebe uma quantidade de calor Q = 6 J.

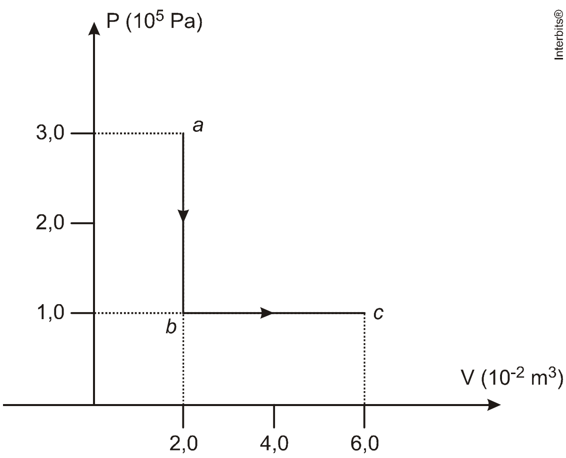
a) Determine o valor ΔU da variação da energia interna do gás.
b) Determine o valor do trabalho T realizado pelo gás durante esse processo.

6. (Fac. Albert Einstein - Medicin 2019) Para provocar a transformação gasosa ABC, representada no diagrama $P \times V$, em determinada massa constante de gás ideal, foi necessário fornecer-lhe $1.400\ J$ de energia em forma de calor, dos quais $300\ J$ transformaram-se em energia interna do gás, devido ao seu aquecimento nesse processo.



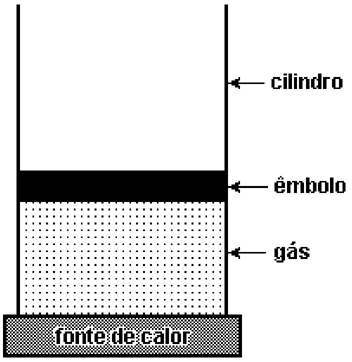
Considerando não ter havido perda de energia, o trabalho realizado pelas forças exercidas pelo gás no trecho AB dessa transformação foi de
a) $600\ J$.
b) $400\ J$.
c) $500\ J$.
d) $1.100\ J$.
e) $800\ J$.

7. (Unifesp 2011) Em um trocador de calor fechado por paredes diatérmicas, inicialmente o gás monoatômico ideal é resfriado por um processo isocórico e depois tem seu volume expandido por um processo isobárico, como mostra o diagrama pressão *versus* volume.



a) Indique a variação da pressão e do volume no processo isocórico e no processo isobárico e determine a relação entre a temperatura inicial, no estado termodinâmico *a*, e final, no estado termodinâmico *c*, do gás monoatômico ideal.
b) Calcule a quantidade total de calor trocada em todo o processo termodinâmico *abc*.

8. (Unifesp) A figura representa uma amostra de um gás, suposto ideal, contida dentro de um cilindro. As paredes laterais e o êmbolo são adiabáticos; a base é diatérmica e está apoiada em uma fonte de calor.



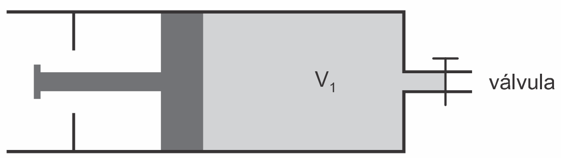
Considere duas situações:

I. o êmbolo pode mover-se livremente, permitindo que o gás se expanda à pressão constante;
II. o êmbolo é fixo, mantendo o gás a volume constante.

Suponha que nas duas situações a mesma quantidade de calor é fornecida a esse gás, por meio dessa fonte. Pode-se afirmar que a temperatura desse gás vai aumentar
a) igualmente em ambas as situações.
b) mais em I do que em II.
c) mais em II do que em I.
d) em I, mas se mantém constante em II.
e) em II, mas se mantém constante em I.

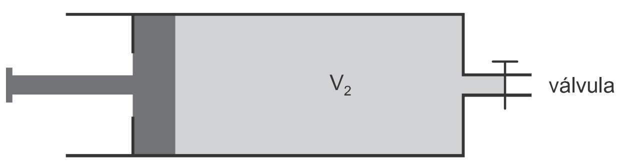
9. (Unesp 2017) A figura 1 mostra um cilindro reto de base circular provido de um pistão, que desliza sem atrito. O cilindro contém um gás ideal à temperatura de 300 K, que inicialmente ocupa um volume de $6{,}0 \times 10^{-3}\text{ m}^3$ e está a uma pressão de $2{,}0 \times 10^5\text{ Pa}$.

FIGURA 1



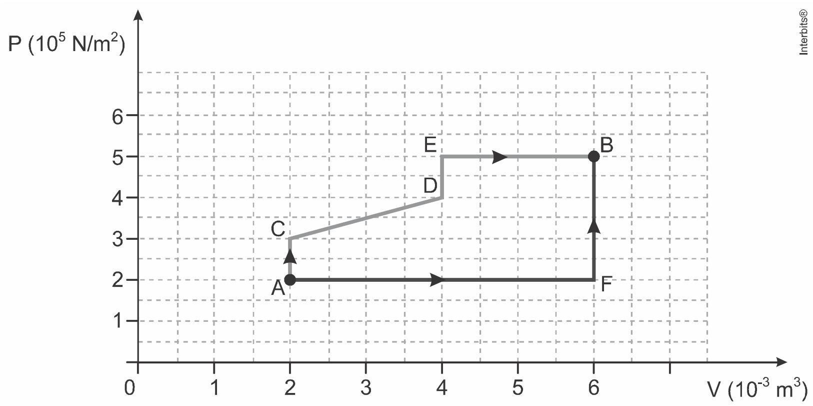
O gás é aquecido, expandindo-se isobaricamente, e o êmbolo desloca-se 10 cm até atingir a posição de máximo volume, quando é travado, conforme indica a figura 2.

FIGURA 2



Considerando a área interna da base do cilindro igual a $2{,}0 \times 10^{-2}\text{ m}^2$, determine a temperatura do gás, em kelvin, na situação da figura 2. Supondo que nesse processo a energia interna do gás aumentou de 600 J, calcule a quantidade de calor, em joules, recebida pelo gás. Apresente os cálculos.

10**.** (Unifesp 2017) Uma massa constante de gás ideal pode ser levada de um estado inicial A a um estado final B por dois processos diferentes, indicados no diagrama $P \times V$.



Para ocorrer, a transformação ACDEB exige uma quantidade Q_1 de calor e a transformação AFB exige uma quantidade Q_2 de calor. Sendo T_A e T_B as temperaturas absolutas do gás nos estados A e B, respectivamente, calcule:

a) o valor da razão $\frac{T_B}{T_A}$.

b) o valor da diferença $Q_1 - Q_2$, em joules.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[A]

Aplicando a 1ª lei da Termodinâmica com $\tau < 0$ (pois há compressão do gás), vem:
$Q = \tau + \Delta U$
$300 = -600 + \Delta U$
$\therefore \Delta U = 900 \text{ J}$

Resposta da questão 2:
[D]

Por ser uma compressão, o trabalho realizado pelo gás é negativo:

$W = p\Delta V = 4 \times 10^3 \times (-0,2) = -8 \times 10^2 \text{ J}$

O calor é negativo, pois foi perdido pelo gás.

$Q = -1,8 \times 10^3 \text{ J}$

Pela Primeira Lei da Termodinâmica, sabemos que:

$\Delta U = Q - W \rightarrow \Delta U = \left(-1,8 \times 10^3\right) - \left(-8 \times 10^2\right) = -1,0 \times 10^3 \text{ J}$

Resposta da questão 3:
[A]

Resposta da questão 4:
a) 415J
b) 10K ou 10°C

Resposta da questão 5:
a) $\Delta E = 0$
b) T = 6J

Resposta da questão 6:
[C]

Da primeira lei da Termodinâmica tem-se a relação entre calor (Q), trabalho (W) e energia interna (ΔU).
$Q = W + \Delta U$

Assim, o trabalho total entre ABC é
$1400 \text{ J} = W_{ABC} + 300 \text{ J} \Rightarrow W_{ABC} = 1100 \text{ J}$

Para determinar o trabalho entre AB deve-se calcular o trabalho do processo isobárico BC e descontar do trabalho total já obtido.
$W_{BC} = p \cdot \Delta V = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (5,0 - 3,0) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
$W_{BC} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ J} = 600 \text{ J}$

Logo, o trabalho do processo AB é:
$W_{AB} = W_{ABC} - W_{BC} = 1100\ J - 600\ J \therefore W_{AB} = 500\ J$

Resposta da questão 7:
a) No processo isocórico (volume constante) (a $\rightarrow$ b):
Variação do volume: $\Delta V_{ab} = V_b - V_a = 0$
Variação da pressão: $\Delta P_{ab} = P_b - P_a = (1{,}0 - 3{,}0) \times 10^5 \Rightarrow \Delta P_{ab} = -2{,}0 \times 10^5$ Pa.

No processo isobárico (pressão constante) ($b \rightarrow c$):
Variação do volume: $\Delta V_{bc} = V_c - V_b = (6{,}0 - 2{,}0) \times 10^{-2} \Rightarrow \Delta V_{ab} = 4{,}0 \times 10^{-2}\ m^3$.
Variação da pressão: $\Delta P_{bc} = P_c - P_b = 0$.

Aplicando a equação geral dos gases entre os estados *a* e *c*.

$$\frac{P_a V_a}{T_a} = \frac{P_c V_c}{T_c} \Rightarrow \frac{3 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-2}}{T_a} = \frac{1 \times 10^5 \times 6 \times 10^{-2}}{T_c} \Rightarrow$$

$$\frac{\cancel{6} \times 10^{\cancel{3}}}{T_a} = \frac{\cancel{6} \times 10^{\cancel{3}}}{T_c} \Rightarrow T_a = T_c \Rightarrow \frac{T_a}{T_c} = 1.$$

b) Sendo **Q** a quantidade de calor trocado, Δ **U** a variação da energia interna e **W** o trabalho realizado entre dois estados, a 1ª lei da termodinâmica nos dá:
$Q = \Delta U + W$.

Como mostrado no item anterior, a temperatura do gás nos estados *a* e *c* são iguais, portanto a variação da energia interna entre esses dois estados é nula ($\Delta \mathbf{U_{ac} = 0}$). Então:
$Q_{ac} = W_{ac} = W_{ab} + W_{bc}$.

Mas a transformação *ab* é isocórica $\Rightarrow W_{ab} = 0$. Então:
$Q_{ac} = W_{bc} = P_c\,(\Delta V_{bc}) = 1{,}0 \times 10^5 \times 4{,}0 \times 10^{-2} \Rightarrow$
$Q_{ac} = 4{,}0 \times 10^3$ J.

Resposta da questão 8:
[C]

Resposta da questão 9:
Dados:
$p = 2 \times 10^5\ N/m^2;\ T_1 = 300\,K;\ V_1 = 6 \times 10^{-3}\ m^3;\ d = 10\,cm = 0{,}1\ m;\ A = 2 \times 10^{-2}\ m^2;\ \Delta U = 600\,J.$
Temperatura na situação da figura 2:

$$\Delta V = A\,d = 2 \times 10^{-2} \times 0{,}1 \Rightarrow \boxed{\Delta V = 2 \times 10^{-3}\ m^3}$$

$$V_2 = V_1 + \Delta V = 6 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} \Rightarrow \boxed{V_2 = 8 \times 10^{-3}\ m^3.}$$

Aplicando a equação geral dos gases para uma transformação isobárica:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{6 \times 10^{-3}}{300} = \frac{8 \times 10^{-3}}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 400\,K.}$$

Cálculo do trabalho (W) realizado pela força de pressão do gás na expansão:

$$W = p\,\Delta V = p\,A\,d = 2 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-2} \times 0{,}1 \Rightarrow \boxed{W = 400\,J.}$$

Aplicando a primeira lei da termodinâmica:

$$Q = \Delta U + W = 600 + 400 \Rightarrow \boxed{Q = 1\,000\,J.}$$

Observação: *para o cálculo do calor trocado, se o enunciado não desse a variação da energia interna e especificasse que o gás é monoatômico, uma segunda solução, dada a seguir, seria possível.*

Quantidade de calor recebida pelo gás:
Aplicando a 1ª Lei da Termodinâmica: $Q = \Delta U + W$

$$\left\{\begin{array}{l} W = p\Delta V \\ \Delta U = \dfrac{3}{2}p\Delta V \end{array}\right\rangle \; Q = \Delta U + W = \frac{3}{2}p\Delta V + p\Delta V \Rightarrow Q = \frac{5}{2}p\Delta V = \frac{5}{2}\times 2\times 10^{5}\times 2\times 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\boxed{Q = 1.000\,J.}$$

Resposta da questão 10:
Para gases ideais é válida a equação geral dos gases:
$pV = nRT \quad (1)$

Como por hipótese a massa do gás é constante, e supondo que sua composição não varia, então:
$$n = \frac{m}{M} = \text{constante}$$

sendo m a massa do gás, M a massa molar e n o número de moles.

Partindo da equação (1) tem-se então que:
$$\frac{pV}{T} = nR = \text{constante} \qquad (2)$$

a) Da equação (2) conclui-se que:
$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B} \qquad (3)$$

sendo p_A, V_A e T_A a pressão, o volume e a temperatura absoluta do gás no estado A, respectivamente. E p_B, V_B e T_B a pressão, o volume e a temperatura do gás no estado B, respectivamente.
Por meio de um simples rearranjo algébrico da equação (3), tem-se que:
$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{p_B V_B}{p_A V_A} = \frac{5\times 10^{5}\times 6\times 10^{-3}}{2\times 10^{5}\times 2\times 10^{-3}} = 7{,}5$$

b) Da primeira Lei da Termodinâmica, tem-se que:
$\Delta U = Q\tau$

sendo ΔU a variação da energia interna do gás, Q o calor trocado com o meio externo, com $Q > 0$ para o calor inserido no sistema e $Q < 0$ para o calor perdido pelo sistema. τ corresponde ao trabalho realizado pelo sistema sobre o meio externo.

Logo, partindo-se da equação (4), tem-se que:
$Q_1 = \Delta U_1 + \tau_1$ e $Q_2 = \Delta U_2 + \tau_2$

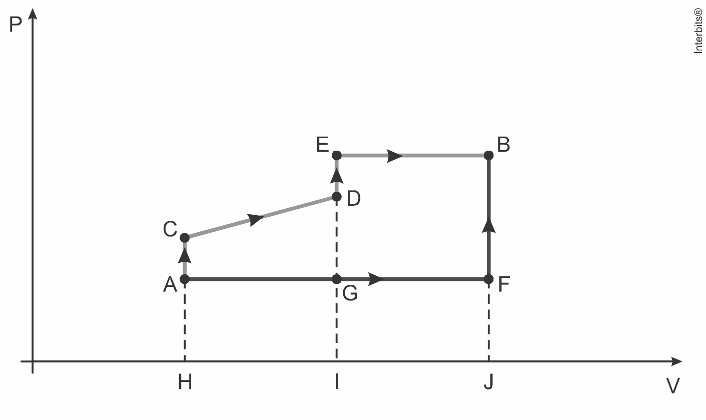
de um modo geral, para gases ideais:
$\Delta U = k\,\Delta T \quad (5)$

sendo $k = f(n, R)$ uma função de n e de R. Como n e R são constantes, k é constante e ΔU depende apenas de ΔT.

A partir da equação (5), tem-se que:
$\Delta U_1 = k\ \Delta T_{AB} = k(T_B - T_A) = \Delta U_2 \qquad (6)$

Da equação (6) conclui-se que:
$Q_1 - Q_2 = (\Delta U_1 + \tau_1) - (\Delta U_2 + \tau_2) = \tau_1 - \tau_2$

Observe o gráfico da figura. Os pontos G, H, I e J foram acrescentados para facilitar a compreensão da solução.



τ_1 corresponde ao trabalho realizado pelo gás no processo 1, e por isso é numericamente igual à área delimitada pelo polígono $HCDEBJH$.
τ_2 corresponde ao trabalho realizado pelo gás no processo 2, e por isso é numericamente igual à área delimitada pelo polígono $HAFJH$.

Conclui-se que: $\tau_1 - \tau_2$ é numericamente igual à área delimitada pelo polígono $ACDEBFA$.

Logo:
$$Q_1 - Q_2 = \tau_1 - \tau_2 \overset{N}{=} (ACDGA) + (GEBFG)$$

Sendo $(ACDGA)$ a área do trapézio $ACDGA$ e $(GEBFG)$ a área do retângulo $GEBFG$.
Assim:
$$Q_1 - Q_2 = \left[\frac{(1+2)\times 2}{2} + 2\times 3\right]\times 10^5\ \frac{N}{m^2}\times 10^{-3} m^3$$
$$Q_1 - Q_2 = 900\ Nm = \boxed{900\ J}$$