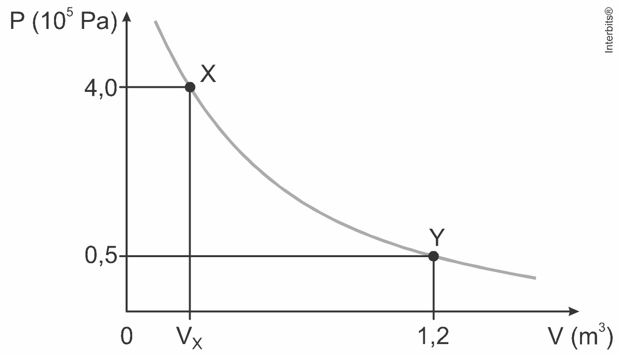
1. (Famerp 2021) Certa massa de gás ideal sofre uma transformação, passando do estado X para o estado Y, como mostra o diagrama $P \times V$.



Sabendo que a energia interna do gás não variou durante a transformação, o volume V_X era igual a

a) $0{,}30\ m^3$.

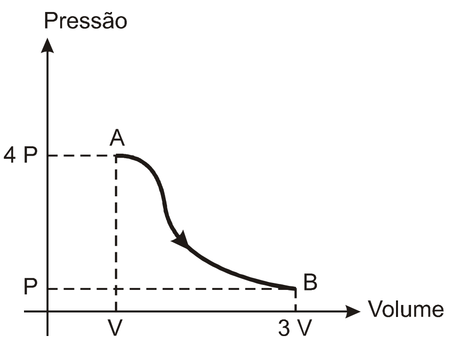
b) $0{,}08\ m^3$.

c) $0{,}36\ m^3$.

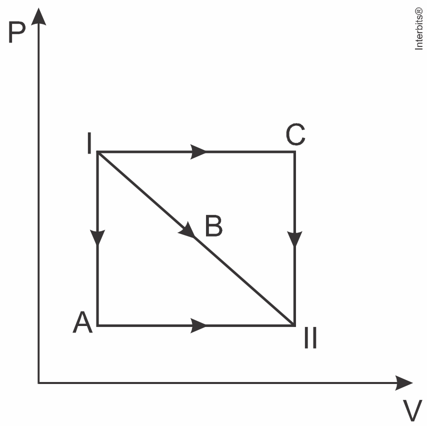
d) $0{,}45\ m^3$.

e) $0{,}15\ m^3$.

2. (Unesp 2010) Considere o gráfico da Pressão em função do Volume de certa massa de gás perfeito que sofre uma transformação do estado A para o estado B. Admitindo que não haja variação da massa do gás durante a transformação, determine a razão entre as energias internas do gás nos estados A e B.



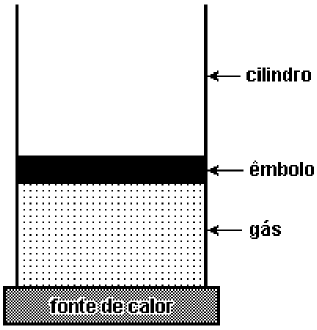
3. (Fuvest 2019) No diagrama $P \times V$ da figura, A, B e C representam transformações possíveis de um gás entre os estados I e II.



Com relação à variação ΔU da energia interna do gás e ao trabalho W por ele realizado, entre esses estados, é correto afirmar que

a) $\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$ e $W_C > W_B > W_A$.
b) $\Delta U_A > \Delta U_C > \Delta U_B$ e $W_C = W_A < W_B$.
c) $\Delta U_A < \Delta U_B < U_C$ e $W_C > W_B > W_A$.
d) $\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$ e $W_C = W_A > W_B$.
e) $\Delta U_A > \Delta U_B > \Delta U_C$ e $W_C = W_B = W_A$.

4. (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.

5. (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) $900\ \text{J}$.
b) $600\ \text{J}$.
c) $400\ \text{J}$.
d) $500\ \text{J}$.
e) $300\ \text{J}$.

6. (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) $-1{,}8 \cdot 10^3\ \text{J}$

7. (Unesp) Um recipiente contendo um certo gás tem seu volume aumentado graças ao trabalho de 1664 J realizado pelo gás. Neste processo, não houve troca de calor entre o gás, as paredes e o meio exterior. Considerando que o gás seja ideal, a energia de 1 mol desse gás e a sua temperatura obedecem à relação U = 20,8T, onde a temperatura T é medida em kelvin e a energia U em joule. Pode-se afirmar que nessa transformação a variação de temperatura de um mol desse gás, em kelvin, foi de:

a) 50.
b) - 60.
c) - 80.
d) 100.
e) 90.

8. (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 1,66 ℓ, a uma pressão constante de 10^5 N/m^2. 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.

9. (Unesp) Um mol de gás monoatômico, classificado como ideal, inicialmente à temperatura de 60 °C, sofre uma expansão adiabática, com realização de trabalho de 249 J. Se o valor da constante dos gases R é 8,3 J/(mol K) e a energia interna de um mol desse gás é (3/2)RT, calcule o valor da temperatura ao final da expansão.

10. (Espcex (Aman) 2017) Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de $800\ \text{J}.$ Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que:

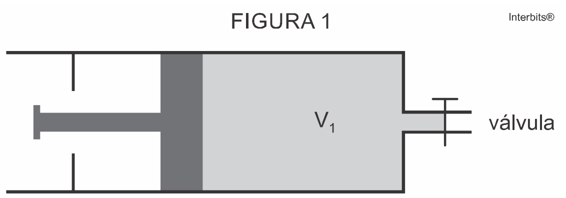
a) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
b) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.
c) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.
d) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.
e) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

11. (Unesp) Um gás ideal, confinado no interior de um pistão com êmbolo móvel, é submetido a uma transformação na qual seu volume é reduzido à quarta parte do seu volume inicial, em um intervalo de tempo muito curto. Tratando-se de uma transformação muito rápida, não há tempo para a troca de calor entre o gás e o meio exterior. Pode-se afirmar que a transformação é

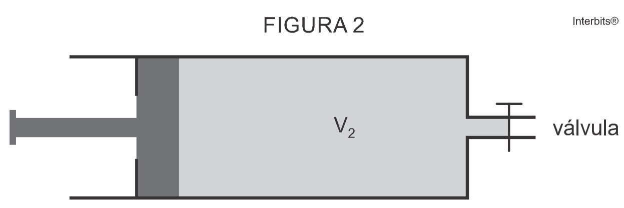
a) isobárica, e a temperatura final do gás é maior que a inicial.
b) isotérmica, e a pressão final do gás é maior que a inicial.
c) adiabática, e a temperatura final do gás é maior que a inicial.
d) isobárica, e a energia interna final do gás é menor que a inicial.
e) adiabática, e a energia interna final do gás é menor que a inicial.

12. (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 $300\ \text{K},$ 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

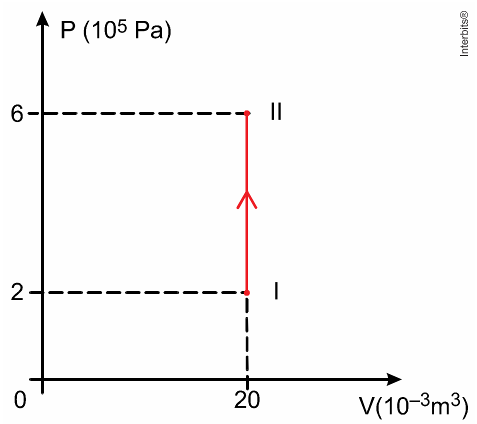


O gás é aquecido, expandindo-se isobaricamente, e o êmbolo desloca-se $10\ \text{cm}$ até atingir a posição de máximo volume, quando é travado, conforme indica a figura 2.



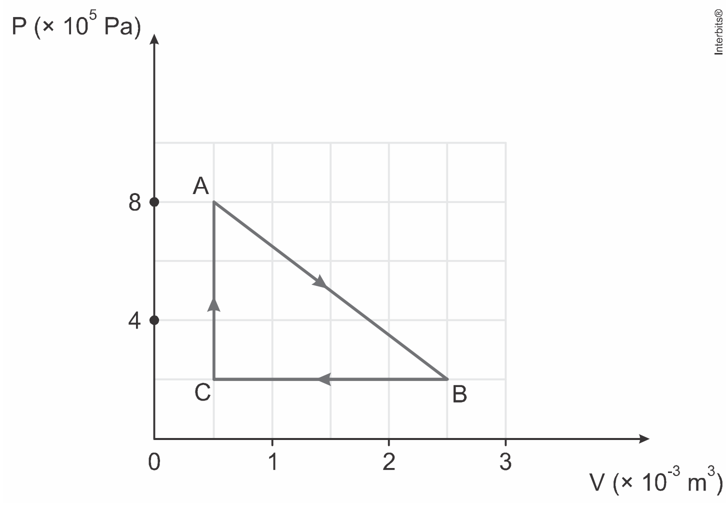
Considerando a área interna da base do cilindro igual a $2{,}0 \times 10^{-2}\ m^2$, determine a temperatura do gás, em kelvin, na situação da figura 2. Supondo que nesse processo a energia interna do gás aumentou de $600\ J$, calcule a quantidade de calor, em joules, recebida pelo gás. Apresente os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

13. (Unesp 2022) Em um recipiente de paredes rígidas, estão confinados 4 mols de um gás monoatômico ideal que, ao absorver determinada quantidade de calor, sofreu uma transformação isovolumétrica entre dois estados, **I** e **II**, representada no diagrama $P \times V$.



Adotando os valores para a constante universal dos gases e para o calor específico molar desse gás a volume constante, a quantidade de calor absorvida pelo gás para que sofresse tal transformação foi de
a) 16.000 J.
b) 14.000 J.
c) 18.000 J.
d) 12.000 J.
e) 10.000 J.

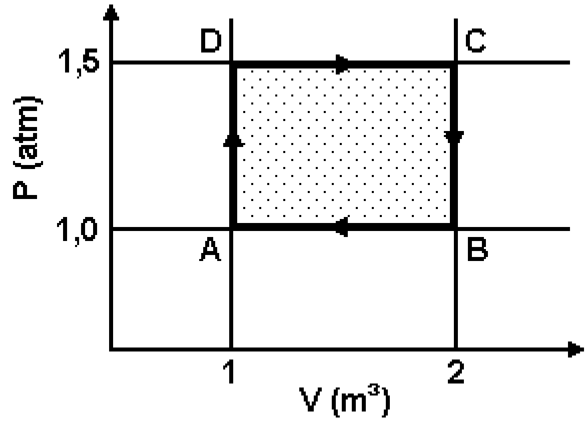
14. (Unifesp 2021) Analise o diagrama que representa o ciclo de transformações sofridas por um gás ideal em uma máquina térmica.



Sabe-se que no ponto C a temperatura do gás é de $800\ K$.

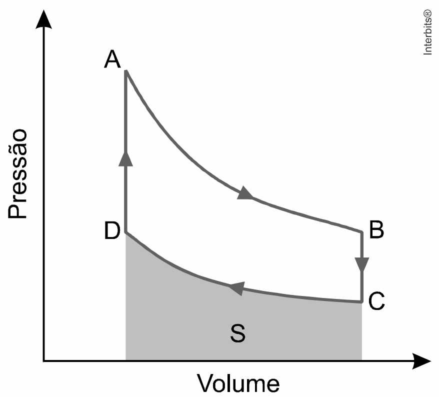
a) Qual é a temperatura do gás no ponto A, em graus Celsius?
b) Qual será a variação da energia interna do gás ao longo do ciclo completo $A \to B \to C \to A$? Calcule o valor absoluto do trabalho realizado na compressão do gás.

15. (Unicamp) Uma máquina térmica industrial utiliza um gás ideal, cujo ciclo de trabalho é mostrado na figura a seguir. A temperatura no ponto A é 400K.
Utilizando 1atm = $10^5 N/m^2$, responda os itens a e b.



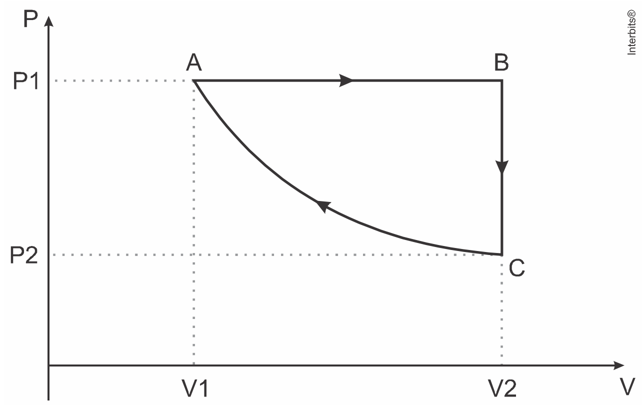
a) Qual é a temperatura no ponto C?
b) Calcule a quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente ao longo de um ciclo.

16. (Famerp 2019) Um motor funciona obedecendo ao ciclo de Stirling, no qual um gás ideal é submetido a duas transformações isotérmicas, AB e CD, e a duas transformações isovolumétricas, BC e DA, como mostra a figura.



a) Sabendo que a temperatura do gás na transformação AB é 327 °C e que a pressão nos pontos B e C valem $8{,}0 \times 10^5$ Pa e $4{,}0 \times 10^5$ Pa, respectivamente, calcule a temperatura do gás, em kelvins, durante a transformação CD.
b) Sabendo que a área S sob a curva da transformação CD, destacada na figura, corresponde a uma quantidade de energia igual a 3.700 J, calcule a quantidade de calor, em joules, que o gás libera nessa transformação.

17. (Fuvest 2021) Um mol de um gás ideal percorre o processo cíclico $ABCA$ em um diagrama $P - V$, conforme mostrado na figura, sendo que a etapa AB é isobárica, a etapa BC é isocórica e a etapa CA é isotérmica.

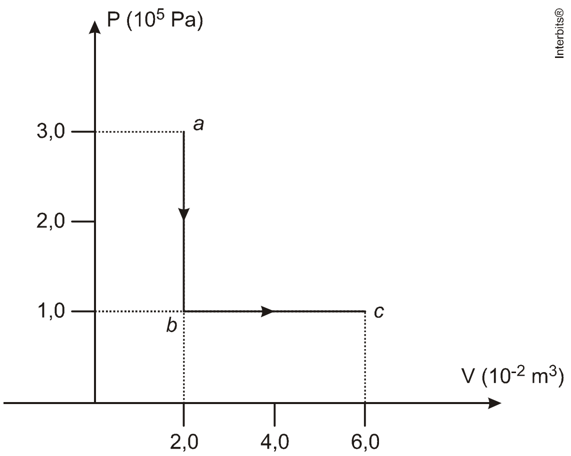


Considere as seguintes afirmações:

I. O gás libera calor tanto na etapa BC quanto na etapa CA.
II. O módulo do trabalho realizado pelo gás é não nulo tanto na etapa AB quanto na etapa BC.
III. O gás tem sua temperatura aumentada tanto na etapa AB quanto na etapa CA.

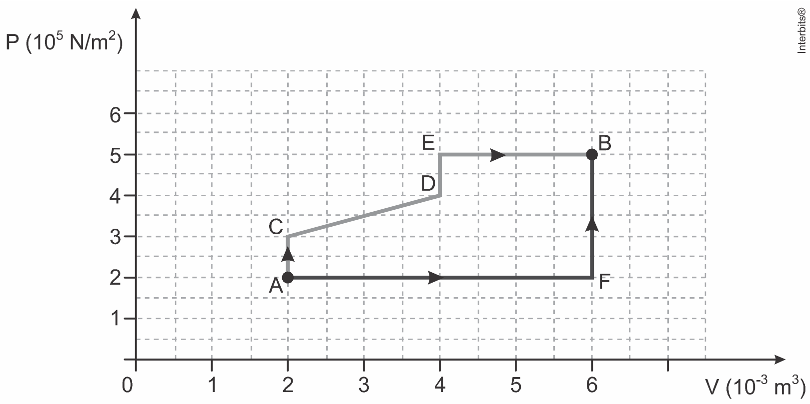
É correto o que se afirma em:
a) Nenhuma delas.
b) Apenas I.
c) Apenas II.
d) Apenas III.
e) Apenas I e II.

18. (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*.

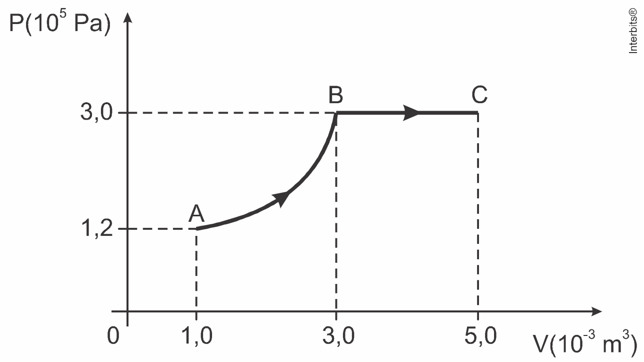
19. (Unifesp 2017) Uma massa constante de gás ideal pode ser levada de um estado inicial A a um estado final B por dois processos diferentes, indicados no diagrama $P \times V$.



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.

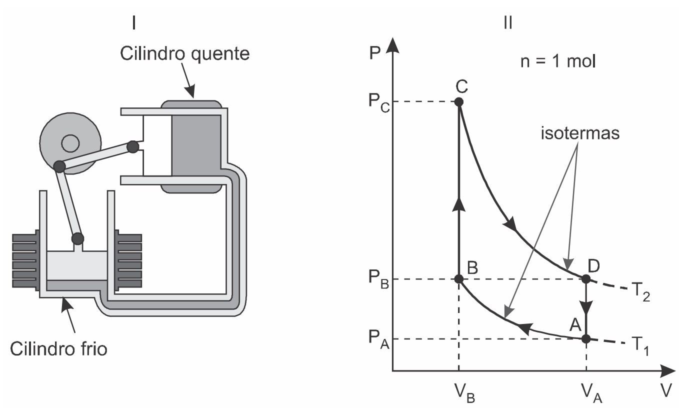
20. (Albert Einstein - Medicina 2019) Para provocar a transformação gasosa ABC, representada no diagrama $P \times V$, em determinada massa constante de gás ideal, foi necessário fornecer-lhe 1.400 J de energia em forma de calor, dos quais 300 J transformaram-se em energia interna do gás, devido ao seu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

21. (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
$1\,\text{atm} = 10^5$ Pa
$1\,m^3 = 1.000\ \ell$

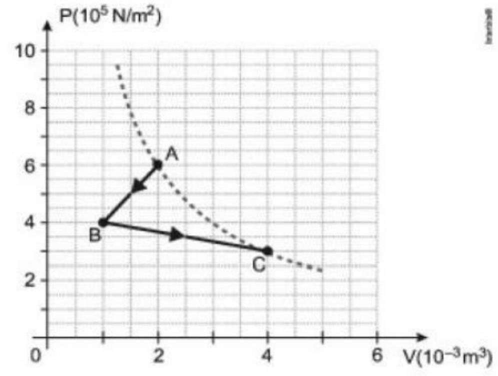
22. (Fuvest 2020) Um mol de um gás ideal monoatômico é resfriado adiabaticamente de uma temperatura inicial T_1 até uma temperatura final $T_1/3$.

Com base nessas informações, responda:

a) O gás sofreu expansão ou compressão ao final do processo? Justifique sua resposta.
b) Encontre o valor do trabalho realizado pelo gás nesse processo em termos da constante universal dos gases ideais R e de T_1.
c) Encontre a razão entre as pressões final e inicial do gás após o processo.

Note e adote:
Em um processo adiabático, não há troca de calor com o ambiente.
Energia interna por mol de um gás ideal monoatômico: $U = 3RT/2$.
Para o processo adiabático em questão, vale a relação $PV^{5/3} =$ constante.

23. (UNIFESP) - Um gás ideal passa pelo processo termodinâmico representado pelo diagrama P × V. O gás, que se encontrava à temperatura de 57°C no estado inicial A, comprime-se até o estado B, pela perda de 1700 J de calor nessa etapa. Em seguida, é levado ao estado final C, quando retorna à temperatura inicial. A linha tracejada representa uma isoterma.



Considerando os valores indicados no gráfico e que a massa do gás tenha permanecido constante durante todo o processo, calcule: a) a temperatura do gás, em graus Celsius, no estado B. b) o calor, em joules, recebido pelo gás de uma fonte externa, quando foi levado do estado B para o estado final C.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[E]

Como a energia interna não variou, a temperatura se manteve constante. Sendo assim:

$$\frac{P_X V_X}{\cancel{T_X}} = \frac{P_Y V_Y}{\cancel{T_Y}} \Rightarrow 4 \cdot \cancel{10^5}\, V_X = 0{,}5 \cdot \cancel{10^5} \cdot 1{,}2$$

$$\therefore V_X = 0{,}15\ m^3$$

Resposta da questão 2:
A energia interna (**U**) de um gás perfeito é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta (**T**).

$$U = \frac{3}{2}nRT$$

A equação de Clapeyron nos dá:
PV = n R T.
Combinando essas duas expressões, concluímos que:

$$U = \frac{3}{2}PV\ .$$

Colocando nessa expressão os valores dados no gráfico e fazendo a razão entre os dois estados:

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{\frac{3}{2}P_A V_A}{\frac{3}{2}P_B V_B} = \frac{4PV}{3PV} \Rightarrow$$

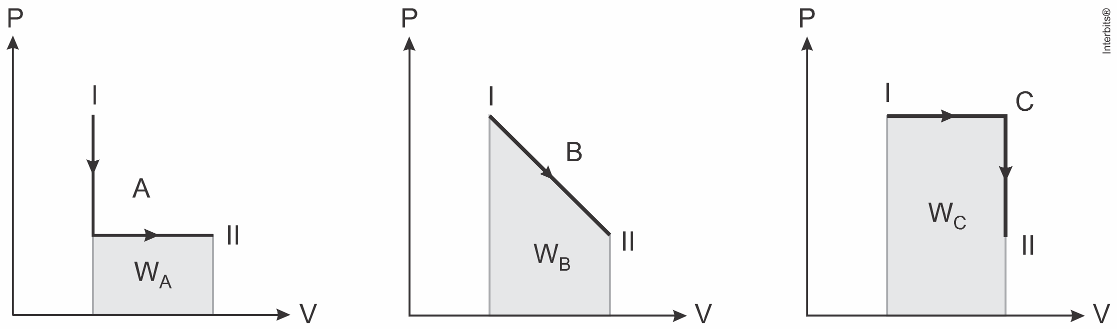
$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{4}{3}\ .$$

Resposta da questão 3:
[A]

Como $\Delta T = T_{II} - T_I$ é o mesmo para as três transformações, devemos ter que:

$$\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$$

E como os trabalhos são dados pelas áreas sob as curvas das transformações, de acordo com a figura abaixo, podemos concluir que:



$$W_C > W_B > W_A$$

Resposta da questão 4:
[C]

Resposta da questão 5:
[A]

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

Resposta da questão 6:
[D]

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

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

O calor é negativo, pois foi perdido pelo gás.

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

Pela Primeira Lei da Termodinâmica, sabemos que:

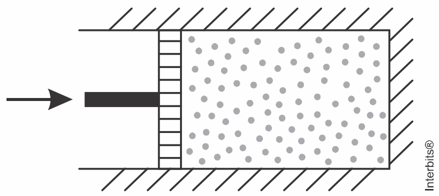
$\Delta U = Q - W \rightarrow \Delta U = \left(-1,8 \times 10^3\right) - \left(-8 \times 10^2\right) = -1,0 \times 10^3\ J$

Resposta da questão 7:
[C]

Resposta da questão 8:
a) 415J
b) 10K ou 10°C

Resposta da questão 9:
Q = τ + ΔU = 0
τ + ΔU = 0
249 + (3/2).R.ΔT = 0
249 + (3/2).8,3.[T - (60 + 273)] = 0
249 + 12,45.[T - (333)] = 0
12,45.[T - (333)] = - 249
[T - (333)] = - 249/12,45
T - 333 = - 20
T = 333 - 20 = 313 K = 40 °C

Resposta da questão 10:
[D]



Partindo da 1ª Lei da Termodinâmica, tem-se que:
$\Delta U = Q - \tau \quad (1)$

sendo ΔU a variação da energia interna do gás, Q o calor inserido no gás e τ o trabalho realizado pelo gás.

Como o processo é adiabático, ou seja, sem troca de calor, $Q = 0$ J.

Como o trabalho foi realizado sobre o gás, então $\tau < 0$, ou seja, $\tau = -800$ J.

Substituindo-se esses valores na equação 1, tem-se que:
$\Delta U = 0 - (-800) = 800$ J
$\Delta U = 800$ J

Para gases perfeitos, é válida a seguinte relação:
$$\Delta U = \frac{3}{2} n\, R\, \Delta T \qquad (2)$$

sendo n o número de moles do gás, R a constante universal dos gases e ΔT a variação da temperatura do gás.

Como $\Delta U = 800 \text{ J} > 0$, então, pela equação 2, $\Delta T > 0$.

Como o trabalho está sendo realizado sobre o gás, ou seja, o mesmo está sendo comprimido, então $\Delta V < 0$, quer dizer, o gás reduz de volume.

Da equação de Clapeyron para gases perfeitos:
$$pV = n\,R\,T \Rightarrow p = \frac{n\,R\,T}{V} \qquad (3)$$

E considerando que T aumentou $(\Delta T > 0)$ e V diminuiu $(\Delta V < 0)$, conclui-se da equação 3 que p aumentou $(\Delta p > 0)$.

Logo, o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.

Resposta da questão 11:
[C]

Resposta da questão 12:
Dados: $p = 2 \times 10^5\ \text{N/m}^2$; $T_1 = 300\,\text{K}$; $V_1 = 6 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$; $d = 10\,\text{cm} = 0{,}1\ \text{m}$; $A = 2 \times 10^{-2}\ \text{m}^2$; $\Delta U = 600\,\text{J}$.
Temperatura na situação da figura 2:
$$\Delta V = A\,d = 2 \times 10^{-2} \times 0{,}1 \Rightarrow \Delta V = 2 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$$
$$V_2 = V_1 + \Delta V = 6 \times 10^{-3} + 2 \times 10^{-3} \Rightarrow V_2 = 8 \times 10^{-3}\ \text{m}^3.$$

Aplicando a equação geral dos gases para uma transformação isobárica:
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{6 \times 10^{-3}}{300} = \frac{8 \times 10^{-3}}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 400\,\text{K}.}$$

Cálculo do trabalho (W) realizado pela força de pressão do gás na expansão:
$$W = p\,\Delta V = p\,A\,d = 2 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-2} \times 0{,}1 \Rightarrow W = 400\,\text{J}.$$

Aplicando a primeira lei da termodinâmica:
$$Q = \Delta U + W = 600 + 400 \Rightarrow \boxed{Q = 1\,000\,\text{J}.}$$

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: $Q = \Delta U + W$

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

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

Resposta da questão 13:
[D]

<u>1ª Resolução:</u>
Como se trata de uma transformação isovolumétrica, o trabalho realizado é nulo:
W = 0.
Então, pela primeira lei da termodinâmica, o calor trocado a volume constante (**Q_V**) é igual à variação da energia interna (ΔU).
De fato:

$$\Delta U = Q_V - \cancel{W} \Rightarrow Q_V = \Delta U \Rightarrow Q_V = \frac{3}{2}(nR\Delta T) \Rightarrow Q_V = \frac{3}{2}[\Delta(PV)] \Rightarrow$$

$$Q_V = \frac{3}{2}V(\Delta P) = \frac{3}{2}V(P_{II} - P_I) \Rightarrow Q_V = \frac{3}{2}\times 20\times 10^{-3}(6-2)\times 10^5 \Rightarrow$$

$$\boxed{Q_V = 12.000\ J}$$

<u>2ª Resolução:</u>
Usando as conclusões da resolução anterior e combinando com a equação do calor sensível:

$$\left\{\begin{array}{ll} Q_V = \Delta U \Rightarrow Q_V = \frac{3}{2}nR\Delta T & (1^a) \\ Q_V = nc_V\Delta T & (2^a) \end{array}\right\rangle \Rightarrow \cancel{n}c_V\cancel{\Delta T} = \frac{3}{2}\cancel{n}R\cancel{\Delta T} \Rightarrow \underline{c_V = \frac{3}{2}R}|$$

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$T = \frac{PV}{nR}\left\{\begin{array}{l} T_I = \frac{P_I V}{nR} \\ T_{II} = \frac{P_{II} V}{nR} \end{array}\right\rangle \Rightarrow \underline{\Delta T = \frac{V}{nR}(P_{II} - P_I)}|$$

Voltando à 2ª equação:

$$Q_V = nc_V\Delta T \Rightarrow Q_V = \cancel{n}\left(\frac{3}{2}R\right)\left(\frac{V}{\cancel{n}R}(P_{II} - P_I)\right) \Rightarrow \underline{Q_V = \frac{3}{2}V(P_{II} - P_I)}|$$

Da resolução anterior:

$$\boxed{Q_V = 12.000\ J}$$

Resposta da questão 14:
a) Pela equação geral dos gases, obtemos:

$$\frac{P_A \cancel{V_A}}{T_A} = \frac{P_C \cancel{V_C}}{T_C} \Rightarrow \frac{8\cdot 10^5}{T_A} = \frac{2\cdot 10^5}{800} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_A = 4\cdot 800 \Rightarrow T_A = 3200\ K$$

Convertendo para Celsius:

$$\theta_A = 3200 - 273$$

$$\therefore \theta_A = 2927\ °C$$

b) Como a variação de temperatura num ciclo é nula, a variação da energia interna também o é.

$$\Delta U = 0$$

O módulo do trabalho realizado na compressão do gás é dado pela área sob o trecho BC:

$|\tau| = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{5}$

$\therefore |\tau| = 400 \text{ J}$

Resposta da questão 15:
a) 1220 K
b) 5 x 10^4 J

Resposta da questão 16:
a) Aplicando a lei geral dos gases para a transformação isométrica, BC:

$$\frac{p_B}{T_B} = \frac{p_C}{T_C} \Rightarrow \frac{8 \times 10^5}{327 + 273} = \frac{4 \times 10^5}{T_C} \Rightarrow \frac{2}{600} = \frac{1}{T_C} \Rightarrow \boxed{T_C = 300 \text{ K.}}$$

Como a transformação CD é isotérmica, a temperatura é constante e igual a T_C.

Assim: $\boxed{T_{CD} = 300 \text{K.}}$

b) Utilizando primeira lei da termodinâmica para a transformação CD:

$Q_{CD} = \Delta U_{CD} + W_{CD}.$

Como se trata de uma compressão isotérmica, o trabalho (W_{CD}) é negativo e a variação da energia interna (ΔU_{CD}) é nula. Assim:

$Q_{CD} = 0 - 3.700 \Rightarrow \boxed{Q_{CD} = -3.700 \text{J.}}$

O sinal $(-)$ indica que o calor foi liberado; ou seja, o gás libera 3.700 J de calor.

Resposta da questão 17:
[B]

Analisando as afirmativas:
[I] Verdadeira. 1ª Lei da Termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U.$
Na etapas BC e CA, temos:

$$\begin{cases} \Delta V_{BC} = 0 \Rightarrow \tau_{BC} = 0 \\ \Delta T_{BC} < 0 \Rightarrow \Delta U_{BC} < 0 \end{cases} \Rightarrow Q_{BC} < 0$$

$$\begin{cases} \Delta V_{CA} < 0 \Rightarrow \tau_{CA} < 0 \\ \Delta T_{CA} = 0 \Rightarrow \Delta U_{CA} = 0 \end{cases} \Rightarrow Q_{CA} < 0$$

Logo, ambas as etapas liberam calor.

[II] Falsa. Pelo item anterior, $\tau_{BC} = 0.$

[III] Falsa. Como CA se dá sobre uma isoterma, $\Delta T_{CA} = 0.$

Resposta da questão 18:
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*.

$$\frac{P_aV_a}{T_a}=\frac{P_cV_c}{T_c} \Rightarrow \frac{3\times10^5\times2\times10^{-2}}{T_a}=\frac{1\times10^5\times6\times10^{-2}}{T_c}\Rightarrow$$

$$\frac{\cancel{6}\times10^{\cancel{3}}}{T_a}=\frac{\cancel{6}\times10^{\cancel{3}}}{T_c} \Rightarrow T_a=T_c \Rightarrow \frac{T_a}{T_c}=1.$$

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 = Δ 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 ($\Delta U_{ac} = 0$). Então:
$Q_{ac} = W_{ac} = W_{ab} + W_{bc}$.

Mas a transformação *ab* é isocórica $\Rightarrow$ $W_{ab} = 0$. Então:
$Q_{ac} = W_{bc} = P_c\,(\Delta V_{bc}) = 1{,}0\times10^5\times4{,}0\times10^{-2} \Rightarrow$
$Q_{ac} = 4{,}0\times10^3$ J.

Resposta da questão 19:
Para gases ideais é válida a equação geral dos gases:
$pV = nRT$ (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:

$$\frac{p_AV_A}{T_A}=\frac{p_BV_B}{T_B} \qquad (3)$$

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:

$$\frac{T_B}{T_A}=\frac{p_BV_B}{p_AV_A}=\frac{5\times10^5\times6\times10^{-3}}{2\times10^5\times2\times10^{-3}}=7{,}5$$

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 $Q_2 = \Delta U_2 + \tau_2$

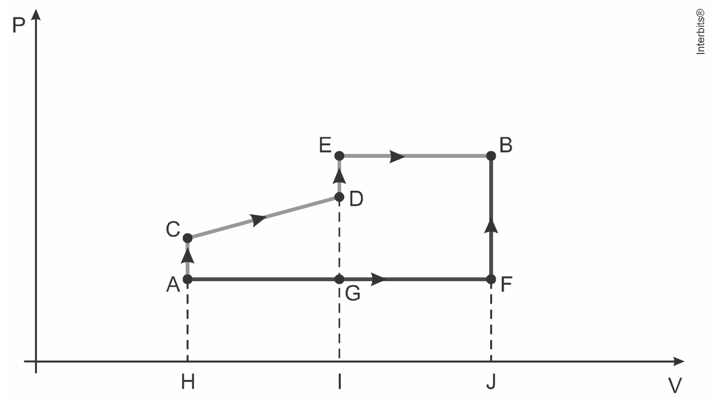
de um modo geral, para gases ideais:
$\Delta U = k\,\Delta T$ (5)

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:

$$Q_1 - Q_2 = \left[\frac{(1+2)\times 2}{2} + 2\times 3\right]\times 10^5\ \frac{N}{m^2}\times 10^{-3}\,m^3$$

$$Q_1 - Q_2 = 900\ Nm = \boxed{900\ J}$$

Resposta da questão 20:
[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
$1400\ J = W_{ABC} + 300\ J \Rightarrow W_{ABC} = 1100\ J$

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

$W_{BC} = 6{,}0\cdot 10^2\ J = 600\ J$

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 21:
a) Pela equação de Clayperon, temos:
$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$$
$$4 \cdot V_A = 1 \cdot 0,08 \cdot 300$$
$$\therefore V_A = 6\ L$$

b) Entre os estados A e B (com $V_B = V_A/3$ e $T_A = T_B$), temos:
$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_B \cdot V_B}{T_B}$$
$$4 \cdot 6 = P_B \cdot 6/3$$
$$\therefore P_D = P_B = 12\ atm$$

c) Entre os estados A e D (com $V_A = V_D$), temos:
$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_D \cdot V_D}{T_D}$$
$$\frac{4}{300} = \frac{12}{T_D}$$
$$\therefore T_D = 900\ K$$

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

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

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

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

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 22:
a) De acordo com a 1ª lei da Termodinâmica:
$Q = \tau + \Delta U$

Para o problema dado, temos que:
$Q = 0$ (transformação adiabática)
$\Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \ \left(\text{pois } \Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T\right)$

Logo:
$0 = \tau + \Delta U \Rightarrow \tau = -\Delta U$
$\therefore \tau > 0$

Portanto, o gás sofreu expansão.

b) Da expressão obtida anteriormente:
$\tau = -\Delta U = -\frac{3}{2}nR\Delta T$
$\tau = -\frac{3}{2} \cdot 1 \cdot R\left(\frac{T_1}{3} - T_1\right)$
$\therefore \tau = RT_1$

c) Como $PV^{5/3} =$ constante, devemos ter que:
$P_f V_f^{5/3} = P_1 V_1^{5/3}$

Da equação de Clayperon com $n = 1,$ vem:
$PV = 1 \cdot RT \Rightarrow V = \frac{RT}{P}$

Substituindo este resultado na expressão anterior, chegamos a:
$$P_f\left(\frac{RT_f}{P_f}\right)^{5/3} = P_1\left(\frac{RT_1}{P_1}\right)^{5/3} \Rightarrow \frac{T_f^{5/3}}{P_f^{2/3}} = \frac{T_1^{5/3}}{P_1^{2/3}} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \left(\frac{P_f}{P_1}\right)^{2/3} = \left(\frac{T_1/3}{T_1}\right)^{5/3} \Rightarrow \frac{P_f}{P_1} = \left(\frac{1}{3}\right)^{5/2} = \frac{1}{\sqrt{3^5}}$$
$$\therefore \frac{P_f}{P_1} = \frac{\sqrt{3}}{27}$$

Resposta da questão 23:

a) 110 K b) 2250 J