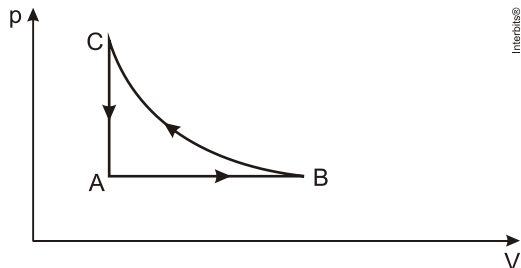


1. (Fuvest 2015) Certa quantidade de gás sofre três transformações sucessivas, $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$ e $C \rightarrow A$, conforme o diagrama $p - V$ apresentado na figura abaixo.



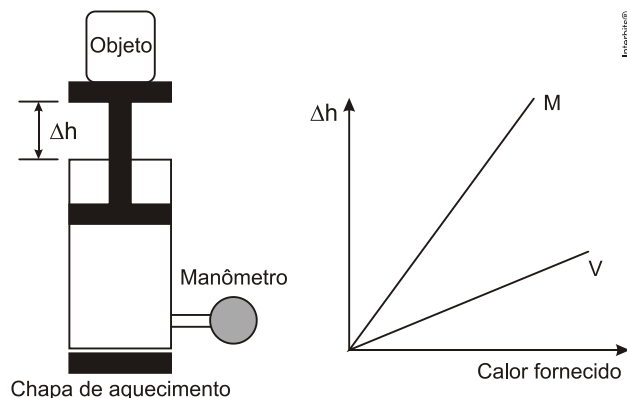
A respeito dessas transformações, afirmou-se o seguinte:

- I. O trabalho total realizado no ciclo ABCA é nulo.
- II. A energia interna do gás no estado C é maior que no estado A.
- III. Durante a transformação $A \rightarrow B$, o gás recebe calor e realiza trabalho.

Está correto o que se afirma em:

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

2. (Enem 2014) Um sistema de pistão contendo um gás é mostrado na figura. Sobre a extremidade superior do êmbolo, que pode movimentar-se livremente sem atrito, encontra-se um objeto. Através de uma chapa de aquecimento é possível fornecer calor ao gás e, com auxílio de um manômetro, medir sua pressão. A partir de diferentes valores de calor fornecido, considerando o sistema como hermético, o objeto elevou-se em valores Δh , como mostrado no gráfico. Foram estudadas, separadamente, quantidades equimolares de dois diferentes gases, denominados M e V.

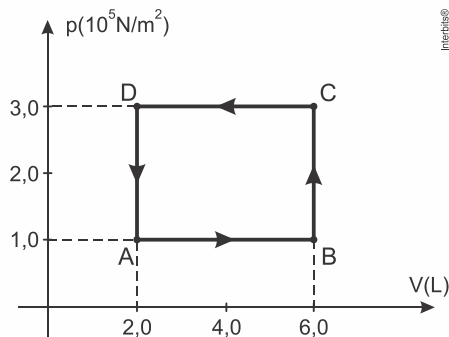


A diferença no comportamento dos gases no experimento decorre do fato de o gás M, em relação ao V, apresentar

- a) maior pressão de vapor.
- b) menor massa molecular.
- c) maior compressibilidade.
- d) menor energia de ativação.

e) menor capacidade calorífica.

3. (Epcar (Afa) 2017) Um sistema termodinâmico constituído de n mols de um gás perfeito monoatômico desenvolve uma transformação cíclica ABCDA representada no diagrama a seguir.



De acordo com o apresentado pode-se afirmar que

- o trabalho em cada ciclo é de 800 J e é realizado pelo sistema.
- o sistema termodinâmico não pode representar o ciclo de uma máquina frigorífica uma vez que o mesmo está orientado no sentido anti-horário.
- a energia interna do sistema é máxima no ponto D e mínima no ponto B.
- em cada ciclo o sistema libera 800 J de calor para o meio ambiente.

4. (Uern 2013) A variação da energia interna de um gás perfeito em uma transformação isobárica foi igual a 1200 J. Se o gás ficou submetido a uma pressão de 50 N/m^2 e a quantidade de energia que recebeu do ambiente foi igual a 2000 J, então, a variação de volume sofrido pelo gás durante o processo foi

- 10 m^3 .
- 12 m^3 .
- 14 m^3 .
- 16 m^3 .

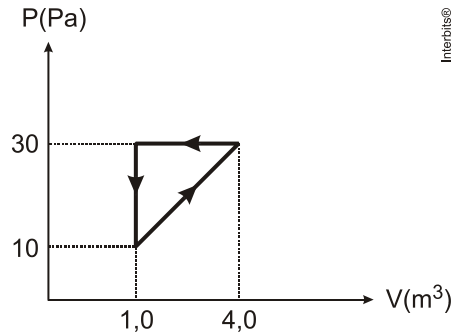
5. (Enem 2015) O ar atmosférico pode ser utilizado para armazenar o excedente de energia gerada no sistema elétrico, diminuindo seu desperdício, por meio do seguinte processo: água e gás carbônico são inicialmente removidos do ar atmosférico e a massa de ar restante é resfriada até -198°C . Presente na proporção de 78% dessa massa de ar, o nitrogênio gasoso é liquefeito, ocupando um volume 700 vezes menor. A energia excedente do sistema elétrico é utilizada nesse processo, sendo parcialmente recuperada quando o nitrogênio líquido, exposto à temperatura ambiente, entra em ebulição e se expande, fazendo girar turbinas que convertem energia mecânica em energia elétrica.

MACHADO, R. Disponível em www.correiobraziliense.com.br Acesso em: 9 set. 2013 (adaptado).

No processo descrito, o excedente de energia elétrica é armazenado pela

- expansão do nitrogênio durante a ebulição.
- absorção de calor pelo nitrogênio durante a ebulição.
- realização de trabalho sobre o nitrogênio durante a liquefação.
- retirada de água e gás carbônico da atmosfera antes do resfriamento.
- liberação de calor do nitrogênio para a vizinhança durante a liquefação.

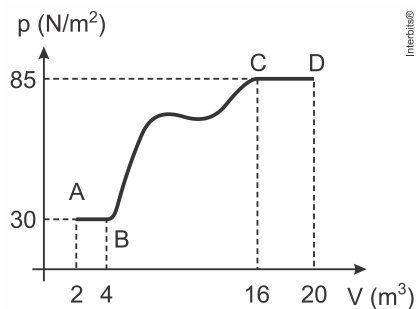
6. (Udesc 2011) Um gás em uma câmara fechada passa pelo ciclo termodinâmico representado no diagrama $p \times V$ da Figura.



O trabalho, em *joules*, realizado durante um ciclo é:

- a) + 30 J
- b) - 90 J
- c) + 90 J
- d) - 60 J
- e) - 30 J

7. (Upe 2015) Um gás ideal é submetido a um processo termodinâmico ABCD, conforme ilustra a figura a seguir.



Sabendo que o trabalho total associado a esse processo é igual a 1050 J, qual o trabalho no subprocesso BCD?

- a) 60 J
- b) 340 J
- c) 650 J
- d) 840 J
- e) 990 J

8. (Cefet MG 2014) O trabalho realizado em um ciclo térmico fechado é igual a 100 J e, o calor envolvido nas trocas térmicas é igual a 1000 J e 900 J, respectivamente, com fontes quente e fria.

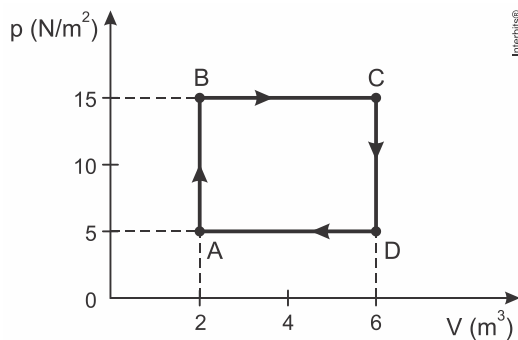
A partir da primeira Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna nesse ciclo térmico, em joules, é

- a) 0.
- b) 100.
- c) 800.
- d) 900.
- e) 1000.

9. (Upf 2012) Uma amostra de um gás ideal se expande duplicando o seu volume durante uma transformação isobárica e adiabática. Considerando que a pressão experimentada pelo gás é $5 \times 10^6 \text{ Pa}$ e seu volume inicial $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, podemos afirmar:

- O calor absorvido pelo gás durante o processo é de 25 cal.
- O trabalho efetuado pelo gás durante sua expansão é de 100 cal.
- A variação de energia interna do gás é de -100 J .
- A temperatura do gás se mantém constante.
- Nenhuma das anteriores.

10. (Uel 2015) Analise o gráfico a seguir, que representa uma transformação cíclica ABCDA de 1 mol de gás ideal.

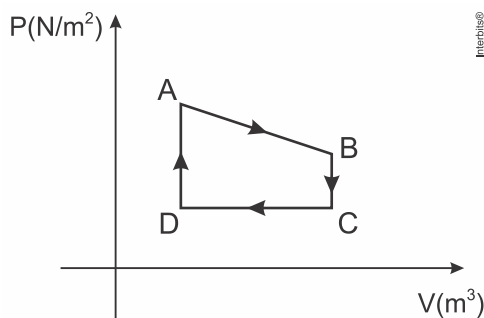


- Calcule o trabalho realizado pelo gás durante o ciclo ABCDA.
- Calcule o maior e o menor valor da temperatura absoluta do gás no ciclo (considere $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$). Justifique sua resposta apresentando todos os cálculos realizados.

11. (G1 - ifsul 2016) Durante cada ciclo, uma máquina térmica absorve 500 J de calor de um reservatório térmico, realiza trabalho e rejeita 420 J para um reservatório frio. Para cada ciclo, o trabalho realizado e o rendimento da máquina térmica são, respectivamente, iguais a

- 80 J e 16%
- 420 J e 8%
- 420 J e 84%
- 80 J e 84%

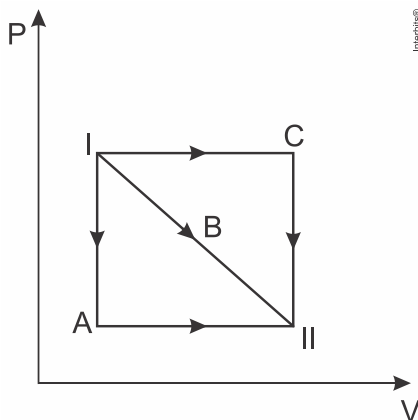
12. (Uern 2015) O gráfico representa um ciclo termodinâmico:



Os trabalhos realizados nas transformações AB, BC, CD e DA são, respectivamente:

- Negativo, nulo, positivo e nulo.
- Positivo, nulo, negativo e nulo.
- Positivo, negativo, nulo e positivo.
- Negativo, negativo, nulo e positivo.

13. (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

- $\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$ e $W_C > W_B > W_A$.
- $\Delta U_A > \Delta U_C > \Delta U_B$ e $W_C = W_A < W_B$.
- $\Delta U_A < \Delta U_B < \Delta U_C$ e $W_C > W_B > W_A$.
- $\Delta U_A = \Delta U_B = \Delta U_C$ e $W_C = W_A > W_B$.
- $\Delta U_A > \Delta U_B > \Delta U_C$ e $W_C = W_B = W_A$.

14. (G1 - ifsul 2016) No estudo da termodinâmica dos gases perfeitos, são parâmetros básicos as grandezas físicas quantidade de calor (Q), trabalho (W) e energia interna (U), associadas às transformações que um gás perfeito pode sofrer.

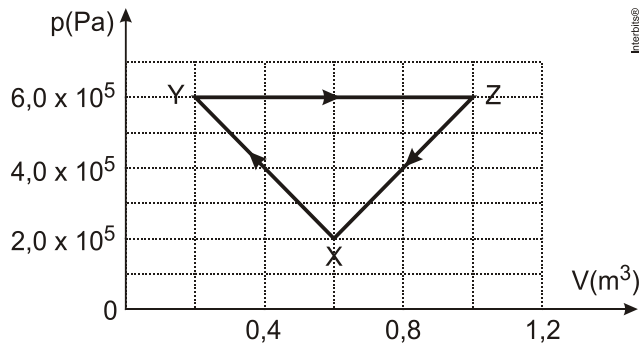
Analise as seguintes afirmativas referentes às transformações termodinâmicas em um gás perfeito:

- Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação adiabática, o trabalho (W) que o sistema troca com o meio externo é nulo.
- Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação isotérmica, a variação da energia interna é nula ($\Delta U = 0$).
- Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação isométrica, a variação da energia interna (ΔU) sofrida pelo sistema é igual a quantidade de calor (Q) trocado com o meio externo.

Está (ão) correta (s) apenas a(s) afirmativa (s)

- I.
- III.
- I e II.
- II e III.

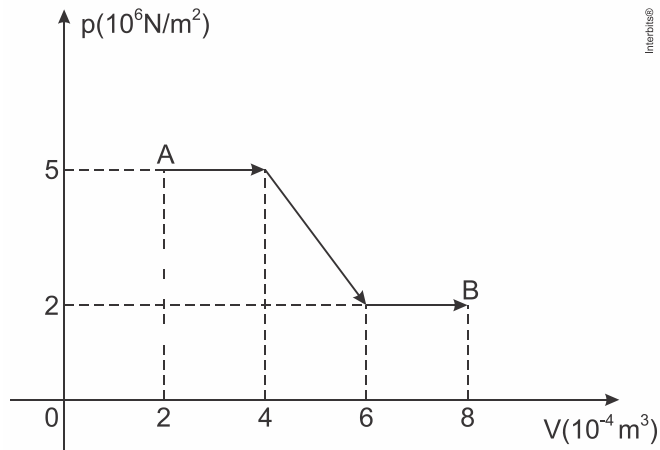
15. (Ufrgs 2011) A figura abaixo apresenta o diagrama da pressão $p(\text{Pa})$ em função do volume $V(\text{m}^3)$ de um sistema termodinâmico que sofre três transformações sucessivas: XY, YZ e ZX.



O trabalho total realizado pelo sistema após as três transformações é igual a

- 0.
- $1,6 \times 10^5 \text{ J}$.
- $2,0 \times 10^5 \text{ J}$.
- $3,2 \times 10^5 \text{ J}$.
- $4,8 \times 10^5 \text{ J}$.

16. (Uefs 2016)



Um fluido se expande do estado A para o estado B, como indicado no diagrama da figura.

Analisando-se essas informações, é correto afirmar que o trabalho realizado nessa expansão, em kJ, é igual a

- 2,3
- 2,2
- 2,1
- 2,0
- 1,9

17. (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) $-1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[E]

[I] **Incorreta.** Como o ciclo é anti-horário, o trabalho é negativo e seu módulo é numericamente igual a área do ciclo.

[II] **Correta.** A energia interna (U) é diretamente proporcional ao produto pressão \times volume.

$$\text{Assim: } p_C V_C > p_A V_A \Rightarrow U_C > U_A.$$

[III] **Correta.** Na transformação $A \rightarrow B$, ocorre expansão, indicando que o gás realiza trabalho ($W > 0$). Como há também aumento da energia interna ($\Delta U > 0$).

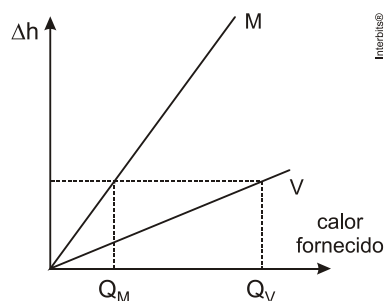
Pela 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \Delta U + W \Rightarrow Q > 0 \Rightarrow \text{o gás recebe calor.}$$

Resposta da questão 2:

[E]

Como mostrado no gráfico, para uma mesma elevação Δh , a quantidade calor absorvido pelo gás M é menor do que a absorvida pelo gás V ($Q_M < Q_V$).



Mas, para uma mesma variação Δh , temos também uma mesma variação de volume (ΔV).

Como se trata de transformações isobáricas, os trabalhos realizados (W) também são iguais.

Supondo gases ideais:

$$W = p \Delta V = n R \Delta T \quad \left\{ \begin{array}{l} W_M = n R \Delta T_M \\ W_V = n R \Delta T_V \end{array} \right\} \Rightarrow n R \Delta T_M = n R \Delta T_V \Rightarrow \Delta T_M = \Delta T_V = \Delta T.$$

Assim:

$$Q_M < Q_V \Rightarrow n C_M \Delta T < n C_V \Delta T \Rightarrow C_M < C_V.$$

Resposta da questão 3:

[D]

Deve-se notar que o ciclo é **anti-horário** e que o volume está expresso em litro ($1L = 10^{-3} m^3$), tratando-se de um ciclo refrigerador.

O trabalho (W) recebido a cada ciclo é calculado pela área interna do ciclo:

$$W = -(6-2) \times 10^{-3} \times (3-1) \times 10^5 \Rightarrow W = -800 \text{ J.}$$

Como numa transformação cíclica a variação da energia interna é nula, aplicando a primeira lei da termodinâmica ao ciclo, vem:

$$Q = \Delta U + W \Rightarrow Q = 0 + (-800) \Rightarrow \boxed{Q = -800 \text{ J.}}$$

O sinal negativo indica calor liberado para o meio ambiente.

Resposta da questão 4:

[D]

Dados: $Q = 2.000 \text{ J}$; $\Delta U = 1.200 \text{ J}$; $p = 50 \text{ N/m}^2$.

Usando a 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow 1.200 = 2.000 - W \Rightarrow W = 800 \Rightarrow p \Delta V = 800 \Rightarrow 50 \Delta V = 800 \Rightarrow$$

$$\Delta V = 16 \text{ m}^3.$$

Resposta da questão 5:

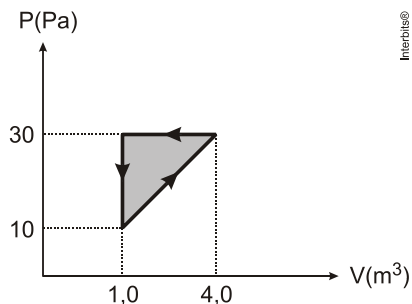
[C]

Para haver resfriamento e liquefação do nitrogênio, o sistema de refrigeração deve realizar trabalho sobre o gás.

Resposta da questão 6:

[E]

Em um ciclo fechado o trabalho é numericamente igual à área da figura. Seu valor é negativo devido ao sentido anti-horário.



$$W = -\frac{3 \times 20}{2} = -30 \text{ J}$$

Resposta da questão 7:

[E]

$$W_{AB} + W_{BCD} = W_{\text{total}} \Rightarrow 30(4 - 2) + W_{BCD} = 1050 \Rightarrow W_{BCD} = 1050 - 60 \Rightarrow$$

$$\boxed{W_{BCD} = 990 \text{ J.}}$$

Resposta da questão 8:

[A]

Em qualquer ciclo, o gás sempre volta ao estado inicial, a mesma temperatura ($\Delta T = 0$). Como a variação da energia interna (ΔU) é diretamente proporcional a variação de temperatura (ΔT) pela expressão

$$\Delta U = \frac{3}{2} n R \Delta T, \text{ a variação da energia interna também é nula.}$$

Resposta da questão 9:

[C]

Dados: $Q = 0$ (adiabática); $p = 5 \times 10^6 \text{ Pa}$; $V_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$; $V = 2V_0$.

Da primeira lei da termodinâmica:

$$\begin{aligned} \Delta U &= Q - \tau \Rightarrow \Delta U = 0 - p\Delta V \Rightarrow \Delta U = -p(V - V_0) \Rightarrow \\ \Delta U &= -p(2V_0 - V_0) \Rightarrow \Delta U = -pV_0 = -5 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-5} \Rightarrow \\ \Delta U &= -100 \text{ J.} \end{aligned}$$

Resposta da questão 10:

a) O trabalho do ciclo ABCDA representado na figura corresponde à área da figura, considerando o sentido horário teremos um trabalho positivo. Os segmentos AB e CD em que temos uma transformação isocórica (volume constante) terão trabalho nulo. No seguimento BC teremos uma expansão volumétrica isobárica conduzindo a um trabalho positivo (gás realizando trabalho sobre o meio externo) e no seguimento DA teremos o gás recebendo trabalho do meio externo, ou seja, um trabalho negativo referente a uma contração de volume à pressão constante.

A expressão do trabalho isobárico fica

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

Onde

τ = trabalho realizado (+) ou recebido pelo gás (-) em joules (J)

p = pressão do gás em Pascal ($\text{Pa} = \text{N/m}^2$)

ΔV = variação de volume do gás (m^3)

$$\tau_{BC} = 15\text{Pa} \cdot (6 - 2)\text{m}^3 = 60\text{J}$$

e

$$\tau_{DA} = 5\text{Pa} \cdot (2 - 6)\text{m}^3 = -20\text{J}$$

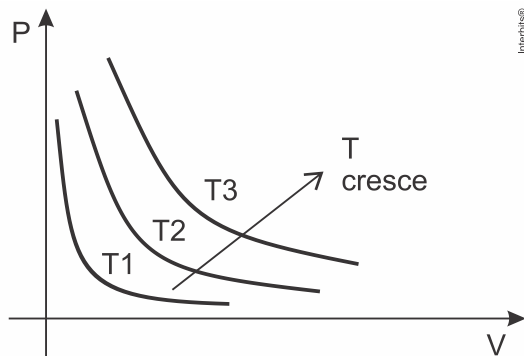
O trabalho do ciclo é

$$\tau_{\text{ciclo}} = 60 - 20 = 40\text{J}$$

Ou ainda pela área do retângulo

$$\tau_{\text{ciclo}} = (15 - 5)\text{Pa} \cdot (6 - 2)\text{m}^3 = 40\text{J}$$

b) Para calcularmos a maior e a menor temperatura do sistema devemos lembrar os gráficos de isotermas, através da Lei de Boyle-Mariotti



Observando o gráfico dado notamos que os pontos de maior e menor temperaturas absolutas são respectivamente C e A.

Para calcularmos estes valores de temperatura, lançamos mão da equação de estados dos Gases Ideais

$$pV = nRT$$

Onde

p = pressão do gás em Pascal ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$)

V = volume do gás (m^3)

n = número de mols do gás (mol)

R = constante universal dos gases ideais (fornecido no problema)

T = temperatura absoluta (K)

Isolando T e calculando as temperaturas para os pontos C e A, temos:

A maior temperatura

$$T_C = \frac{15\text{Pa} \cdot 6\text{m}^3}{1\text{mol} \cdot 8 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 11,25\text{K}$$

E a menor temperatura

$$T_A = \frac{5\text{Pa} \cdot 2\text{m}^3}{1\text{mol} \cdot 8 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} = 1,25\text{K}$$

Resposta da questão 11:

[A]

Da 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Trabalho: } W = Q_{\text{quente}} - Q_{\text{fria}} = 500 - 420 \Rightarrow \boxed{W = 80 \text{ J.}} \\ \text{Rendimento: } \eta = \frac{W}{Q_{\text{quente}}} = \frac{80}{500} = 0,16 \Rightarrow \boxed{\eta = 16\%.} \end{array} \right.$$

Resposta da questão 12:

[B]

Sabendo que o trabalho realizado por um gás é dado por:

$$W = p \cdot \Delta V$$

Fica direto analisar que:

- 1) Na transformação AB ocorre uma expansão ($\Delta V > 0$). Assim, o trabalho realizado é não nulo e positivo.
- 2) Nas transformações BC e AD não há variação de volume. Logo o trabalho realizado nestas transformações é nulo.
- 3) Na transformação CD ocorre uma contração ($\Delta V < 0$). Assim, o trabalho realizado é não nulo e negativo.

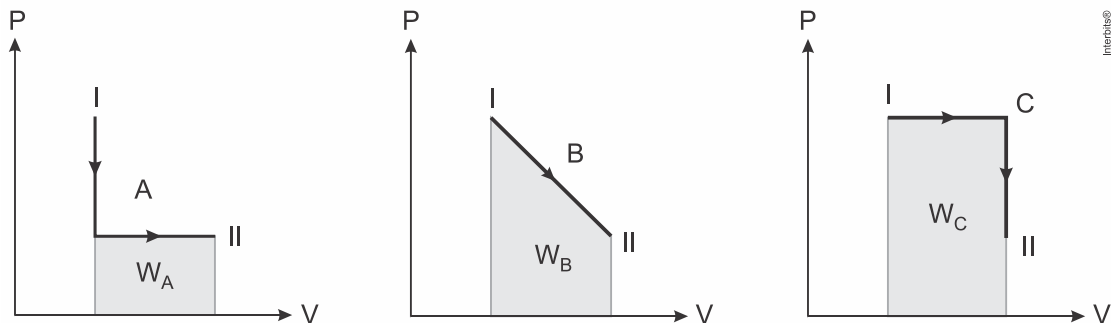
Resposta da questão 13:

[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 14:

[D]

[I] Incorreta. Numa transformação adiabática o calor trocado é nulo.

[II] Correta. A variação da energia interna é diretamente proporcional à variação da temperatura absoluta.

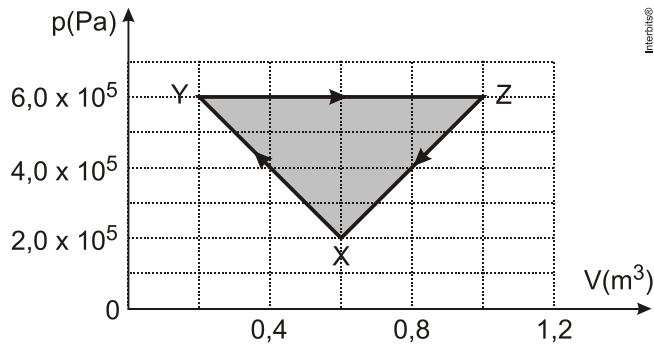
[III] Correta. Numa transformação isotérmica, o trabalho realizado é nulo. Assim:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = Q - 0 \Rightarrow \Delta U = Q.$$

Resposta da questão 15:

[B]

Em uma evolução cíclica, o trabalho é numericamente igual à área do ciclo. Se o ciclo é horário, o trabalho é positivo. Se anti-horário, é negativo.

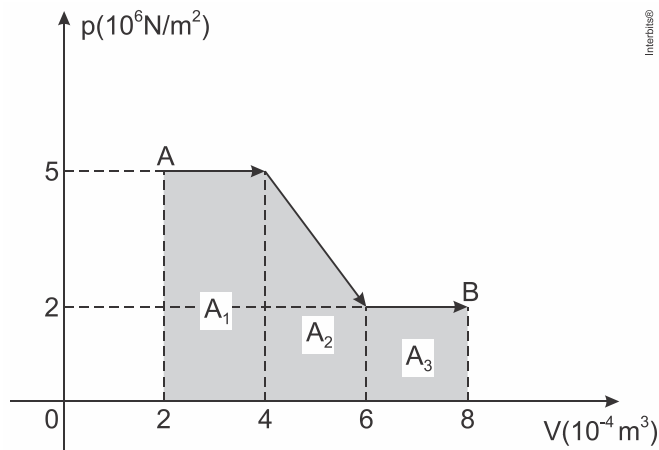


$$W = \frac{(1,0 - 0,2)(6,0 - 2,0) \times 10^5}{2} = 1,6 \times 10^5 \text{ J}$$

Resposta da questão 16:

[C]

O trabalho corresponde à área hachurada



$$W = A_1 + A_2 + A_3 \Rightarrow$$

$$W = \left[(4-2)5 + \frac{5+2}{2}(6-4) + (8-6)2 \right] 10^6 \times 10^{-4} = 2.100 \text{ J} \Rightarrow \boxed{W = 2,1 \text{ kJ.}}$$

Resposta da questão 17:

[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:

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