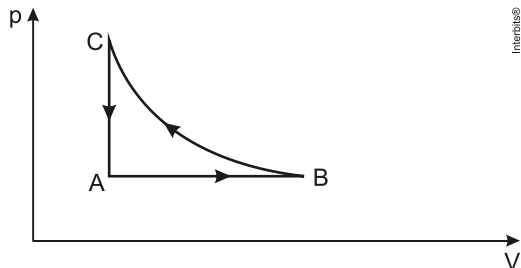


1. (Fuvest 2015) Certa quantidade de gás sofre três transformações sucessivas,  $A \rightarrow B$ ,  $B \rightarrow C$  e  $C \rightarrow A$ , conforme o diagrama  $p - V$  apresentado na figura abaixo.



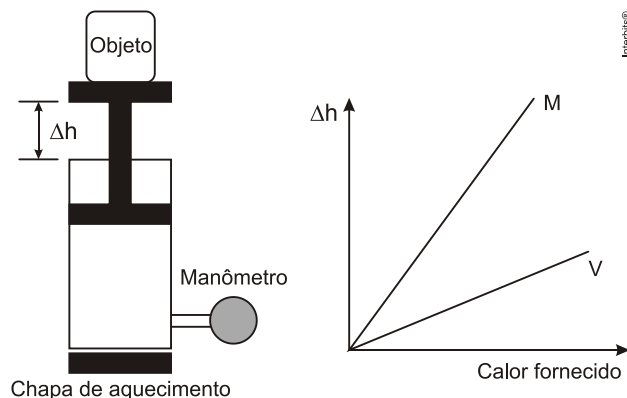
A respeito dessas transformações, afirmou-se o seguinte:

- 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  $\Delta h$ , como mostrado no gráfico. Foram estudadas, separadamente, quantidades equimolares de dois diferentes gases, denominados M e V.

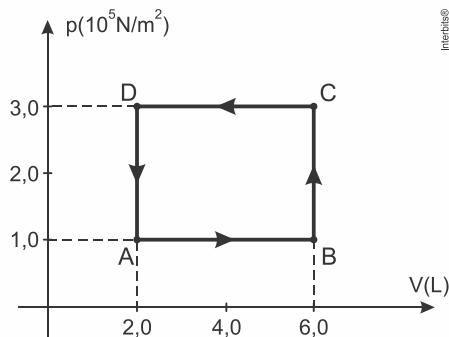


A diferença no comportamento dos gases no experimento decorre do fato de o gás M, em relação ao V, apresentar

- 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<sup>2</sup> 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<sup>3</sup>.
- 12 m<sup>3</sup>.
- 14 m<sup>3</sup>.
- 16 m<sup>3</sup>.

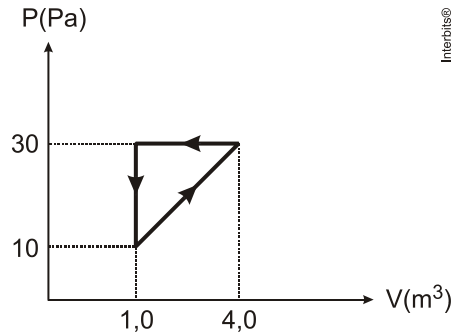
5. (Enem 2015) O ar atmosférico pode ser utilizado para armazenar o excedente de energia gerada no sistema elétrico, diminuindo seu desperdício, por meio do seguinte processo: água e gás carbônico são inicialmente removidos do ar atmosférico e a massa de ar restante é resfriada até  $-198^{\circ}\text{C}$ . 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](http://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.

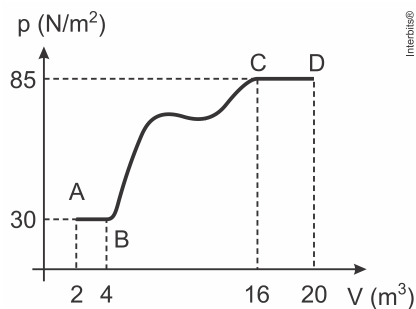
6. (Udesc 2011) Um gás em uma câmara fechada passa pelo ciclo termodinâmico representado no diagrama  $p \times V$  da Figura.



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.

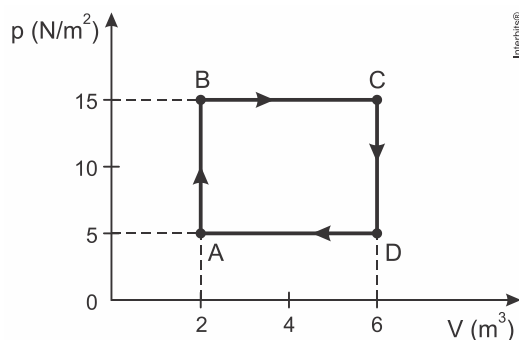
A partir da primeira Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna nesse ciclo térmico, em joules, é

- 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  $-100 \text{ J}$ .
- 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.

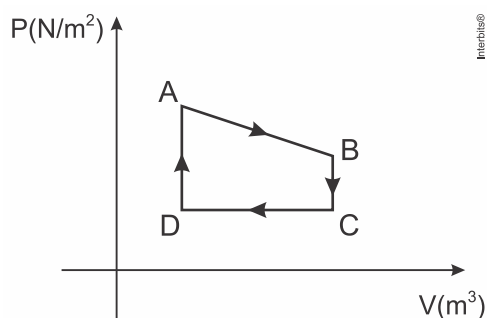


- Calcule o trabalho realizado pelo gás durante o ciclo ABCDA.
- Calcule o maior e o menor valor da temperatura absoluta do gás no ciclo (considere  $R = 8 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$ ). Justifique sua resposta apresentando todos os cálculos realizados.

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%

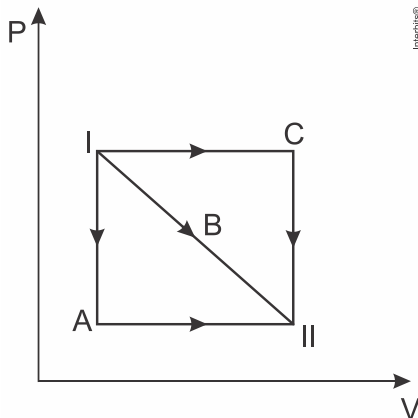
12. (Uern 2015) O gráfico representa um ciclo termodinâmico:



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  $\Delta U$  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.

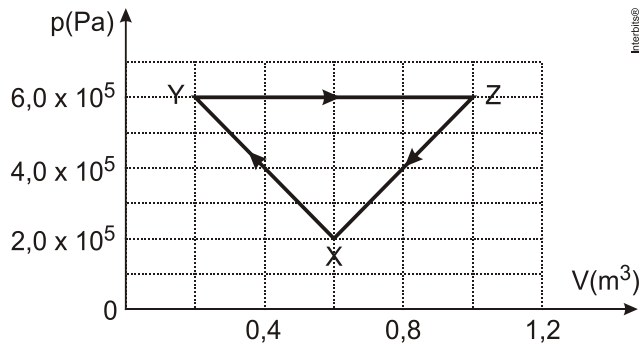
Analise as seguintes afirmativas referentes às transformações termodinâmicas em um gás perfeito:

- 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 ( $\Delta U$ ) 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.

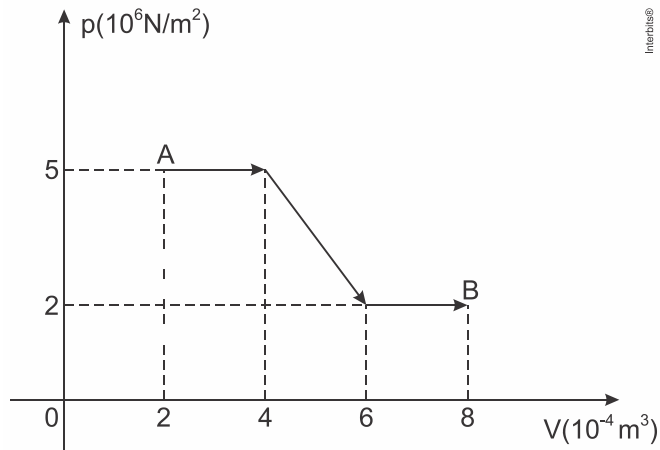
15. (Ufrgs 2011) A figura abaixo apresenta o diagrama da pressão  $p(\text{Pa})$  em função do volume  $V(\text{m}^3)$  de um sistema termodinâmico que sofre três transformações sucessivas: XY, YZ e ZX.



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 ( $\Delta U > 0$ ).

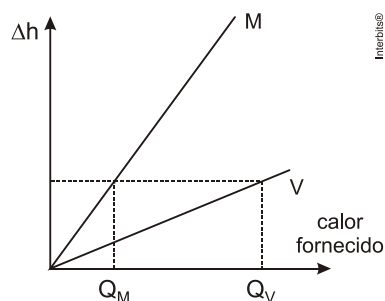
Pela 1ª Lei da Termodinâmica:

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

**Resposta da questão 2:**

[E]

Como mostrado no gráfico, para uma mesma elevação  $\Delta h$ , 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  $\Delta h$ , temos também uma mesma variação de volume ( $\Delta V$ ).

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:**

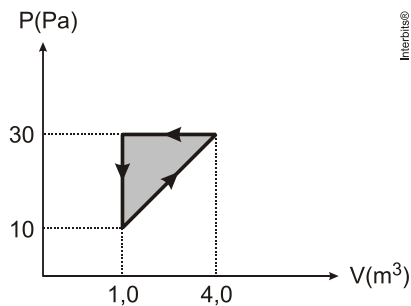
[C]

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 ( $\Delta U$ ) é diretamente proporcional a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) 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

$\tau$  = trabalho realizado (+) ou recebido pelo gás (-) em joules (J)

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

$\Delta V$  = variação de volume do gás ( $\text{m}^3$ )

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

e

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

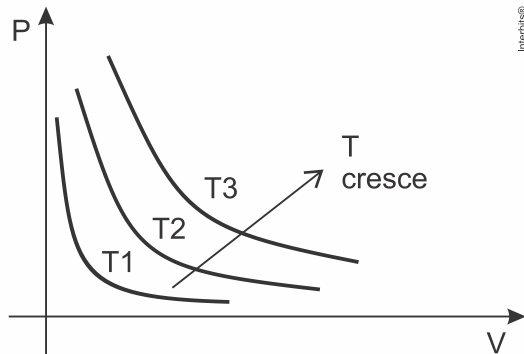
O trabalho do ciclo é

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

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 ( $\text{m}^3$ )

$n$  = 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.

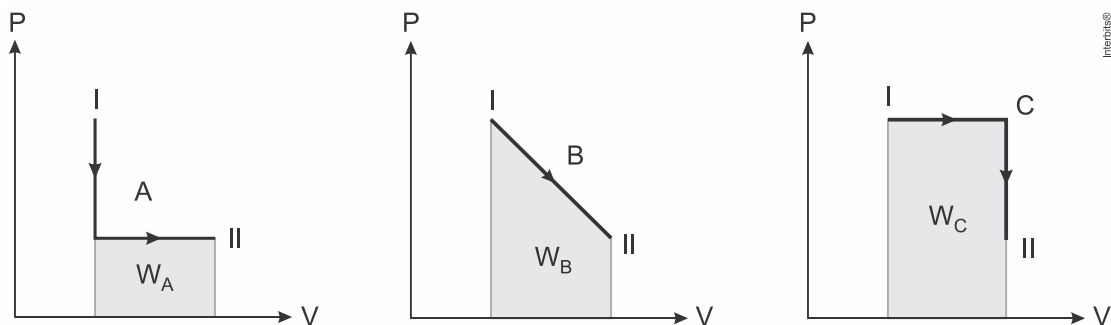
**Resposta da questão 13:**

[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.

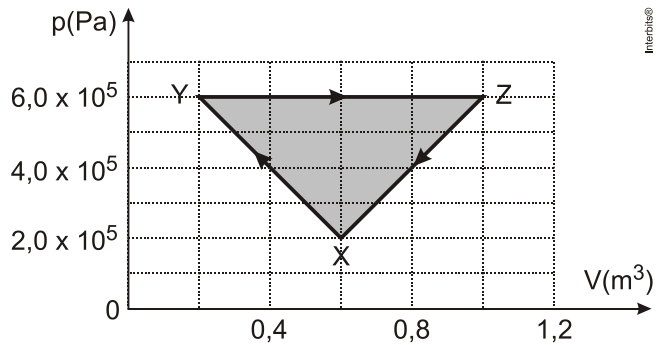
[III] Correta. Numa transformação isotérmica, o trabalho realizado é nulo. Assim:

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

**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.

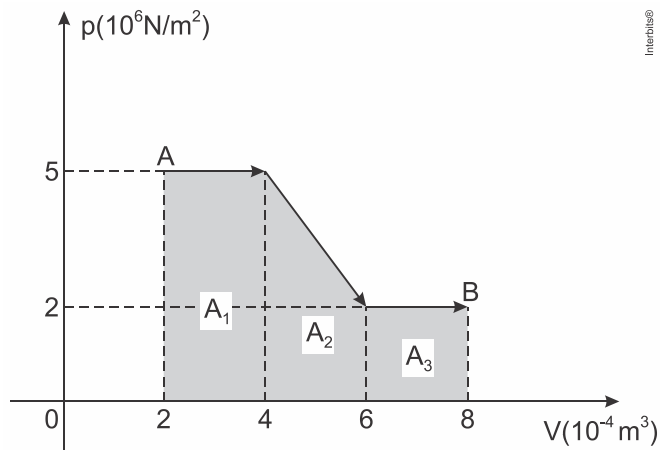


$$W = \frac{(1,0 - 0,2)(6,0 - 2,0) \times 10^5}{2} = 1,6 \times 10^5 \text{ J}$$

**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:

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