

11 (U. F. Uberlândia-MG) Num recipiente A, existe um determinado gás perfeito que se encontra num estado definido pelos valores p , V e T da pressão, do volume e da temperatura, respectivamente. Em um recipiente B, um outro gás perfeito encontra-se no estado definido pelos valores p da pressão, $2V$ do volume e $2T$ da temperatura. Os dois gases têm o mesmo número de mols. Sejam, respectivamente, U_1 e U_2 as energias internas dos gases nos recipientes A e B. A relação $\frac{U_1}{U_2}$ vale:

- a) $\frac{1}{2}$ b) $\frac{3}{2}$ c) 6 d) $\frac{3}{4}$ e) 2

12 (UFAC) A primeira lei da Termodinâmica equivale à:

- a) conservação da energia mecânica.
b) conservação da energia interna.
c) conservação da energia térmica.
d) conservação da energia.
e) conservação do trabalho mecânico.

13 Certa massa de gás perfeito realiza, ao se expandir, um trabalho de 250 joules. Se, durante esse processo, o gás recebeu 400 joules na forma de calor de uma fonte térmica, qual a variação sofrida por sua energia interna?

14 Durante um processo termodinâmico, um agente externo comprime certa massa de gás perfeito, realizando um trabalho de 1.500 joules. Simultaneamente, o gás recebe 2.000 joules de calor de uma fonte térmica. Determine a variação da energia interna do gás no processo.

15 Certa quantidade de gás ideal expande-se, realizando um trabalho de 800 joules. Durante o mesmo processo termodinâmico, perde 600 joules de calor para o ambiente. Qual é a correspondente variação de energia interna que esse gás sofre no processo?

16 (U. F. Lavras-MG) Um sistema recebe 250 J de calor de um reservatório térmico e realiza 100 J de trabalho, não ocorrendo nenhuma outra troca de energia. A variação de energia interna do sistema foi:

- a) $-2,5$ J c) -150 J e) $+150$ J
b) zero d) $+350$ J

17 (Fatec-SP) Uma fonte cede 100 joules de calor a um sistema, ao mesmo tempo que ele realiza um trabalho de 20 joules. Durante esse processo, não ocorrem outras trocas de energia com o meio exterior. A variação de energia interna do sistema, medida em joules, é igual a:

- a) zero c) 80 e) 120
b) 20 d) 100

18 (Faap-SP) Um sistema recebe 400 cal de uma fonte térmica, enquanto, ao mesmo tempo, é realizado sobre o sistema um trabalho equivalente a 328 J. Qual é o aumento de energia interna do sistema em joules? Adote $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$.

19 A temperatura de cinco mols de um gás perfeito varia de 27°C para 227°C , numa expansão em que o gás realiza um trabalho de 8.310 joules. Sendo $R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ a constante universal dos gases perfeitos, determine:

- a) a variação de energia interna sofrida pelo gás;
b) a quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente.

20 (Unep-BA) Um gás ideal sofre uma expansão isobárica, variando seu volume de 2 m^3 até 5 m^3 . Se o trabalho realizado no processo foi de 30 J, a pressão mantida constante, em N/m^2 , foi de:

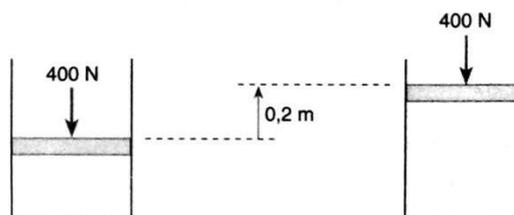
- a) 10 d) 16
b) 12 e) 18
c) 14

21 (Unirio-RJ) Um gás ideal está submetido a uma pressão de $1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Inicialmente, seu volume é de $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ e sua temperatura é de 27°C . Ele sofre uma expansão isobárica até que seu volume final seja o triplo do volume inicial. Determine:

- a) o trabalho mecânico, em joules, realizado pelo gás durante a expansão;
b) a temperatura do gás, em kelvins, no estado final.

22 (IME-RJ) Um cilindro com um êmbolo móvel contém 1 mol de um gás ideal, que é aquecido isobaricamente de 300 K até 400 K. Ilustre o processo em um diagrama pressão *versus* volume e determine o trabalho realizado pelo gás em joules. Dados: constante universal dos gases perfeitos $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{l/mol} \cdot \text{K}$; $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$.

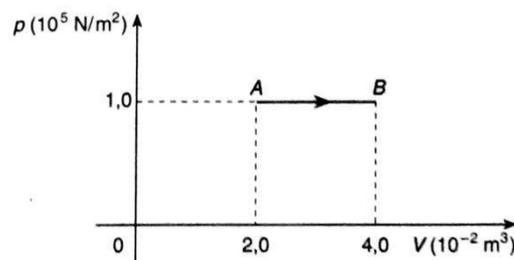
23 (Vunesp) Certa quantidade de um gás é mantida sob pressão constante dentro de um cilindro, com o auxílio de um êmbolo pesado, que pode deslizar livremente. O peso do êmbolo mais o peso da coluna de ar acima dele é de 400 N. Uma quantidade de calor de 280 J é então transferida lentamente para o gás. Nesse processo, o êmbolo se eleva de 0,2 m e a temperatura do gás aumenta de 20°C .



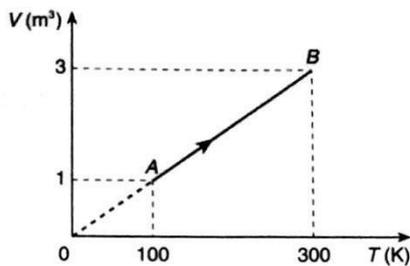
Nessas condições, determine:

- a) o trabalho realizado pelo gás;
b) a variação de energia interna sofrida pelo gás;
c) o calor específico do gás no processo, sabendo que sua massa é 1,4 g.

24 (UFRJ) A figura representa, num diagrama pV , a expansão de um gás ideal entre dois estados de equilíbrio termodinâmico A e B. A quantidade de calor cedida ao gás durante a expansão foi de $5,0 \cdot 10^3 \text{ J}$. Calcule a variação de energia interna do gás nessa expansão.



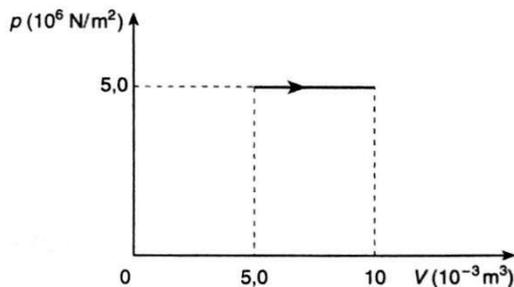
25 (U. Mackenzie-SP) Uma amostra de gás perfeito sofre uma transformação isobárica sob pressão de 60 N/m^2 , como ilustra o diagrama. Admita que, na transformação, o gás recebe uma quantidade de calor igual a 300 J.



Podemos afirmar que a variação de energia interna do gás é de:

- a) 120 J c) 200 J e) 420 J
b) 180 J d) 320 J

26 (Fuvest-SP) Um mol de um gás ideal dobra o seu volume num processo de aquecimento isobárico, conforme mostra a figura.



Calcule:

- a) o trabalho mecânico realizado pelo gás;
b) a variação de energia interna do gás nesse processo.
A constante universal dos gases perfeitos é $R = 8,3 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

27 No exercício anterior, determine:

- a) a quantidade de calor trocada pelo gás;
b) o calor molar do gás a pressão constante.

28 (U. F. Lavras-MG) Um gás ideal monoatômico, mantido a pressão constante, possui calor molar $C_p = \frac{5}{2} \cdot R$ ($R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ é a constante universal dos gases perfeitos). Colocamos um corpo de calor específico $c = 4,0 \text{ J/g} \cdot \text{K}$ e massa $m = 475 \text{ g}$ em contato com 5 mols desse gás, mantidos à pressão de 5.000 N/m^2 . Se as temperaturas iniciais do gás e do corpo são, respectivamente, 300 K e 500 K, determine:

- a) a temperatura de equilíbrio do sistema;
b) o trabalho realizado pelo gás.

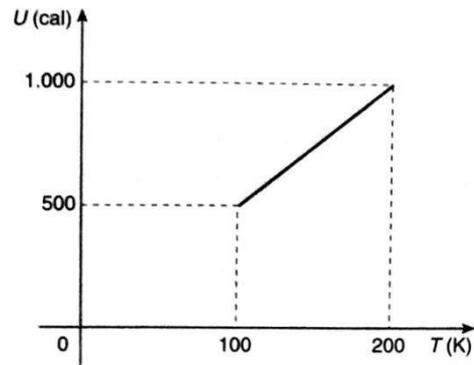
29 (UFCE) Uma garrafa hermeticamente fechada contém um litro de ar. Ao ser colocada na geladeira, onde a temperatura é de 3°C , o ar interno cedeu 10 calorias até entrar em equilíbrio térmico com o interior da geladeira. Desprezando-se a variação de volume da garrafa, a variação de energia interna desse gás foi:

- a) -13 cal c) -10 cal
b) 13 cal d) 10 cal

30 Um recipiente indeformável e indilatável contém 5 mols de um gás perfeito, cujo calor molar a volume constante é $12,46 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$. Esse gás é aquecido desde a temperatura inicial de 30°C até a temperatura de 280°C . Determine:

- a) a quantidade de calor que o gás recebe no processo;
b) o trabalho realizado na transformação;
c) a variação de energia interna do gás no processo.

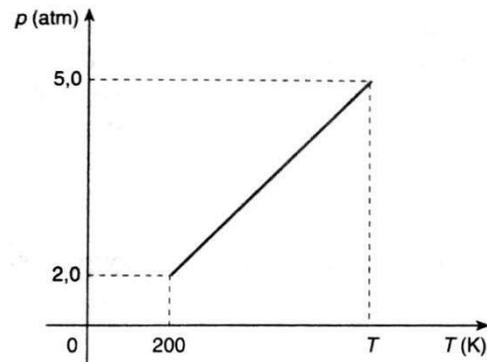
31 (U. Mackenzie-SP) Um mol de moléculas de oxigênio é mantido a volume constante, porém sua energia interna varia com a temperatura de acordo com o gráfico.



O calor molar a volume constante do oxigênio vale:

- a) $5,0 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$
b) $10 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$
c) $15 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$
d) $20 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$
e) $25 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$

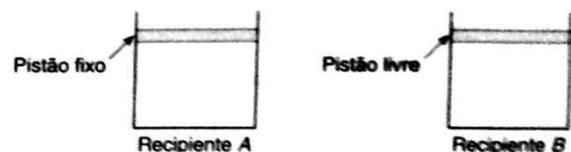
32 (FEI-SP) Um gás, constituído por 5,0 mols de moléculas, sofre uma transformação de acordo com o gráfico.



Sendo o calor molar a volume constante do gás $C_v = 5,0 \text{ cal/mol} \cdot \text{K}$, determine:

- a) o tipo de transformação sofrida pelo gás;
b) o calor trocado e a variação de energia interna sofrida pelo gás, nessa transformação.

33 (U. F. Viçosa-MG) A figura abaixo ilustra dois recipientes contendo quantidades idênticas de um mesmo gás ideal, à mesma temperatura inicial.



É então cedida a mesma quantidade de calor a ambos os gases. Durante esse processo, o gás do recipiente A é mantido a volume constante, enquanto o gás do recipiente B é mantido a pressão constante. São desprezíveis as perdas de calor de cada gás para a vizinhança. Sabendo-se que a energia interna de um gás ideal aumenta quando sua temperatura aumenta, é correto afirmar que, na situação acima:

- a) as temperaturas dos dois gases necessariamente aumentaram, nada se podendo dizer acerca de suas energias internas.
b) as temperaturas dos dois gases aumentaram, mas a energia interna de cada um diminuiu.
c) as temperaturas e as energias internas dos dois gases necessariamente aumentaram.

- d) a temperatura e a energia interna do gás do recipiente **B** aumentaram, mas a energia interna do gás do recipiente **A** pode não ter aumentado.
- e) a temperatura e a energia interna do gás do recipiente **A** aumentaram, mas a energia interna do gás do recipiente **B** pode não ter aumentado.

34 A temperatura de 6 mols de gás ideal sobe de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, num processo isocórico. Dado que o calor molar a pressão constante do gás é $20,75\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ e a constante universal dos gases perfeitos é $R = 8,3\text{ J/mol}\cdot\text{K}$, determine:

- a) a quantidade de calor recebida pelo gás no processo;
 b) o trabalho realizado nessa transformação;
 c) a variação de energia interna do gás no processo.

35 Retome o exercício anterior. Suponha agora que o mesmo gás sofra o mesmo aquecimento (de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) sob pressão constante. Determine:

- a) a quantidade de calor recebida pelo gás;
 b) a variação de energia interna do gás;
 c) o trabalho realizado pelo gás no processo.

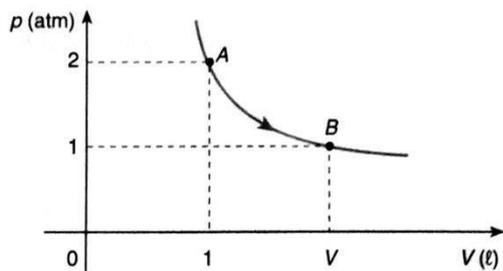
36 (U. F. Lavras-MG) Assinale a resposta correta: "É possível ceder calor a um gás sem que sua temperatura aumente?"

- a) Não, porque sempre que um corpo recebe calor sua temperatura aumenta.
 b) Não, porque o calor é uma forma de energia e sempre se conserva.
 c) Sim, porque o calor pode ser transformado em energia interna do gás.
 d) Sim, porque o calor pode resultar num aumento da agitação térmica das moléculas do gás.
 e) Sim. Basta que o gás realize trabalho igual ao calor que recebeu.

37 (Unimep-SP) Uma determinada massa gasosa sofre uma expansão isotérmica na qual o seu volume dobra de valor. Sabendo-se que o gás recebeu 400 J de energia na forma de calor, o trabalho realizado pelo gás vale:

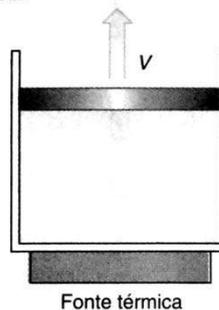
- a) 200 J b) 800 J c) 400 J d) zero e) 600 J

38 (Fuvest-SP) Um mol de moléculas de um gás ideal sofre uma transformação isotérmica reversível **AB**, mostrada na figura.

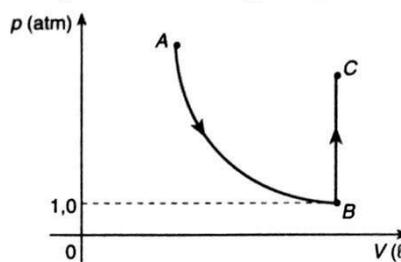


- a) Determine o volume V .
 b) Sabendo que o gás efetuou um trabalho igual a $5,7\text{ joules}$, qual a quantidade de calor que ele recebeu?

40 (UFGO) Um recipiente, em contato com uma fonte térmica, contém um gás ideal, confinado em seu interior devido à presença de um êmbolo que pode deslizar sem atrito, como mostra a figura. Calcule a quantidade de calor fornecida pela fonte, em um segundo, para que a temperatura do gás não se altere. Considere $g = 10\text{ m/s}^2$ e que o êmbolo, de massa igual a 2 kg , movimenta-se verticalmente para cima, com velocidade constante e igual a $0,4\text{ m/s}$.



41 (Unirio-RJ) Um gás, inicialmente a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, sofre a transformação **ABC** representada no diagrama p versus V da figura.

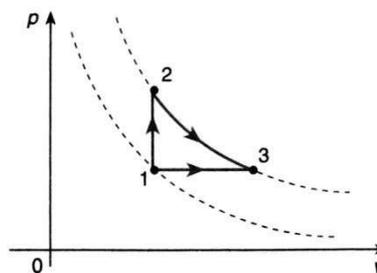


Sabendo-se que a transformação gasosa entre os estados **A** e **B** é isotérmica e entre **B** e **C** é isométrica, determine:

- a) a variação da energia interna na transformação isotérmica;
 b) a pressão do gás, em atm, quando ele se encontra no estado **C**, considerando que, nesse estado, o gás está à temperatura de $273\text{ }^{\circ}\text{C}$.

42 (U. F. Viçosa-MG) A seguir, são apresentadas algumas informações importantes acerca de processos termodinâmicos envolvendo um determinado gás ideal.

- A energia interna (U) do gás depende unicamente de sua temperatura absoluta (T).
- A variação de energia interna (ΔU) do gás pode ser dada por $\Delta U = Q - \mathcal{C}$, onde Q é a quantidade de calor absorvida (ou cedida) pelo gás e \mathcal{C} o trabalho realizado por ele (ou sobre ele).
- O trabalho realizado pelo gás ao se expandir é numericamente igual à área sob a curva no correspondente diagrama pressão versus volume.



Analisar agora a seguinte situação:

Um gás ideal de n mols encontra-se no estado termodinâmico 1. A partir desse estado, pode passar a um dos dois estados 2 ou 3, por transformação isovolumétrica ou isobárica, absorvendo do meio externo, respectivamente, 1.200 cal ou 2.000 cal. O diagrama ilustra essas transformações, bem como uma possível expansão isotérmica do gás entre os estados 2 e 3, ao longo de uma curva abaixo da qual a área corresponde a 1.100 cal.

Utilizando as informações e os dados fornecidos, complete os quadros em branco da tabela seguinte, apresentando os valores de Q , ζ e ΔU , correspondentes a cada uma das transformações citadas.

Transformação	Q (cal)	ζ (cal)	ΔU (cal)
Isovolumétrica (1 → 2)			
Isobárica (1 → 3)			
Isotérmica (2 → 3)			

43 Num processo de expansão adiabática, uma amostra de gás perfeito realiza um trabalho de 520 joules.

- Qual é a quantidade de calor trocada com o ambiente?
- Qual é a variação de energia interna sofrida pelo gás?
- Como se comportam temperatura, volume e pressão do gás durante o processo?

44 (UFRS) Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80 J, durante uma compressão adiabática?

- a) 80 J b) 40 J c) zero d) -40 J e) -80 J

45 (ITA-SP) Uma certa quantidade de gás expande-se adiabaticamente e quase-estaticamente, desde uma pressão inicial de 2,0 atm e volume de 2,0 l, na temperatura de 21 °C, até atingir o dobro de seu volume. Sabendo-se que, para esse gás,

$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 2,0$, calcule a pressão final e a temperatura final, expressa em graus Celsius.

46 (Unep-BA) Sobre Termodinâmica, pode-se afirmar:

- Segundo a primeira lei da Termodinâmica, quando um sistema passa de um estado para outro, sua energia interna permanece constante.
- Em um processo isocórico, a temperatura se mantém constante.
- Em um processo adiabático, nenhuma energia térmica é transferida entre o sistema e sua vizinhança, isto é, $\Delta U = -\zeta$ (ΔU é a variação de energia interna e ζ é o trabalho realizado no processo).
- A energia interna de uma substância é uma função do seu estado e geralmente diminui com o aumento da temperatura.

47 (UEPI) Leia com atenção as afirmativas seguintes e examine se obedecem à primeira lei da Termodinâmica.

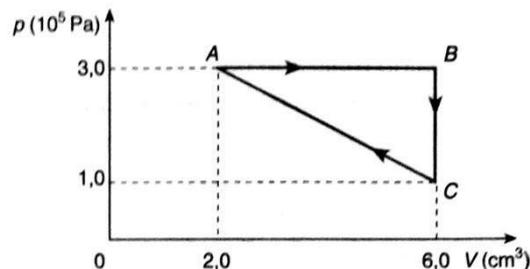
- Numa transformação isovolumétrica, não há realização de trabalho.
- Numa transformação isotérmica, não há variação da energia interna do sistema gasoso.
- Numa compressão adiabática, o sistema gasoso entrega calor ao meio externo.
- Numa transformação isotérmica, o calor absorvido pelo sistema gasoso é igual ao trabalho que ele realiza sobre o meio externo.

Assinale a alternativa correta:

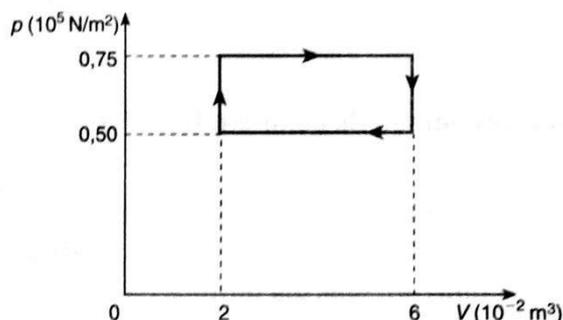
- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

48 (U. E. Londrina-PR) Uma dada massa de gás perfeito realiza uma transformação cíclica como está representado no gráfico p versus V da figura. O trabalho realizado pelo gás ao descrever o ciclo ABCA, em joules, vale:

- $3,0 \cdot 10^{-1}$
- $4,0 \cdot 10^{-1}$
- $6,0 \cdot 10^{-1}$
- $8,0 \cdot 10^{-1}$
- $9,0 \cdot 10^{-1}$



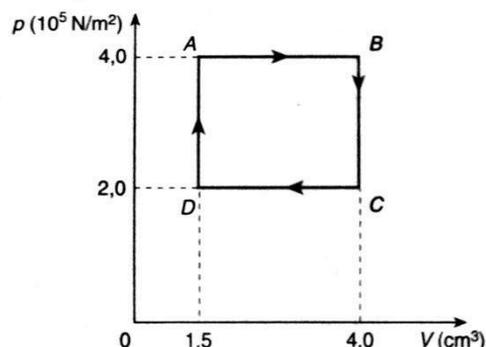
49 (UFRJ) A figura representa, num gráfico pressão versus volume, um ciclo de um gás ideal.



- Calcule o trabalho realizado pelo gás durante esse ciclo.
- Calcule a razão entre a mais alta e a mais baixa temperatura do gás (em kelvins), durante esse ciclo.

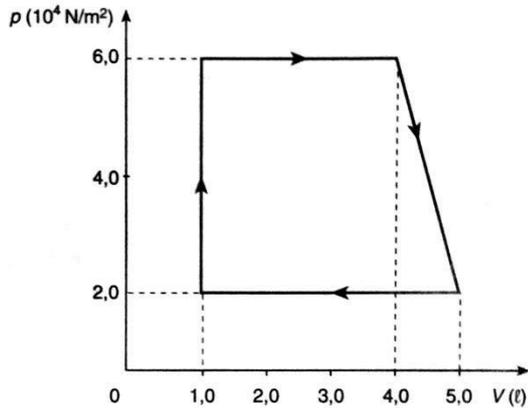
50 (IME-RJ) Um cilindro contém oxigênio à pressão de 2 atmosferas e ocupa um volume de 3 litros à temperatura de 300 K. O gás, cujo comportamento é considerado ideal, executa um ciclo termodinâmico através dos seguintes processos: Processo 1-2: aquecimento a pressão constante até 500 K. Processo 2-3: resfriamento a volume constante até 250 K. Processo 3-4: resfriamento a pressão constante até 150 K. Processo 4-1: aquecimento a volume constante até 300 K. Ilustre os processos em um diagrama pressão versus volume e determine o trabalho executado pelo gás, em joules, durante o ciclo descrito acima. Determine ainda o calor líquido produzido ao longo deste ciclo. Dado 1 atm = 10^5 Pa.

51 (Fuvest-SP) O diagrama pV da figura refere-se a um gás ideal passando por uma transformação cíclica através de um sistema cilindro-pistão.



- a) Qual o trabalho realizado pelo gás no processo AB ? E no ciclo $ABCD$?
 b) Em que ponto do ciclo a temperatura do gás é menor?

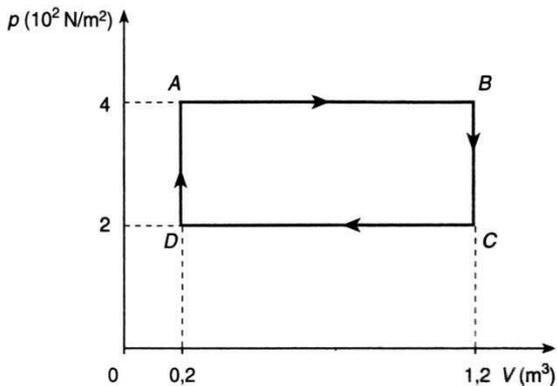
52 O gás perfeito contido num sistema cilindro-pistão realiza o ciclo representado na figura à razão de 180 vezes por minuto.



Determine:

- a) o trabalho realizado pelo gás cada vez que completa o ciclo;
 b) a quantidade de calor recebida do meio num intervalo de tempo de meia hora;
 c) a potência fornecida pelo gás expressa em watts.

53 (UFBA) Uma certa quantidade de gás ideal realiza o ciclo $ABCD$ representado na figura abaixo:



Nessas condições, pode-se concluir:

- (01) No percurso AB , o trabalho realizado pelo gás é igual a $4 \cdot 10^2$ J.
 (02) No percurso BC , o trabalho realizado é nulo.
 (04) No percurso CD , ocorre aumento de energia interna.
 (08) Ao completar cada ciclo, há conversão de calor em trabalho.
 (16) Utilizando-se esse ciclo em uma máquina, de modo que o gás realize quatro ciclos por segundo, a potência dessa máquina será igual a $8 \cdot 10^2$ W.

Dê como resposta a soma dos números que antecedem as afirmativas corretas.

Respostas:

1. e 2. 1 h 12 min 3. b
 4. d 5. a 6. a
 7. 7504 J; 12.490 J; 4.986 J
 8. 180,5 K; 4.500 J
 9. d 10. b 11. a 12. d
 13. 150 J 14. 3.500 J
 15. -1.400 J 16. e 17. c
 18. 2.000 J
 19. a) 12.465 J; b) 20.775 J
 20. a
 21. a) $2,0 \cdot 10^2$ J; b) 900 K
 22. 831 J
 23. a) 80 J; b) 200 J;
 c) 10^4 J/kg · K
 24. $3,0 \cdot 10^3$ J 25. b
 26. a) $2,5 \cdot 10^4$ J; b) $3,75 \cdot 10^2$ J
 27. $6,25 \cdot 10^4$ J; 20,76 J/mol · K
 28. a) 490 K; b) 7.894,5 J
 29. c
 30. a) 15.575 J; b) zero;
 c) 15.575 J
 31. a
 32. a) Isocórica, pois p é diretamente proporcional a T ;
 b) 7500 cal; 7500 cal
 33. c
 34. a) 5.976 J; b) zero;
 c) 5.976 J
 35. a) 9.960 J; b) 5.976 J;
 c) 3.984 J
 36. e 37. c
 38. a) 2 litros; b) 5,7 J
 39. a) 24,39 K; b) 300 J
 40. 8 J
 41. a) zero, pois T permanece constante;
 b) 2,0 atm
 42.
- | transformação | Q (cal) | τ (cal) | ΔU (cal) |
|---------------------|-----------|--------------|------------------|
| Isovolúmica (1 → 2) | 1.200 | zero | 1.200 |
| Isobárica (1 → 3) | 2.000 | 800 | 1.200 |
| Isotérmica (2 → 3) | 1.100 | 1.100 | zero |
43. a) zero; b) -520 J;
 c) T diminui; V aumenta; p diminui
 44. a
 45. 0,5 atm; -126 °C
 46. c
 47. d 48. b
 49. a) 10^3 J; b) 4,5
 50.
51. a) $\tau_{AB} = 1,0$ J; $\tau_{ABCD} = 5,0 \cdot 10^{-1}$ J;
 b) estado D
 52. a) 140 J; b) 756 kJ; c) 420 W
 53. 1 + 2 + 8 + 16 = 27

$$\textcircled{1} \quad M = 100 \text{ g}$$

$$W = 0,1 \text{ Joule (por volta)}$$

$$1 \text{ cal} = 4,19 \text{ J}$$

$$x \text{ cal} = 0,1 \text{ J} \Rightarrow x = \frac{0,1}{4,19} \Rightarrow x = 2,39 \times 10^{-2} \text{ cal por volta}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 100 \times 1,0 \times 1$$

$$Q = 100 \text{ cal (calor necessário)}$$

$$n = \# \text{ voltas} = \frac{100 \text{ cal}}{2,39 \times 10^{-2} \frac{\text{cal}}{\text{volta}}} \Rightarrow n_{\text{voltas}} \approx 4200 \text{ voltas}$$

$$\textcircled{2} \quad M = 0,500 \text{ g}$$

$$T_1 = 19^\circ \text{C}$$

$$H = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$30 \text{ sacudidas / min}$$

$$E = m \cdot g \cdot h \Rightarrow E = 0,5 \times 9,8 \times 0,25$$

$$E = 1,23 \text{ Joules por sacudida}$$

$$E = 1,23 \times 30 \Rightarrow E = 36,8 \text{ Joules / min} \therefore$$

$$P = \frac{36,8}{60} \Rightarrow P = 0,613 \text{ W}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q = 0,5 \times 1000 \times (100 - 19) \Rightarrow Q = 4,05 \times 10^4 \text{ cal}$$

$$Q = 4,05 \times 10^4 \times 4 = 1,62 \times 10^5 \text{ J}$$

② cont

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{1,62 \times 10^5}{0,613}$$

$$\Delta t = 2,64 \times 10^5 \text{ s} \Rightarrow \Delta t = 73,4 \text{ h} \quad 6 \text{ h } 24 \text{ min}$$

↪

③ $h = 10 \text{ m}$ $g = 10 \text{ m/s}^2$
 $T_1 = 30^\circ \text{C}$
 $c = 100 \text{ J/kg}^\circ \text{C}$

$$E = m \cdot g \cdot h \Rightarrow E = m \cdot 10 \cdot 10 = 100 m$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 100m = m \cdot 100 \cdot (T_2 - 30)$$

$$1 = T_2 - 30 \Rightarrow T_2 = 30 + 1 \Rightarrow T_2 = 31^\circ \text{C}$$

↪

④ $m_{\text{proj}} = 40 \text{ g} = 0,04 \text{ kg}$ $v = 4,0 \text{ m/s}$
 $m_{\text{mart}} = 1,0 \text{ kg}$ $\frac{1}{4} E_c$
 $c_{\text{ferro}} = 0,11 \text{ cal/g}^\circ \text{C}$ $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$
 $\Delta T = 5^\circ \text{C}$

$$E_{c_T} = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_{c_T} = \frac{1,0 \times 4,0^2}{2} \Rightarrow E_{c_T} = 8,0 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{8,0}{4} \Rightarrow E_c = 2,0 \text{ J} \Rightarrow \text{Energia por golpe}$$

1 cal = 4 J
cal

11

4) cont.

- Calor necessário p/ aquecer o prep

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 40 \times 0,11 \times 5 \Rightarrow Q = 22,0 \text{ cal}$$

$$Q = 22,0 \text{ cal} \times 4 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \Rightarrow Q = 88,0 \text{ J}$$

$$1 \text{ martelada} - 2,0 \text{ J}$$

$$x \quad \quad \quad - 88,0 \text{ J}$$

$$x = 44 \text{ marteladas}$$



5) $E_p = m \cdot g \cdot h$ (bloco) $1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

$$E_p = 10,0 \times 10 \times 10$$

$$E_p = 1000 \text{ J} \Rightarrow E_p = 1000 \text{ J} \times \frac{1 \text{ cal}}{4 \text{ J}}$$

$$E_p = 250 \text{ cal}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$250 = 200 \times 1 \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{250}{200} \Rightarrow \Delta T = 1,25^\circ \text{C}$$

$$\textcircled{6} \quad T_1 = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

$$U_1 = \frac{3}{2} n R T_1 \quad ; \quad \frac{3}{2} n R \Rightarrow \text{constante}$$

$$\therefore \text{sc} \quad U_2 = 2U_1$$

$$T_2 = 2T_1 \Rightarrow T_2 = 2 \times 273 = 546\text{K}$$

$$\textcircled{7} \quad n = 2 \text{ mols}$$

$$T_1 = 28^\circ\text{C} (301\text{K}) \rightarrow T_2 = 228^\circ\text{C} \therefore \Delta T = 200^\circ\text{C} \\ (501\text{K})$$

$$R = 8,31 \text{ J/molK}$$

$$\text{a) } U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T \Rightarrow U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 301$$

$$U = 7,50 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\text{b) } U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 501$$

$$U = 1,25 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\Delta U = 1,25 \times 10^4 - 7,50 \times 10^3 \Rightarrow \Delta U = 4,99 \times 10^3 \text{ J}$$

ou

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 200$$

$$\Delta U = 4,99 \times 10^3 \text{ J}$$

11

$$\textcircled{8} \quad P = 1,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad n = 2 \text{ mols}$$
$$V_1 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \quad \rightarrow \quad V_2 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$a) \quad PV_1 = nRT_1 \Rightarrow 1,5 \times 10^5 \times 2,0 \times 10^{-2} = 2 \times 8,31 \times T_1$$

$$T_1 = 181 \text{ K}$$

$$PV_2 = nRT_2 \Rightarrow 1,5 \times 10^5 \times 4,0 \times 10^{-2} = 2 \times 8,31 \times T_2$$

$$T_2 = 361 \text{ K}$$

$$\Delta T = 361 - 181 \Rightarrow \boxed{\Delta T = 180 \text{ K}}$$

$$b) \quad \Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 180$$

$$\Delta U = 4,49 \times 10^3 \text{ J}$$



$\textcircled{9}$

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

$$PV = nRT$$

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

$$(11) \quad U = \frac{3}{2} n R T \quad \therefore \quad U = \frac{3}{2} P V$$

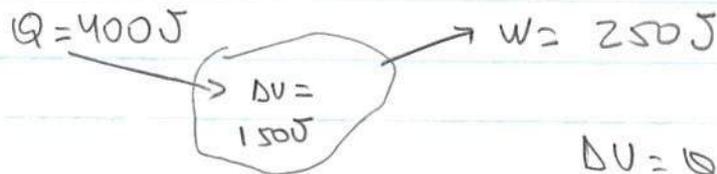
U só depende de T

$$U_1 = \frac{3}{2} n R T$$

$$U_2 = \frac{3}{2} n R 2T$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{2}$$

(13)



$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 400 - 250 = 150 \text{ J}$$

(14)

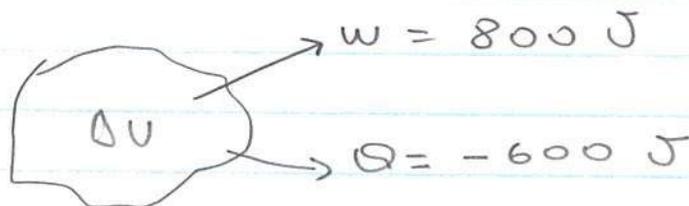


$$W = -1500 \text{ J (fornecido ao gás)}$$

$$\Delta U = 2000 - (-1500)$$

$$\Delta U = 3500 \text{ J}$$

(15)



$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = -600 - 800$$

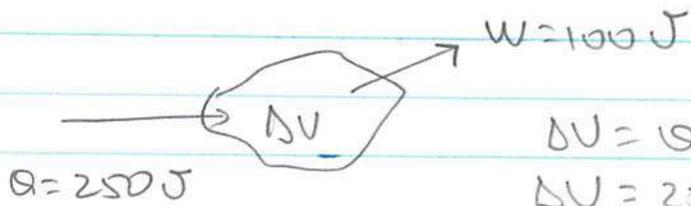
$$\Delta U = -1400 \text{ J}$$

$T_1 \quad T_2$

300

T_2

(16)



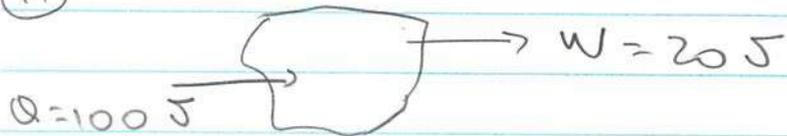
$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 250 - 100$$

$$\Delta U = 150 \text{ J}$$



(17)



$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 100 - 20 \Rightarrow \Delta U = 80 \text{ J}$$



$$(18) \quad 400 \text{ cal} = 1,67 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 1,67 \times 10^3 - (-328) \Rightarrow \Delta U = 2,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(19) \quad \Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$a) \quad \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 200 \Rightarrow \Delta U = 1,25 \times 10^4 \text{ J}$$

$$b) \quad \Delta U = Q - W \rightarrow Q = \Delta U + W$$

$$Q = 1,25 \times 10^4 + 8310 \text{ J} \Rightarrow Q = 2,08 \times 10^4 \text{ J}$$

$$(20) \quad W = P \cdot \Delta V$$
$$30 = P \cdot (5-2) \Rightarrow P = \frac{30}{3} \Rightarrow P = 10 \text{ N/m}^2$$

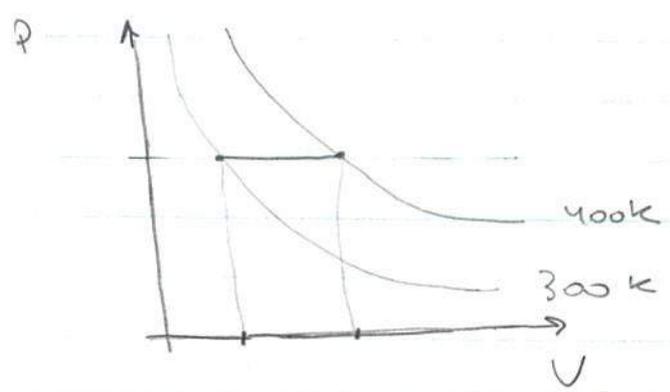
$$(21) \quad P_1 = 1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \quad P_2 = P_1 \quad W = ?$$
$$V_1 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad V_2 = 3V_1$$
$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K} \quad T_2 = ?$$

$$b) \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1,0 \times 10^{-3}}{300} = \frac{3,0 \times 10^{-3}}{T_2}$$

$$T_2 = 900 \text{ K}$$

$$a) \quad W = P \cdot \Delta V$$
$$W = 1,0 \times 10^5 \times (3,0 - 1,0) \times 10^{-3}$$
$$W = 2,0 \times 10^2 \text{ J}$$

22) $P = \text{const}$ $n = 1 \text{ mol}$
 $T_1 = 300 \text{ K}$ $T_2 = 400 \text{ K}$



$W = P \cdot \Delta V$, mas

$P \Delta V = n R \Delta T \Rightarrow W = n R \Delta T$

$W = 1 \times 8,31 \times 100 \Rightarrow W = 831 \text{ J}$

23) $P = \text{const}$ $F = 400 \text{ N}$
 $Q = 280 \text{ J}$ $\Delta x = 0,2 \text{ m}$ $\Delta T = 20^\circ \text{C}$

a) $W = F \cdot \Delta x \Rightarrow W = 400 \times 0,2 \Rightarrow W = 80 \text{ J}$

b) $\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = 280 - 80 \Rightarrow \Delta U = 200 \text{ J}$

c) $m = 1,4 \text{ g} \Rightarrow Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
 $280 = 1,4 \cdot c \cdot 20$
 $c = \frac{280}{28} \Rightarrow c = 10 \frac{\text{J}}{\text{gK}}$
 $c = 10^4 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$

$$(24) \quad Q = 5,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$W \text{ Area} \Rightarrow W = (4,0 - 2,0) \times 10^{-2} \times 1,0 \times 10^5$$

$$W = 2,0 \times 10^{-2} \times 1,0 \times 10^5 \Rightarrow W = 2,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = 5,0 \times 10^3 - 2,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U = 3,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$(25) \quad p_{cte} = 60 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 300 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 300 - 120$$

$$\Delta U = 180 \text{ J}$$

$$W = p \times \Delta V$$

$$W = 60 \times (3 - 1)$$

$$W = 120 \text{ J}$$

$$(26) \quad W = p \times \Delta V$$

$$W = 5,0 \times 10^6 \times (10 - 5) \times 10^{-3}$$

$$a) \quad W = 25 \times 10^3 \text{ J} \Rightarrow W = 2,5 \times 10^4 \text{ J}$$

$$b) \quad p \Delta V = n R \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{5,0 \times 10^6 \times 5,0 \times 10^{-3}}{1 \times 8,3}$$

$$\Delta T = 3,01 \times 10^3 \text{ K}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,3 \cdot 3,01 \times 10^3$$

$$\Delta U = 3,75 \times 10^4 \text{ J}$$

$$104(T - 300) + 1900(T - 500) = 0$$

$$104T - 3,12 \times 10^4 + 1900T - 9,50 \times 10^5 = 0$$

11

29) $\Delta U = Q - W$ $W = 0$
 $\Delta U = Q$ $Q = -10$ (ceded calor)
 $\Delta U = -10 \text{ cal}$

30) $n = 5 \text{ mols}$ $C_v = 12,46 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$
 $T_1 = 30^\circ\text{C}$ $T_2 = 280^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 250 \text{ K}$

a) $Q = n C_v \Delta T \Rightarrow Q = 5 \cdot 12,46 \cdot 250$

$Q = 1,56 \times 10^4 \text{ J}$

b) $W = 0$ pois $\Delta U = 0$

c) $\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = 1,56 \times 10^4 \text{ J}$

31) $n = 1 \text{ mol}$ $V = cV$
 $\Delta U = 500 \text{ cal}$ $\Delta T = 200$

$\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = Q_v - 0 \Rightarrow \Delta U = 500$

$Q = n C_v \Delta T \Rightarrow 500 = 1 \times C_v \times 200$

$C_v = 5 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$

32) $n = 5 \text{ mols}$ $C_V = 5,0 \text{ cal/molK}$

a) Pelo gráfico $\frac{P}{T} = \text{constante}$

De $PV = nRT \Rightarrow U = \underbrace{nR}_{\text{const.}} \underbrace{\frac{T}{P}}_{\text{cte}}$

portanto $U = \text{constante}$

Transformação é **isobárica**

b) $W = 0$ (Isobárica)

$Q = n C_V \Delta T \Rightarrow Q = 5 \times 5,0 \times 300$

$Q = 7500 \text{ cal}$ $\Delta U = Q \Rightarrow$ **$\Delta U = 7500 \text{ cal}$**

34) $n = 6 \text{ mols}$ $T_1 = -20^\circ\text{C} \Rightarrow T_2 = +60^\circ\text{C}$

$\Delta T = 60 - (-20) = 80 \Rightarrow \Delta T = 80 \text{ K}$; $C_P = 20,75 \text{ J/molK}$

Isóbarico $\Rightarrow R = C_P - C_V \Rightarrow 8,3 = 20,75 - C_V$

$C_V = 20,75 - 8,3 \Rightarrow C_V = 12,5 \text{ J/molK}$

a) $Q_V = n C_V \Delta T \Rightarrow Q_V = 6 \times 12,5 \times 80 \Rightarrow$ **$Q_V = 5,98 \times 10^3 \text{ J}$**

b) $\Delta U = 5,98 \times 10^3 \text{ J}$ c) $W = 0$

(35) Isobárica $C_p = 20,75 \text{ J/molK}$

a) $Q_p = n \cdot C_p \cdot \Delta T \Rightarrow Q_p = 6 \times 20,75 \times 80$

$$Q_p = 9,96 \times 10^3 \text{ J}$$

b) $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 6 \cdot 8,3 \cdot 80 \Rightarrow \Delta U = 5,98 \times 10^3 \text{ J}$$

c) $\Delta U = Q - W$

$$5,98 \times 10^3 = 9,96 \times 10^3 - W \Rightarrow W = 3,98 \times 10^3 \text{ J}$$

(37) $V_2 = 2V_1$ Isotérmica $\Rightarrow \Delta U = 0$

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow Q = W \therefore W = 400 \text{ J}$$

(38) $P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{2 \times 1}{1} = 2$

$$V_2 = 2 \text{ l}$$

Isotérmica $\Rightarrow \Delta U = 0 \quad 0 = Q - W$

$$Q = W \therefore Q = 5,7 \text{ J}$$

40) $m = 2 \text{ kg}$ $v = 0,4 \text{ m/s}$

$$P = m \cdot g \Rightarrow P = 2 \times 10 \Rightarrow P = 20 \text{ N}$$

$$P_{\text{ot}} = \frac{W}{\Delta t} ; W = F \times d \therefore P = \frac{F \times d}{\Delta t}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow P = F \times v \Rightarrow P = 20 \times 0,4$$

$$P = 8 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

41) a) Isotérmica $\Delta U = Q - W ; \Delta U = 0$

$$b) \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$P_1 = 1,0 \text{ atm}$$

$$T_1 = 0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$T_2 = 273 \text{ K} = 546 \text{ K}$$

$$P_2 = \frac{T_2 P_1}{T_1}$$

$$P_2 = \frac{546 \times 1,0}{273} \Rightarrow$$

$$P_2 = 2,0 \text{ atm}$$

42) $\Delta U = Q - W$

	Q	W	ΔU
Isovol. 1 → 2 (W=0)	1200 dato	0	1200
Isobárica 1-3	2000 dato	800*	1200
Isotérmica 2 → 3 ($\Delta U=0$)	1100	1100 dato	0

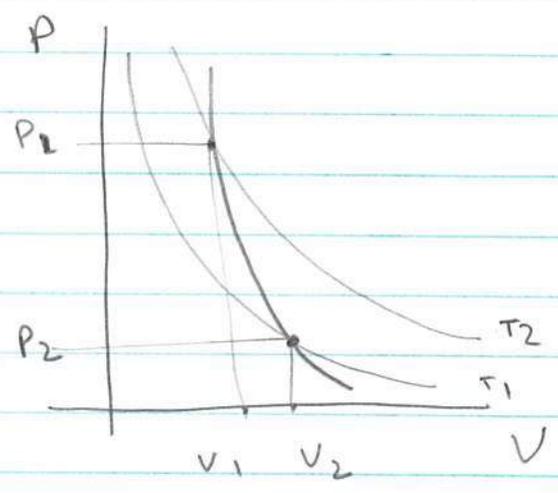
* $W = Q_p - Q_v \Rightarrow W = 2000 - 1200 = 800 J$

43) Adiabático $W = 520 J$

a) $Q = 0$

b) $\Delta U = W \Rightarrow \Delta U = 520 J$

c) Vol. aumenta ; T. disminui ; P disminui



44

$$\Delta U = Q - W$$

$$\Delta U = 0 - (-80) \Rightarrow \Delta U = 80$$

45

$$P_1 = 2 \text{ atm}$$

$$V_1 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 294 \text{ K}$$

$$V_2 = 4,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 2,0$$

$$a) P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow 2 \times (2,0 \times 10^{-3})^2 = P_2 \times (4,0 \times 10^{-3})^2$$

$$P_2 = \frac{8 \times 10^{-6}}{16 \times 10^{-6}} \Rightarrow P_2 = 0,5 \text{ atm}$$

$$b) T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \Rightarrow 294 \times (2,0 \times 10^{-3})^1 = T_2 (4,0 \times 10^{-3})^1$$

$$T_2 = 147 \text{ K}$$

$$\Rightarrow T_2 = -126^\circ\text{C}$$

ou

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{0,5 \times 4,0 \times 10^{-3} \times 294}{2 \times 2,0 \times 10^{-3}} \Rightarrow T_2 = 147 \text{ K}$$

48) $W \Rightarrow A$

$$A = \frac{4,0 \times 10^{-6} \times 2,0 \times 10^5}{2} \Rightarrow \boxed{W = 4,0 \times 10^1 \text{ J}}$$

4a) $W \Rightarrow A$

a) $A = 4 \times 10^{-2} \times 0,25 \times 10^5 = 1,0 \times 10^3$

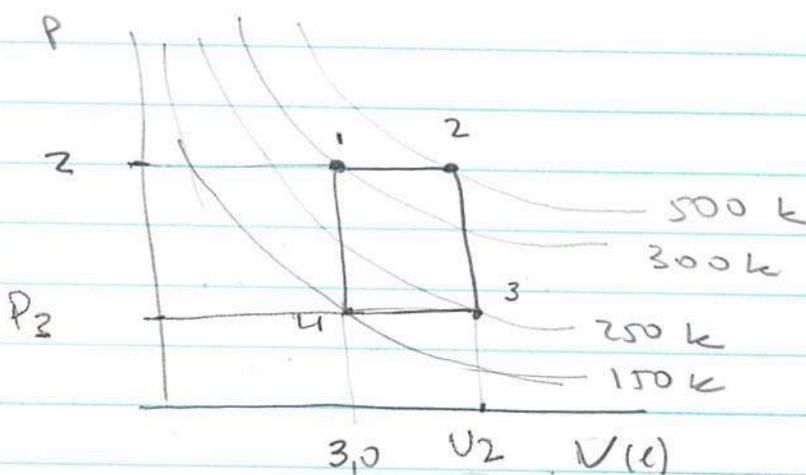
$$\boxed{W = 1,0 \times 10^3 \text{ J}}$$

b) $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$

$$\frac{0,5 \times 10^5}{T_1} \times 2,0 \times 10^{-2} = \frac{0,75 \times 10^5}{T_2} \times 6,0 \times 10^{-2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2,25}{0,5} \Rightarrow \boxed{\frac{T_2}{T_1} = 4,5}$$

50)



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{3}{300} = \frac{V_2}{500}$$

$$V_2 = 5 \text{ l}$$

5,0
 V_2

50 cont.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_3}{T_3} \Rightarrow \frac{2}{300} = \frac{P_3}{150} \Rightarrow P_3 = 1 \text{ atm}$$

a) $W \Rightarrow A$ $W = (5,0 - 3,0) \times 10^{-3} \times (2-1)$

$$W = 2,0 \times 10^{-3} \text{ J}$$

b) $\Delta U = Q - W$; $\Delta U = 0$ $Q = 2,0 \times 10^{-3} \text{ J}$

51 $W \Rightarrow A$

$$W = (4,0 - 1,5) \times 10^{-6} \times (4,0 - 2,0) \times 10^5$$

a) $W = 0,50 \text{ J}$ (total, A B C D)

em AB $\Rightarrow W = (4,0 - 1,5) \times 10^{-6} \times 4,0 \times 10^5$

$$W = 1,0 \text{ J}$$

b) Ponto D

$$\textcircled{52} \text{ a) } W = \frac{(5,0 - 1,0) + (4,0 - 1,0)}{2} \times 10^{-3} \cdot (6,0 - 2,0) \times 10^4$$

$$W = \frac{4,0 + 3,0}{2} \times 10^{-3} \cdot 4,0 \times 10^4$$

$$W = 3,5 \times 10^{-3} \times 4,0 \times 10^4$$

$$W = 140 \text{ J}$$

$$\text{b) } Q_{(30 \text{ min})} = 140 \times 180 \times 30 \Rightarrow Q = 7,56 \times 10^5 \text{ J}$$

$$\text{c) } P = \frac{140 \times 180}{60} \Rightarrow P = 420 \text{ W}$$



$$\textcircled{53} \text{ (1) } W_{AB} = 1,0 \times 4 \times 10^2 = 4,0 \times 10^2 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\text{(2) } \Delta U = 0 \therefore W = 0 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\text{(4) em CD, } T \text{ diminui} \therefore \Delta U \text{ diminui} \Rightarrow W > 0$$

$$\text{(8) } W_{AB} > W_{CD} \therefore W > 0 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\text{(16) } W = 1,0 \times 2,0 \times 10^2 = 2,0 \times 10^2$$

$$P = 2,0 \times 10^2 \times 4 = 8,0 \times 10^2 \frac{\text{J}}{\text{s}} \Rightarrow \text{OK}$$

$$1 + 2 + 8 + 16 = \underline{\underline{27}}$$