T.175 **Resposta:** a

Para a energia interna dos gases, temos:

$$U_1 = \frac{3}{2}nRT_1 \quad (1) \qquad U_2 = \frac{3}{2}nRT_2 \quad (2)$$

Dividindo (1) por (2), temos: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{T_1}{T_2}$

Sendo $T_1 = T$ e $T_2 = 2T$, vem:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{T}{2T} \Rightarrow \boxed{\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{2}}$$

T.176 **Resposta:** c

Como a transformação referida é isocórica ($\mathcal{T} = 0$), a variação de energia interna é dada por: $\Delta U = Q \Rightarrow \Delta U = 1.250$ J

Sendo $U = 12{,}5T$, então, $\Delta U = 12{,}5 \cdot \Delta T$. Logo:

$1.250 = 12{,}5 \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = 100$ K

Como $T_1 = 300$ K, vem:

$$\Delta T = T_2 - T_1 \Rightarrow 100 = T_2 - 300 \Rightarrow \boxed{T_2 = 400 \text{ K}}$$

T.177 **Resposta:** e

Como a temperatura aumenta, a energia interna aumenta ($\Delta U > 0$). Tendo em vista a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \mathcal{T}$, devemos ter $\boxed{Q > \mathcal{T}}$, isto é, o gás recebe uma quantidade de calor maior que o trabalho que realiza.

T.178 **Resposta:** a

$\Delta Q = 8 \text{ cal} \Rightarrow \Delta Q = 8 \cdot 4 \text{ J} \Rightarrow \Delta Q = 32$ J

O trabalho realizado pelo gás é dado numericamente pela área assinalada no gráfico: $\mathcal{T} = 4{,}0 \cdot (4{,}4 - 1{,}2) \Rightarrow \mathcal{T} = 12{,}8$ J

Pela primeira lei da Termodinâmica, vem:

$$\Delta U = \Delta Q - \mathcal{T} = 32 - 12{,}8 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 19{,}2 \text{ J}}$$

Observação

Considerando o gás perfeito monoatômico, a variação de energia interna pode ser calculada por:

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR \cdot \Delta T = \frac{3}{2}p \cdot \Delta V = \frac{3}{2}\mathcal{T} = \frac{3}{2} \cdot 12{,}8 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 19{,}2 \text{ J}}$$

T.179 **Resposta:** a

O processo é isobárico, sob pressão $p = 10$ N/m^2.

A variação de volume é:

$\Delta V = V_B - V_A \Rightarrow \Delta V = 8 - 2 \Rightarrow \Delta V = 6$ m^3

Então, o trabalho realizado pelo gás nessa expansão vale:

$$\mathcal{T} = p \cdot \Delta V = 10 \cdot 6 \Rightarrow \boxed{\mathcal{T} = 60 \text{ J}}$$

Considerando que o calor recebido nesse processo é $Q = 150$ J, vem:

$$\Delta U = Q - \mathcal{T} = 150 - 60 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 90 \text{ J}}$$

Observação

$$\Delta U = \frac{3}{2}\mathcal{T} = \frac{3}{2} \cdot 60 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 90 \text{ J}}$$

T.180 **Resposta:** b

Supondo que a pressão se mantenha constante, a temperatura do gás aumenta (ocorre aumento da energia interna) e o volume aumenta (o gás realiza trabalho na expansão).

T.181 **Resposta:** Soma = 15 (01 + 02 + 04 + 08)

(01) Correta.

AB: volume constante (isovolumétrica); *BC*: pressão constante (isobárica); *CD*: temperatura constante (isotérmica).

(02) Correta.

V e *T* diretamente proporcionais (transformação isobárica).

(04) Correta.

$\mathcal{T} = p \cdot \Delta V \Rightarrow \mathcal{T} \overset{N}{=} \text{Área}$

(08) Correta.

Na transformação isotérmica, $\Delta U = 0$; logo, $Q = \mathcal{T}$, que corresponde numericamente à área destacada no gráfico.

T.182 **Resposta:** a

A transformação BC é isocórica: $\mathcal{T}_{BC} = 0$

O trabalho total realizado pelo gás corresponde ao trabalho realizado na transformação isobárica AB: $\mathcal{T}_{ABC} = \mathcal{T}_{AB}$

Aplicando a equação de Clapeyron ao estado inicial A, vem: $pV_A = nRT_A$

Mas: $V_A = 0{,}1\ m^3$; $n = 1$ mol; $R = 2$ cal/mol $\cdot$ K; $T_A = 300$ K; logo:

$p \cdot 0{,}1 = 1 \cdot 2 \cdot 300 \Rightarrow p = 6.000\ cal/m^3$

Observe que a unidade em que a pressão é expressa deve-se às unidades da constante R.

A variação de volume é:

$\Delta V = V_B - V_A = 0{,}3 - 0{,}1 \Rightarrow \Delta V = 0{,}2\ m^3$

O trabalho realizado será dado por:

$\mathcal{T}_{AB} = p \cdot \Delta V = 6.000 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \mathcal{T}_{AB} = 1.200$ cal

Portanto: $\boxed{\mathcal{T}_{ABC} = 1.200\ \text{cal}}$

T.183 **Resposta:** d

Considerando a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \mathcal{T}$, a temperatura aumenta se $Q > \mathcal{T}$, pois haverá aumento da energia interna ($\Delta U > 0$). Ao contrário, a temperatura diminui se $Q < \mathcal{T}$, isto é, o trabalho realizado pelo gás é maior que o calor recebido, acarretando diminuição da energia interna ($\Delta U < 0$).

T.184 **Resposta:** e

Há uma expansão adiabática. Nesse processo, o volume aumenta e a pressão diminui. Proporcionalmente, porém, **a pressão diminui mais do que o volume aumenta**, pois, além do aumento da área sobre a qual as moléculas incidem, diminui o grau de agitação das moléculas, em virtude da diminuição da temperatura.

T.185 **Resposta:** d

Sendo adiabática a transformação, não há troca de calor ($Q = 0$). Então, de acordo com a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = -\mathcal{T}$. Comprimindo o gás, o trabalho é realizado sobre ele ($\mathcal{T} < 0$), o que acarreta um aumento da energia interna ($\Delta U > 0$) e, portanto, um aumento de temperatura.

Assim: I. Correta.
II. Correta.
III. Incorreta.

T.186 **Resposta:** a

Numa compressão adiabática, temos: $Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -\tau$

O trabalho realizado sobre o ar ($\tau < 0$) corresponde ao aumento de energia interna.

T.187 **Resposta:** c

Em I, o calor recebido é usado para o gás realizar trabalho (expansão) e aumentar a energia interna e, portanto, a temperatura. Em II, não há variação de volume e, portanto, o trabalho é nulo. Sendo assim, a quantidade de calor recebido presta-se **apenas** para aumentar a energia interna e, portanto, a temperatura.

Logo, a temperatura do gás aumenta mais na situação II do que na situação I.

T.188 **Resposta:** d

Como os estados inicial e final são os mesmos nos dois processos, as variações de energia interna são iguais: $\boxed{\Delta U_1 = \Delta U_2}$

O trabalho realizado no processo 1 é maior que o realizado no processo 2, pois a expansão é realizada sob maior pressão, para uma mesma variação de volume:

$\tau_1 = p_1 \cdot \Delta V$ e $\tau_2 = p_2 \cdot \Delta V$; como $p_1 > p_2$, vem: $\boxed{\tau_1 > \tau_2}$

Sendo a mesma variação de energia interna, é trocada maior quantidade de calor no processo 1:

$\Delta U = Q_1 - \tau_1 = Q_2 - \tau_2$; como $\tau_1 > \tau_2$, vem: $\boxed{Q_1 > Q_2}$

A alternativa incorreta é **d**, pois a energia interna dos gases é a mesma no ponto final.

T.189 **Resposta:** d

I. Correta.
O trabalho é maior na transformação **1** ($W_1 > W_2$), pois é realizado sob pressão mais alta (maior área).

II. Incorreta.
Como os estados inicial ***i*** e final ***f*** são os mesmos para os dois processos, a variação de energia interna é a mesma ($\Delta U_1 = \Delta U_2$). Portanto, o calor trocado é maior na transformação em que o trabalho é maior ($Q_1 > Q_2$).

III. Correta.

T.190 **Resposta:** Soma = 41 (01 + 08 + 32)

(01) Correta.

A transformação *AB* é isocórica. A temperatura absoluta do gás aumenta proporcionalmente com a pressão.

(02) Incorreta.

A transformação *BC* não é isotérmica, pois seria representada graficamente por uma hipérbole. Além disso, $p_B V_B \neq p_C V_C$ e, na isotérmica, esse produto se mantém constante.

(04) Incorreta.

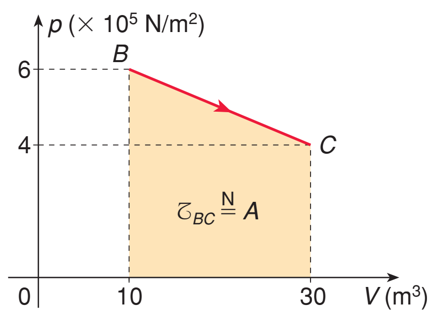
Numa compressão isobárica, o volume diminui e a temperatura absoluta do gás diminui na mesma proporção. Portanto, a energia interna do gás diminui ($\Delta U < 0$).

(08) Correta.

A área interna do ciclo corresponde numericamente ao trabalho realizado pela massa gasosa e à quantidade de calor trocada com o meio externo:

$$\mathcal{T} = Q = \frac{(30 - 10) \cdot (6 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5)}{2} \Rightarrow \boxed{Q = 2 \cdot 10^6 \text{ J}}$$

(16) Incorreta.



O trabalho $\mathcal{T}_{BC}$ realizado na expansão *BC* é dado numericamente pela área do trapézio (*A*) assinalado no gráfico ($\mathcal{T}_{BC} \overset{N}{=} A$):

$$\mathcal{T}_{BC} = \frac{(6 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^5)}{2} \cdot (30 - 10)$$

$$\boxed{\mathcal{T}_{BC} = 1 \cdot 10^7 \text{ J}}$$

(32) Correta.

Como a transformação *AB* é isocórica (volume constante), não há realização de trabalho: $\mathcal{T} = 0$. Portanto, há equivalência entre a variação de energia interna e a quantidade de calor trocada pelo gás: $\boxed{\Delta U = Q}$

T.191 **Resposta:** e

a) Incorreta.

Na transformação *AB* (isocórica), a pressão diminui e a temperatura absoluta diminui na mesma proporção.

b) Incorreta.

O ciclo *ABCA* é realizado no sentido anti-horário e, portanto, o trabalho realizado no processo é negativo.

c) Incorreta.

Na etapa *AB* o trabalho é nulo: $\boxed{\mathcal{T} = 0}$

d) Incorreta.

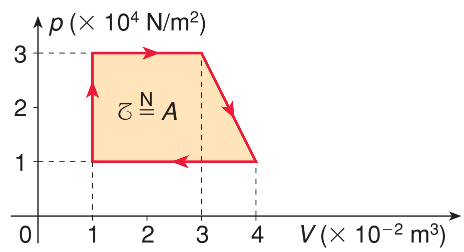
A transformação *CA* é isotérmica e, portanto, devemos ter pV = constante. Se $p = 3\ \text{N/m}^2$, teremos:

$$pV = p_C V_C \Rightarrow 3 \cdot V = 1 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{V = 4\ \text{m}^3}$$

e) Correta.

Na transformação *AB*, a temperatura diminui e, portanto, a energia interna da amostra diminui.

T.192 **Resposta:** b



O trabalho é dado numericamente pela área interna (*A*) do ciclo:

$$\mathcal{T} = \frac{(4-1) \cdot 10^{-2} + (3-1) \cdot 10^{-2}}{2} \cdot (3-1) \cdot 10^4$$

$$\boxed{\mathcal{T} = 5 \cdot 10^2\ \text{J} = 0{,}5\ \text{kJ}}$$

Em $\Delta t = 1$ s, temos: $\mathcal{T}_{total} = 20\mathcal{T} = 20 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \mathcal{T}_{total} = 10$ kJ

Como $Pot = \frac{\mathcal{T}_{total}}{\Delta t}$, vem: $Pot = \frac{10}{1} \Rightarrow \boxed{Pot = 10\ \text{kW}}$

T.193 **Resposta:** Soma = 22 (02 + 04 + 16)

(01) Incorreta.
Na compressão adiabática, a temperatura do gás aumenta e, portanto, sua energia interna aumenta.

(02) Correta.
Na expansão isotérmica, o gás recebe calor da fonte quente.

(04) Correta.
Na expansão adiabática, o gás realiza trabalho e, portanto, perde energia interna, sofrendo diminuição de temperatura.

(08) Incorreta.
Em qualquer processo isotérmico, a energia interna permanece constante.

(16) Correta.
Ao reiniciar o ciclo, o gás retorna às condições iniciais.

T.194 **Resposta:** a

I. Correta.
É rejeitada para a fonte fria a parte do calor recebido que não se converte em trabalho.

II. Incorreta.
No decorrer de um ciclo, a energia interna do vapor de água pode aumentar, diminuir ou manter-se constante em algum trecho (se a transformação for isotérmica). Portanto, *no decorrer* de um ciclo, a energia interna varia, embora seja a mesma no início e no fim do ciclo.

III. Incorreta.
Apenas uma parte do calor recebido da fonte quente se transforma em trabalho.

T.195 **Resposta:** c

I. Correta.
Trata-se de uma compressão adiabática.

II. Incorreta.
No processo isobárico $3 \rightarrow 4$ a temperatura diminui, pois o volume diminui.

III. Correta.
Trata-se de uma expansão adiabática.

IV. Incorreta.
No processo isobárico $1 \rightarrow 2$ a temperatura aumenta proporcionalmente ao aumento do volume.

T.196 **Resposta:** c

Segundo a afirmação de Carnot, não há aprimoramento técnico que possa fazer uma máquina térmica real ter rendimento maior que a máquina térmica ideal de Carnot.

T.197 **Resposta:** a

Em 1 s, o trabalho obtido na máquina é $\mathcal{T} = 200$ J. A quantidade de calor fornecida pela fonte quente, nesse mesmo intervalo de tempo, é: $Q_1 = 4 \times 100 \text{ J} = 400 \text{ J}$

Seu rendimento, nessas condições, seria:

$$\eta = \frac{\mathcal{T}}{Q_1} = \frac{200}{400} \Rightarrow \eta = 0{,}5 = 50\%$$

Entretanto, funcionando entre as temperaturas $T_1 = 600$ K e $T_2 = 400$ K, o máximo rendimento que poderia apresentar seria:

$$\eta_{\text{máx.}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{400}{600} \Rightarrow \eta = 1 - 0{,}67 \Rightarrow \boxed{\eta \simeq 0{,}33 = 33\%}$$

Portanto, esse feito contraria a segunda lei da Termodinâmica.

Observe que a primeira lei da Termodinâmica (princípio da conservação da energia) não é violada.

T.198 **Resposta:** e

A primeira lei da Termodinâmica corresponde ao princípio da conservação da energia. Assim, **a primeira lei não é violada** se o gás recebe 300 J de calor da fonte quente, produz 150 J de trabalho e rejeita 150 J de calor para a fonte fria.

Entretanto, essa máquina **viola a segunda lei** da Termodinâmica, pois apresenta um rendimento maior que o máximo possível, previsto pelo princípio de Carnot:

$$\eta = \frac{\mathcal{T}}{Q_1} = \frac{150}{300} \Rightarrow \eta = 0{,}5 = 50\%$$

$$\eta_{\text{máx.}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{400} = 1 - 0{,}75 \Rightarrow \eta_{\text{máx.}} = 0{,}25 = 25\%$$

T.199 **Resposta:** a

Sendo $Q_1 = 4{,}0 \cdot 10^5$ J a quantidade de calor fornecida pela fonte quente e $\mathcal{T} = 5{,}0 \cdot 10^4$ J $= 0{,}50 \cdot 10^5$ J o trabalho obtido, o rendimento da máquina do inventor seria:

$$\eta = \frac{\mathcal{T}}{Q_1} = \frac{0{,}50 \cdot 10^5}{4{,}0 \cdot 10^5} \Rightarrow \eta = 0{,}125 = 12{,}5\%$$

As temperaturas das fontes quente e fria, respectivamente, valem:

$T_1 = (227 + 273)$ K $= 500$ K; $T_2 = (177 + 273)$ K $= 450$ K

Assim, o rendimento máximo vale:

$$\eta_{\text{máx.}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{450}{500} \Rightarrow \eta_{\text{máx.}} = 0{,}10 = 10\%$$

Portanto, a referida máquina tem rendimento maior que o de uma máquina de Carnot, o que não é possível.

T.200 **Resposta:** e

Dado: $\eta = 0{,}3$ (ou seja, 30%)

De $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, vem:

$$0{,}3 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 0{,}7 \Rightarrow T_1 = \frac{T_2}{0{,}7}$$

Para $T_1' = 2T_1$, temos: $T_1' = 2 \cdot \frac{T_2}{0{,}7} \Rightarrow T_1' = \frac{T_2}{0{,}35}$

Portanto: $\eta' = 1 - \frac{T_2}{T_1'} \Rightarrow \eta' = 1 - \frac{T_2}{\left(\frac{T_2}{0{,}35}\right)} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \eta' = 1 - 0{,}35 \Rightarrow \boxed{\eta' = 0{,}65 = 65\%}$$

T.201 **Resposta:** d

Para ter rendimento igual a 1, a temperatura da fonte fria teria que ser igual ao zero absoluto ($T_2 = 0$ K), o que não é possível.

T.202 **Resposta:** c

As transformações naturais sempre acarretam um aumento da entropia do Universo.

T.203 **Resposta:** Soma = 25 (01 + 08 + 16)

(01) Correta.
Trata-se de uma compressão adiabática na qual é realizado um trabalho sobre o gás, acarretando aumento na energia interna ($Q = 0 \Rightarrow \Delta U = -\mathcal{T}$).

Como $\mathcal{T} < 0$, vem: $\boxed{\Delta U > 0}$

(02) Incorreta.
O ciclo de Carnot é composto de duas transformações isotérmicas alteradas com duas transformações adiabáticas.

(04) Incorreta.
O rendimento da máquina térmica depende das temperaturas da fonte quente e da fonte fria.

(08) Correta.
Resumidamente, o calor é removido da fonte fria pela vaporização do gás refrigerante e transferido à fonte quente por sua condensação.

(16) Correta.

T.204 **Resposta:** e

Com a quebra da lâmpada, ocorre uma expansão livre do ar (considerado um gás ideal). Nessas condições, podemos considerar que a transformação é adiabática ($Q = 0$) e que não há realização de trabalho ($\mathcal{T} = 0$), pois não houve resistências contra a expansão do ar. Pela primeira lei da Termodinâmica, a variação da energia interna também é nula ($\Delta U = 0$) e, portanto, a temperatura do gás permanece constante. A pressão do ar diminui, pois há aumento de volume. Como a transformação é irreversível, a entropia do sistema aumenta.

T.205 **Resposta:** a

Com a separação das moléculas mais velozes (de maior temperatura) e das moléculas mais lentas (de menor temperatura), torna-se impossível estabelecer o equilíbrio térmico da mistura.