

RESOLUÇÃO DO NÍVEL 1 E NÍVEL 2 DE TODAS AS AULAS DO CAPÍTULO 2

AULA-1 Estudo inicial da termologia

Nível 1

Resposta da questão 1:

[D]

Análise das afirmativas.

[1] **Falsa.** A condução térmica é o mecanismo de transferência de energia cinética das partículas (átomos e moléculas) devido à interação e colisão. Para que isso ocorra, é necessária a presença de um meio material (sólido, líquido ou gás). A condução não ocorre no vácuo, pois não há partículas para transmitir a energia por contato ou colisão.

[2] **Falsa.** A taxa de condução de calor ($\dot{Q}$), de acordo com a Lei de Fourier, é dada por: $\dot{Q} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{L}$

Onde:

$\dot{Q}$ é a taxa de condução de calor

k é a condutividade térmica do material;

A é a área da seção transversal;

L é o comprimento da barra;

ΔT é a diferença de temperatura entre as extremidades da barra.

Portanto, a taxa de condução de calor é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre as extremidades da barra.

[3] **Verdadeira.** A convecção é a transferência de calor que ocorre em fluidos (líquidos e gases) e envolve o transporte de energia pela movimentação da própria massa do fluido. Isso pode ser devido a diferenças de densidade (convecção natural) ou por um meio externo como uma bomba ou ventilador (convecção forçada).

[4] **Verdadeira.** A radiação térmica é a transferência de energia na forma de ondas eletromagnéticas (principalmente infravermelho). Como as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar, a radiação é o único mecanismo de transferência de calor que pode ocorrer no vácuo (exemplo: calor do Sol chegando à Terra). Ela também ocorre em meios materiais transparentes ou semitransparentes.

Alternativa correta: [D].

Resposta da questão 2:

[C]

A transferência de calor nos sólidos (material da panela) ocorre por condução. O vapor aquecido sobe por convecção, fenômeno que ocorre nos fluidos devido a diferença de densidades.

Resposta da questão 3:

[D]

[A] Falsa. Nos fluidos, o principal modo de transferência de calor é a convecção.

[B] Falsa. A convecção implica trocas de calor.

[C] Falsa. O contato térmico entre partes da garrafa aumenta as trocas de calor.

[D] Verdadeira. Mesmo com o sistema isolado, ainda é possível que haja variações de temperatura devido à irradiação.

[E] Falsa. A garrafa térmica minimiza as trocas de calor por condução, convecção e irradiação.

Resposta da questao 4:

[A]

A conversão entre temperaturas em Fahrenheit e Celsius é:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$
$$\theta_C = \frac{5(\theta_F - 32)}{9}$$

E a conversão entre temperaturas em Celsius e Kelvin é:

$$\theta_C = T - 273$$

Logo:

$$T - 273 = \frac{5(\theta_F - 32)}{9}$$
$$T = \frac{5\theta_F - 160}{9} + 273$$
$$T = \frac{5\theta_F - 160 + 2457}{9}$$
$$\therefore T = \frac{1}{9} \cdot (5\theta_F + 2297)$$

Resposta da questao 5:

[D]

Convertendo a temperatura dada para Celsius, obtemos:

$$\theta_C = \theta_F - 32 \Rightarrow \theta_C = 451 - 32 \Rightarrow \theta_C = 419 \therefore \theta_C \approx 232,7^\circ\text{C}$$

Resposta da questao 6:

[D]

A conversão entre as escalas de Celsius e Fahrenheit é dada por:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

Logo:

$$\frac{70}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$
$$5\theta_F - 160 = 630$$
$$5\theta_F = 790$$
$$\therefore \theta_F = 158^\circ\text{F}$$

Resposta da questao 7:

[C]

Embora os materiais possuam diferentes condutibilidades térmicas, por estarem em contato por um longo tempo dentro da geladeira, eles deviam estar à mesma temperatura. Ou seja, a dedução da pessoa está incorreta.

Resposta da questao 8:

[B]

Análise das afirmativas.

[I] **Verdadeira.** Para o gelo derreter é necessário que ele receba calor do meio ambiente, ou seja, o meio cede calor para o gelo, pois o calor é energia em trânsito de um corpo com maior temperatura para um corpo com menor temperatura. Neste contexto, como o gelo está derretendo, significa que o meio externo tenha uma temperatura mais alta que o gelo.

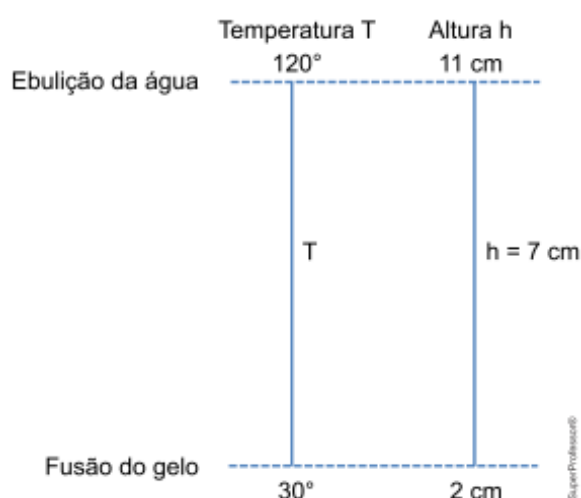
[II] **Falsa.** Nas mudanças de fase de substâncias puras assim como a água, a temperatura permanece constante. Assim, ao nível do mar, o gelo derrete a 0°C para pressão atmosférica normal, ou seja, a água do derretimento do gelo continua com a mesma temperatura de fusão do gelo até que todo o gelo derreta.

[III] **Verdadeira.** Quanto maior a temperatura externa, maior a taxa de transferência de calor e, por consequência, menor o tempo necessário para derreter uma quantidade fixa de gelo.

Resposta da questao 9:

[A]

Fazendo-se a regressão linear entre a escala termométrica atribuída pelo estudante e as alturas da coluna de mercúrio, tem-se a seguinte relação:



$$\frac{T - 30^{\circ}}{120^{\circ} - 30^{\circ}} = \frac{7\text{cm} - 2\text{cm}}{11\text{cm} - 2\text{cm}} \Rightarrow \frac{T - 30^{\circ}}{90^{\circ}} = \frac{5\text{cm}}{9\text{cm}} \Rightarrow$$

$$T - 30^{\circ} \cdot 90^{\circ} = 5\text{cm} \cdot 9\text{cm} \Rightarrow T - 30^{\circ} = 50^{\circ} \therefore T = 80^{\circ}$$

Resposta da questao 10:

[D]

A relação reduzida entre as escalas Celsius (C) e Fahrenheit (F) é dada abaixo:

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

Assim, para 43°C , tem-se:

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{43}{5} \Rightarrow F = 9 \cdot 8,6 + 32 \therefore F = 109,4^{\circ}\text{F}$$

Resposta da questao 11:

[A]

Utilizando a equação de Fourier, obtemos:

$$\Phi = \frac{kA\Delta\theta}{L} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 100 \cdot (25 - 8)}{10}$$

$$\therefore \Phi = 3,4 \text{ cal/s}$$

Resposta da questao 12:

[C]

Da equação de conversão entre as duas escalas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow T_F = 9 \cdot \left(\frac{36,5}{5}\right) + 32 = T_F = 9 \cdot 7,3 + 32 \Rightarrow T_F = 97,7^\circ\text{F}$$

Resposta da questao 13:

[D]

Fluxo de calor através da barra:

$$\Phi = \frac{kA\Delta\theta}{L}$$

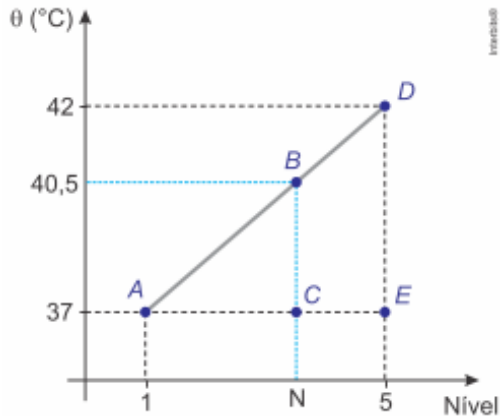
$$\Phi = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot (100 - 0)}{100}$$

$$\Phi = 2,5 \text{ cal/s}$$

Resposta da questao 14:

[A]

O gráfico apresenta a correspondência de valores.



Semelhança de Triângulos:

$$\Delta ABC \approx \Delta ADE \Rightarrow \frac{N - 1}{40,5 - 37} = \frac{5 - 1}{42 - 37} \Rightarrow \frac{N - 1}{3,5} = \frac{4}{5} \Rightarrow N = 0,8 \times 3,5 + 1 \Rightarrow N = 3,8$$

Resposta da questao 15:

[C]

A retirada de ar do recipiente dificulta os processos de condução e convecção. Assim a transferência de calor ocorre predominantemente por irradiação, alterando a temperatura dos corpos.

Resposta da questao 16:

[E]

Intuitivamente, quanto menor a condutividade térmica, mais lenta é a perda de calor para o meio externo. Analisando a tabela dada, o material de menor condutividade térmica é a cerâmica.

Resposta da questao 17:

[A]

Da equação de conversão entre as duas escalas mencionadas:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{41 - 32}{9} \Rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{9}{9} \Rightarrow T_C = 5^\circ\text{C}$$

Resposta da questao 18:

[D]

[I] **Incorreta.** As paredes da garrafa térmica são praticamente **isolantes**, de forma a reduzir, consideravelmente, as trocas de calor entre o conteúdo e o meio externo.

[II] **Correta.** Espelho reflete ondas eletromagnéticas

[III] **Correta.** A transferência de calor por condução se dá através das partículas do meio

[IV] **Correta.** Fechando bem a tampa da garrafa impede-se a subida e descida das massas fluidas quentes e frias.

Resposta da questao 19:

[E]

$$\begin{aligned} \frac{T_A - T_{A1}}{T_{A2} - T_{A1}} &= \frac{T_B - T_{B1}}{T_{B2} - T_{B1}} \Rightarrow \frac{T_A - 0}{100 - 0} = \frac{T_B - 10}{30 - 10} \Rightarrow \\ \frac{T_A}{100} &= \frac{T_B - 10}{20} \Rightarrow \\ T_A &= 5T_B - 50. \end{aligned}$$

Resposta da questao 20:

[B]

A convecção, ao contrário da radiação, necessita de um meio em que haja movimentação de fluidos para ocorrer. Como a Lua não apresenta uma atmosfera (e sim vácuo), se dá a impossibilidade da ocorrência de convecção.

Resposta da questao 21:

[A]

A transformação de escalas de temperatura em Fahrenheit (F) para Celsius (C) é dada pela proporção:

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

Assim, substituindo o valor da temperatura em Fahrenheit para o congelamento do álcool, temos:

$$\frac{C}{5} = \frac{-175 - 32}{9} \Rightarrow C = \frac{5 \cdot (-207)}{9} \therefore C = -115^\circ\text{C}$$

Resposta da questao 22:

[B]

No misturador, há a transferência de calor da água quente para a fria devido a trocas por convecção. E, dado que existem falhas no isolamento térmico dos canos, há perda de energia térmica da mistura para o meio externo.

Resposta da questao 23:

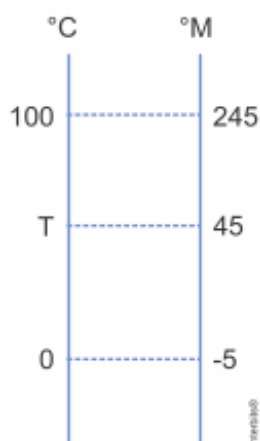
[D]

O fluxo de calor é dado pela lei de Fourier: $\phi = K \frac{A \Delta \theta}{e}$; então, o fluxo é diretamente proporcional à área de contato entre o corpo e as pedras.

Resposta da questao 24:

[B]

Do gráfico extraímos o diagrama abaixo e, realizando a interpolação linear, determinamos a temperatura na escala Celsius que corresponde a $45^{\circ}M$.



$$\frac{T - 0}{100 - 0} = \frac{45 - (-5)}{245 - (-5)} \Rightarrow T = \frac{50 \cdot 100}{250} \therefore T = 20^{\circ}C$$

Resposta da questao 25:

[A]

O metal é um excelente condutor de calor enquanto o plástico é péssimo. Assim, o calor do corpo do indivíduo flui mais rápido pelo metal que pelo plástico, dando a sensação térmica de frio para a mão que segura o metal. Materiais com baixo calor específico como os metais tem facilidade na condução de calor por aquecerem e resfriarem mais rápido em relação a materiais com alto calor específico. Já materiais com alto calor específico aquecem e resfriam mais lentamente, como no caso do plástico e da própria água dos mares, lagos e rios, que por essa característica ajudam a manter o planeta Terra com uma variação de temperatura agradável.

Resposta da questao 26:

[C]

A escala Celsius quando comparada a escala Fahrenheit te a seguinte relação entre as variações de temperatura:

Cada variação de $1^{\circ}C$ representa $1,8^{\circ}F$.

$$\Delta^{\circ}F = (22 - 9) \cdot 1,8 = 13 \cdot 1,8 \therefore \Delta^{\circ}F = 23,4^{\circ}F$$

Assim, para a variação de $13^{\circ}C$ informada no enunciado a variação na escala Fahrenheit é de $23,4^{\circ}F$.

Resposta da questao 27:

[C]

Como o metal apresenta maior condutividade térmica que a madeira, ele absorve calor mais rapidamente da mão da pessoa, ocorrendo maior fluxo de calor para o metal do que para a madeira. Isso dá à pessoa a sensação térmica de que o metal está mais frio.

Resposta da questao 28:

[B]

A temperatura máxima que a sonda pode se aproximar em graus Celsius é:

$$T_c = T_k - 273 \Rightarrow T_c = 1773 - 273 \Rightarrow T_c = 1500$$

A sonda ainda pode se aproximar:

$$\begin{aligned} 1^\circ C & 1.500km \\ 500^\circ C & X \\ x & = 750.000km \end{aligned}$$

Como ela já se aproximou $6.000.000km$, logo:

$$6.000.000 - 750.000 = 5.250.000km$$

Resposta da questao 29:

[E]

O jornal (papel) é um mau condutor térmico, ou seja, um bom isolante térmico. Diante disto, para evitar a troca de calor entre o ambiente externo e o sistema proposto, o ideal é montar o sistema com o jornal no topo, funcionando como uma tampa.

Como o ar frio é mais denso do que o ar quente e consequentemente ficará concentrado no fundo do isopor, o gelo deve ficar por cima do refrigerante.

Logo, resposta correta é a alternativa [E].

Resposta da questao 30:

[C]

O processador e as placas difusoras estão em contato, portanto a transmissão do calor se dá por condução.

Nível 2

Resposta da questao 1:

[C]

Varição média das temperaturas das décadas 1901-1910 e 2001-2010 em Fahrenheit:

$$\begin{aligned} \frac{\theta_c}{5} &= \frac{\theta_F - 32}{9} \\ \frac{13,59}{5} &= \frac{\theta_F^j - 32}{9} \Rightarrow \theta_F^j = 56,462^\circ F \\ \frac{14,47}{5} &= \frac{\theta_F^f - 32}{9} \Rightarrow \theta_F^f = 58,046^\circ F \end{aligned}$$

Portanto, a variação total em Fahrenheit foi de:

$$58,046^{\circ}F - 56,462^{\circ}F = 1,584^{\circ}F \approx 1,58^{\circ}F$$

Resposta da questao 2:

[D]

Como a temperatura em Celsius é cinco vezes maior que a Fahrenheit, tem-se:

$$\theta_C = 5\theta_F$$

Para obter-se a resposta em escala Celsius substitui-se a temperatura em Fahrenheit por:

$$\theta_F = \frac{\theta_C}{5}$$

Assim, tem-se:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \quad \theta_F = \frac{\theta_C}{5} \rightarrow$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\frac{\theta_C}{5} - 32}{9} \Rightarrow 9\theta_C = 5\left(\frac{\theta_C}{5} - 32\right) \Rightarrow$$

$$9\theta_C = \theta_C - 160 \Rightarrow 8\theta_C = -160 \therefore \theta_C = -20^{\circ}C$$

Resposta da questao 3:

[B]

Análise das afirmativas.

[I] **Verdadeira.** Essa afirmação está de acordo com o consenso científico. O aumento da concentração de gases de efeito estufa, como CO₂ e CH₄, resulta principalmente da queima de combustíveis fósseis e do desmatamento, que reduz a capacidade da Terra de absorver CO₂.

[II] **Falsa.** Os gases de efeito estufa bloqueiam a radiação infravermelha (IR), que é emitida pela Terra após a absorção da radiação solar. A radiação ultravioleta (UV) é, em grande parte, filtrada pela camada de ozônio, e não é o principal foco dos gases de efeito estufa.

[III] **Verdadeira.** Nos desertos, a umidade do ar é muito baixa. Como o vapor d'água é um gás de efeito estufa importante, sua ausência reduz o efeito estufa local, permitindo que o calor escape rapidamente durante a noite, causando grandes variações de temperatura.

[IV] **Verdadeira.** O dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄) são os gases com maior contribuição ao aquecimento global, devido tanto à sua abundância (CO₂) quanto ao seu potencial de aquecimento global (CH₄ é muito mais potente que o CO₂ em menor quantidade).

Resposta da questao 4:

[A]

Se a bomba I parar de funcionar, haveria um aquecimento do reator da usina, pois a água do circuito primário deixaria de circular adequadamente e o calor produzido pela fissão não seria removido do reator, fazendo com que ocorresse um acúmulo de energia térmica no núcleo do reator, o que elevaria a sua temperatura.

Resposta da questao 5:

[A]

Coeficiente angular (taxa de variação) das semirretas:

$$m_{y_1} = \frac{50 - 10}{20 - 0} = 2$$
$$m_{y_2} = \frac{30 - 10}{40 - 0} = \frac{1}{2}$$

Tempo decorrido para um aumento de 20 °C da temperatura y_1 :

$$2 = \frac{20}{\Delta t}$$
$$\Delta t = 10s$$

Nesse mesmo intervalo de tempo, a temperatura y_2 sofre um aumento de:

$$\frac{1}{2} = \frac{\Delta y_2}{10}$$
$$\therefore \Delta y_2 = 5^\circ C$$

Resposta da questao 6:

[E]

Temperaturas em Celsius:

$$\frac{\theta_1}{5} = \frac{40 - 32}{9} \Rightarrow \theta_1 = \frac{40}{9}^\circ C$$
$$\frac{\theta_2}{5} = \frac{4 - 32}{9} \Rightarrow \theta_2 = -\frac{140}{9}^\circ C$$

Igualando os fluxos, podemos determinar a temperatura θ entre os dois condutores:

$$\frac{\phi_1 = \phi_2}{\frac{(\theta - \theta_1)k_1 A}{L_1} = \frac{(\theta_2 - \theta)k_2 A}{L_2}}$$
$$\frac{\left(\theta - \frac{40}{9}\right) \cdot 0,1}{0,1} = \frac{\left(-\frac{140}{9} - \theta\right) \cdot 0,2}{0,04}$$
$$\theta - \frac{40}{9} = -\frac{700}{9} - 5\theta$$
$$6\theta = -\frac{660}{9}$$
$$\theta = -\frac{110}{9}^\circ C$$

Logo:

$$\phi = \frac{(\theta - \theta_1)k_1 A}{L_1} = \frac{\left(-\frac{110}{9} - \frac{40}{9}\right) \cdot 0,1 \cdot 3}{0,1}$$
$$\therefore \phi = 5 \cdot 10^1 W$$

AULA-2 calor e seus fenômenos

Nível I

Resposta da questao 1:

[D]

Coeficiente de dilatação linear do bronze é maior que o do ferro, portanto a lâmina de bronze fica com comprimento maior, vergando como mostrado na alternativa [D].

Resposta da questao 2:

[E]

Enchendo o copo A com água gelada ele sofre contração e mergulhando o copo B em água quente ele sofre dilatação, criando uma folga entre eles, possibilitando a separação.

Resposta da questao 3:

[D]

Nos dias frios, o comprimento dos fios diminui devido à contração térmica, daí a necessidade de deixar uma folga entre cada duas torres, o que forma a barriga.

Resposta da questao 4:

[A]

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

A água dos oceanos possui elevado calor específico, o que faz com que a absorção e distribuição de energia proveniente dos raios solares se dê de forma menos ágil, o que acaba por minimizar as amplitudes térmicas de regiões litorâneas.

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Geografia]

Nas áreas litorâneas, o clima sofre o efeito da maritimidade que influi bastante na temperatura e na umidade. Durante o dia, a brisa marinha se desloca da atmosfera sobre o oceano (ar resfriado e com alta pressão) para a atmosfera sobre o continente (ar aquecido e com baixa pressão). Durante a noite, a direção da brisa se inverte, do continente para o oceano. A troca de massas de ar equilibra a temperatura, diminuindo a amplitude térmica diária e anual. As áreas litorâneas também apresentam menor altitude, que consiste em outro fator que torna os invernos menos rigorosos. Os invernos são mais rigorosos nas áreas submetidas à continentalidade.

Resposta da questao 5:

[B]

Como o coeficiente de dilatação do alumínio é maior que o coeficiente de dilatação do aço, logo o alumínio irá se dilatar mais que o aço.

Resposta da questao 6:

[E]

$$\Delta v = L_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta}{L_0 \Delta T} = \frac{801 - 800}{800(110 - 100)} = \frac{1}{80.000} = 0,125 \times 10^{-4} \Rightarrow$$
$$\alpha = 1,25 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Resposta da questao 7:

[A]

A jarra preta é melhor absorvedora e melhor emissora que a jarra branca, por isso ela aquece mais rápido e resfria mais rápido que a outra.

Resposta da questao 8:

[C]

A curvatura da lâmina se dá devido aos diferentes coeficientes de dilatação dos metais que compõem a lâmina.

Resposta da questao 9:

[D]

A dilatação linear é dada pela expressão:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Onde:

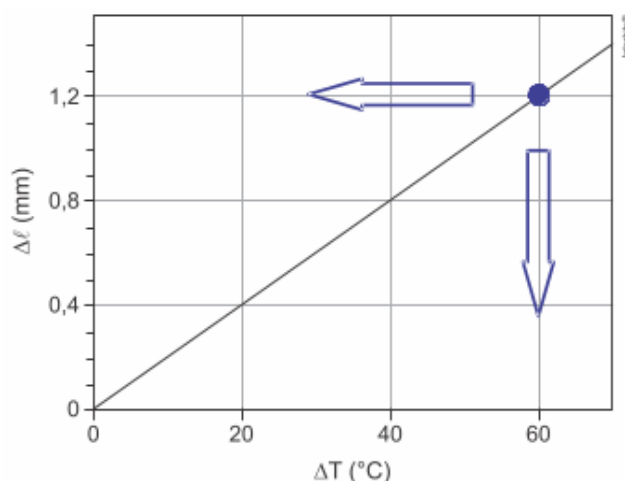
ΔL = dilatação linear em metros;

L_0 = Comprimento inicial em metros;

α = Coeficiente de dilatação linear em $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

ΔT = Variação da temperatura em $^{\circ}\text{C}$.

Do gráfico dado, escolhemos um ponto:



Juntando a expressão da dilatação linear ΔL com os dados fornecidos pelo enunciado e pelo gráfico, temos:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} \Rightarrow \alpha = \frac{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ m} \cdot 60^{\circ}\text{C}} \therefore \alpha = 20 \cdot 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$$

Resposta da questao 10:

[D]

Da expressão da dilatação superficial dos sólidos:

$$\Delta A = A_0 2\alpha \Delta T \Rightarrow \Delta A = 5 \cdot 2 \cdot 1,2 \times 10^{-5} (50 - (-10)) \Rightarrow \Delta A = 7,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Resposta da questao 11:

[B]

$$\Delta v = L_0 \alpha \Delta \theta = 20 \times 12 \times 10^{-6} \times 50 \Rightarrow \Delta v = 1,2 \times 10^{-2} \text{ m}.$$

Resposta da questao 12:

[D]

A madeira tem condutividade térmica menor do que a cerâmica. Estando à temperatura menor que os nossos pés, o calor flui mais lentamente para a madeira, causando-nos a sensação térmica de estar menos frio.

Resposta da questao 13:

[B]

Utilizando a fórmula da dilatação linear, chegamos a:

$$\begin{aligned}\Delta &= L_0 \alpha \Delta T \\ 2 \cdot 10^{-3} L_0 &= L_0 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot \Delta T \\ \therefore \Delta T &= 400^\circ C\end{aligned}$$

Resposta da questao 14:

[C]

A questão confunde Calor Específico de um material ou substância com Capacidade Térmica de um corpo. Estruturas de um mesmo material terão capacidades térmicas altas ou baixas dependendo de suas massas. A opção C ficaria melhor se fosse:

c) pavimentada com material de **alto calor específico**, pois...

Resposta da questao 15:

[C]

Aplicação direta de fórmula.

$$\Delta \ell = \ell_0 \alpha \Delta \theta = 30 \times 11 \times 10^{-6} \times (40 - 10) = 99 \times 10^{-4} m$$

Resposta da questao 16:

[D]

O metal, em relação à madeira, apresenta maior condutividade térmica, ou seja, conduz calor com maior eficiência. Já, a madeira funciona como uma “espécie de isolante térmico” devido a sua baixa condutibilidade térmica.

Resposta da questao 17:

[B]

Aplicação direta de fórmula.

$$\Delta \ell = \ell_0 \alpha \Delta \theta \rightarrow \Delta t = 100 \times 1,2 \times 10^{-5} \times 20 = 0,024 m = 2,4 cm$$

Resposta da questao 18:

[E]

$DA = A_0 2\alpha \Delta T$. Como o alumínio apresenta o dobro do coeficiente de dilatação em relação ao concreto, sua dilatação superficial também é o dobro.

Resposta da questao 19:

[B]

Resposta da questao 20:

[E]

A dilatação volumétrica da gasolina, nestas condições será:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T = 40L \cdot 1,2 \times 10^{-3} (^{\circ}C)^{-1} \cdot 20^{\circ}C \therefore \Delta V = 0,96L$$

Assim, o volume final ao meio dia é:

$$V = V_0 + \Delta V = 40L + 0,96L \therefore V = 40,96L$$

Resposta da questao 21:

[D]

O atizador deve ser de material com alto calor específico, isto é, demorar para aquecer e, também, ser mal condutor de calor para evitar acidentes de queimaduras e incêndio.

Resposta da questao 22:

[D]

Como o volume expandiu, a quantidade abastecida foi menor do que o previsto, diminuindo a massa do combustível inserido.

Resposta da questao 23:

[B]

Volume inicial dos líquidos:

$$\begin{aligned} V_0 &= 0,8m \cdot 0,2m \cdot 0,3m \\ V_0 &= 0,048m^3 = 48L \end{aligned}$$

Pela fórmula de dilatação volumétrica, os volumes finais dos líquidos são:

$$\begin{aligned} V_A &= V_0(1 + \gamma_A \Delta \theta) = 48(1 + 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 30) \Rightarrow V_A = 50,02L \\ V_B &= V_0(1 + \gamma_B \Delta \theta) = 48(1 + 1,3 \cdot 10^{-3} \cdot 30) \Rightarrow V_B = 49,87L \end{aligned}$$

Sendo assim, concluímos que do reservatório A, vazaram pelo menos 2,0 litros e do reservatório B, vazaram entre 1,8 e 1,9 litros.

Resposta da questao 24:

[B]

O material com maior coeficiente de dilatação é o petróleo, portanto terá maior dilatação que o recipiente de vidro e ocorrerá o transbordamento do líquido. Esse volume transbordado é o que chamamos de dilatação aparente, sendo a dilatação real do petróleo a soma da dilatação ocorrida pelo vidro e a dilatação aparente. Logo, a alternativa correta é [B].

Resposta da questao 25:

[B]

Volume de líquido que será transbordado (V_t) é:

$$\begin{aligned} V_t &= \Delta V_{liq} - \Delta V_{rec} \Rightarrow V_t = V_0 \gamma_{liq} \Delta T - V_0 \gamma_{rec} \Delta T \Rightarrow V_t = V_0 \Delta T (\gamma_{liq} - 3\alpha_{rec}) \Rightarrow \\ V_t &= 500 \cdot 50(1,8 \times 10^{-4} - 3 \cdot 2 \times 10^{-5}) \Rightarrow V_t = 25 \times 10^3 (1,8 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-5}) \Rightarrow \\ V_t &= 25 \times 10^3 (1,2 \times 10^{-4}) \Rightarrow V_t = 300 \times 10^{-2} \Rightarrow V_t = 3mL \end{aligned}$$

Resposta da questao 26:

[A]

Aplicando a expressão da dilatação/contração linear:

$$\Delta = L_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta = 2.000(2 \times 10^{-5})(10 - 35) \Rightarrow \Delta = -1m$$

Houve uma contração de 1 metro.

Resposta da questao 27:

[A]

Da mesma forma que a areia de uma praia esquenta muito rápido e esfria muito rápido devido a um baixo calor específico, o mesmo ocorre com a massa de churros.

Já com relação ao recheio é semelhante à água de uma piscina, que de manhã a água está gelada e a noite (depois de um dia bem ensolarado) a água está morna. Como tem um calor específico alto, demora muito pra aquecer, como também demora muito para resfriar.

Resposta da questao 28:

[D]

Como a variação de comprimento em função da temperatura é linear, tomando as temperaturas de 0°C e 20°C, obtemos os valores de, respectivamente, 100 m e 100,05 m. Ou seja, a dilatação é de 0,05 m = 5 cm.

Resposta da questao 29:

[B]

A deflexão da lâmina ocorre conforme o ilustrado porque o latão possui maior coeficiente de dilatação térmica que o aço, o que faz com que o seu comprimento sofra uma maior variação.

Resposta da questao 30:

[E]

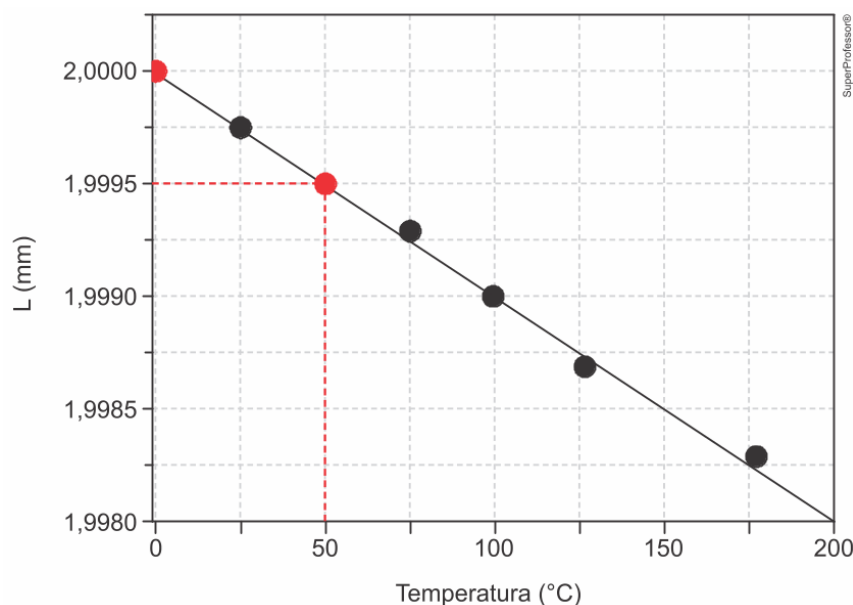
Os metais são caracterizados pela excelente condução de calor e eletricidade, portanto o aço sendo uma liga de ferro e carbono com adição de outros metais que proporcionam características especiais para cada fim de destino, é uma liga utilizada para chapas de preparo de lanches rápidos.

Nível 2

Resposta da questao 1:

[B]

A figura destaca os dados relevantes para a resolução da questão.



Do gráfico:

$$\Delta L = 1,9995 - 2,0000 \Rightarrow \Delta L = -0,0005 \Rightarrow \Delta L = -5 \times 10^{-4} \text{ mm}.$$

Aplicando a expressão da dilatação linear:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{-5 \times 10^{-4}}{2(50 - 0)} \therefore \alpha = -5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

Resposta da questao 2:

[B]

De acordo com a figura 1, quando o tanque está cheio a lâmina bimetálica está mais dilatada devido ao efeito Joule que aquece a lâmina, assim quando o tanque está sendo esvaziado, a corrente que circula na lâmina diminui porque o efeito da dilatação é menor como mostra a figura 2. Quanto à lâmina bimetálica, nota-se que o metal A sofre menor curvatura em relação ao metal B, denotando que o metal A tem o coeficiente de dilatação menor que o metal B. Tem-se então a alternativa [B] como correta.

Resposta da questao 3:

[E]

A variação de volume devido ao aquecimento foi de:

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_0 \gamma \Delta \theta \\ \Delta V &= 500 \cdot 3 \cdot 3,3 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) \\ \therefore \Delta V &\cong 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mL} \end{aligned}$$

Resposta da questao 4:

[A]

Neste caso ocorreu uma dilatação superficial do zinco que é o material dos rebites, assim os mesmos não entraram nos furos da fuselagem. O valor da dilatação superficial (ΔA) em função da área inicial (A_0) é:

$$\begin{aligned} \Delta A &= A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \xrightarrow{\beta=2\alpha} \\ \Delta A &= A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T \Rightarrow \\ \Delta A &= A_0 \cdot 2 \cdot 26 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot (24,8 - 24) \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow \\ \Delta A &= (41,6 \cdot 10^{-6}) \cdot A_0 \end{aligned}$$

Resposta da questao 5:

[B]

Determinação do coeficiente de dilatação volumétrico do tungstênio:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T \Rightarrow \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T} = \frac{0,27\%V}{V \cdot 200^\circ C} = \frac{0,27}{100 \cdot 200^\circ C} \therefore \gamma = 13,5 \cdot 10^{-6}^\circ C^{-1}$$

Sabe-se que o coeficiente de dilatação volumétrico é o triplo do coeficiente linear.

$$\alpha = \frac{\gamma}{3} = \frac{13,5 \cdot 10^{-6}^\circ C^{-1}}{3} \therefore \alpha = 4,5 \cdot 10^{-6}^\circ C^{-1}$$

Assim, a dilatação linear do diâmetro é:

$$\Delta D = D_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta D = D \cdot 4,5 \cdot 10^{-6}^\circ C^{-1} \cdot 200^\circ C \therefore \frac{\Delta D}{D} = 9 \cdot 10^{-4} = 0,09\%$$

Resposta da questao 6:

[A]

Volume a 40 °C: $V_1 = 20 \times 10 \times 6 \Rightarrow V_1 = 1.200 cm^3$.

Contração: $\Delta V = V_1(3\alpha)(0 - 40) \Rightarrow \Delta V = 1200(72 \times 10^{-5})(-40) \Rightarrow \Delta V = -34,56 cm^3$.

Volume final: $V = V_1 + \Delta V \Rightarrow V = 1.200 - 34,56 \therefore V = 1.165,44 cm^3$.

AULA-3 Estudo matemático do calor

Nível I

Resposta da questao 1:

[D]

A temperatura de equilíbrio da mistura será igual a:

$$\begin{aligned}Q_W + Q_X + Q_Y + Q_Z &= 0 \\mc(\theta_f - 20) + mc(\theta_f - 55) + mc(\theta_f - 75) + mc(\theta_f - 90) &= 0 \\4\theta_f - 240 &= 0 \\\therefore \theta_f &= 60^\circ C\end{aligned}$$

Resposta da questao 2:

[D]

Ao misturar objetos a $50^\circ C$ com água a $25^\circ C$, a temperatura de equilíbrio será tal que $25^\circ C < \theta_{eq} < 50^\circ C$. Dentre as alternativas, a única possível é $30^\circ C$.

Resposta da questao 3:

[A]

$$\begin{aligned}Q_A + Q_B &= 0 \\m_A \Delta\theta_A + m_B \Delta\theta_B &= 0 \\300 \cdot (\theta_{ff} - 70) + 200 \cdot (\theta - 30) &= 0 \\3\theta_{ff} - 210 + 2\theta - 60 &= 0 \\5\theta_f &= 270 \\\therefore \theta_f &= 54^\circ C\end{aligned}$$

Resposta da questao 4:

[E]

O intervalo de tempo necessário é dado por:

$$\begin{aligned}P &= \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \\42 &= \frac{36 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \cdot 2}{\Delta t} \\\therefore \Delta t &= 7200s = 120min\end{aligned}$$

Resposta da questao 5:

[B]

A taxa de fornecimento de calor à massa de benzeno foi de:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$P = \frac{2 \cdot 1,7 \cdot 10^3 \cdot (80 - 20)}{15}$$

$$\therefore P = 1,36 \cdot 10^4 J/\text{min}$$

Resposta da questao 6:

[A]

A quantidade de energia na forma de calor sensível Q transferida para o chuchu para atingir a temperatura de 100°C é dada pela expressão:

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

Substituindo-se os valores de massa (m), calor específico (c) e variação de temperatura (ΔT), obtém-se:

$$Q = 500 \cdot g \cdot 1 \frac{\text{cal}}{g \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (100 - 20)^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$Q = 500 \times 80 \text{cal} \therefore$$

$$\therefore Q = 40000 \text{cal} = 40 \text{kcal}$$

Resposta da questao 7:

[A]

A quantidade de calorias a serem retiradas é de:

$$Q = mc\Delta\theta + mL$$

$$Q = 500 \cdot 1 \cdot (0 - 20) + 500 \cdot (-80)$$

$$Q = -10000 - 40000$$

$$\therefore |Q| = 50 \text{kcal}$$

Resposta da questao 8:

[D]

Dado que o exterior se encontrava a 8°C , temos:

$$P = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \theta = \frac{P\Delta t}{mc} + \theta_0$$

$$\theta = \frac{14 \cdot 10^3 \cdot 60}{15 \cdot 10^3 \cdot 4} + 8$$

$$\therefore \theta = 22^\circ\text{C}$$

Resposta da questao 9:

[B]

Calor necessário para derreter as pedras de gelo:

$$Q = mL$$

$$Q = 4 \cdot 0,015 \cdot 3,3 \cdot 10^5$$

$$Q = 19800 J$$

Portanto, a quantidade de calor absorvido por unidade de tempo foi de:

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$
$$P = \frac{19800}{20}$$
$$\therefore P \cong 1 \cdot 10^3 \text{ J/min}$$

Resposta da questao 10:

[B]

$$Q = Mc|\Delta\theta| = 6 \times 10^{24} \times 0,5 \times |700 - 2.700| \Rightarrow Q = 6 \times 10^{27} \text{ kJ}.$$

Resposta da questao 11:

[D]

Dados: $m = 5 \text{ g}$; $c = 0,8 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $Dq = [880 - (-20)] = 900 \text{ }^\circ\text{C}$.

Da equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m \cdot c \cdot Dq = (5) (0,8) (900) \Rightarrow Q = 3.600 \text{ J}.$$

Resposta da questao 12:

[E]

Aplicando a equação do calor sensível:

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow Q = \rho Vc|\Delta T| \Rightarrow Q = 1 \times 800 \times 1|15 - 90| \Rightarrow Q = 60.000 \text{ cal} \times \frac{4,2 \text{ J}}{\text{cal}} \Rightarrow$$
$$Q = 252.000 \text{ J} \Rightarrow Q \cong 250 \text{ kJ}.$$

Resposta da questao 13:

[C]

Análise das afirmativas:

[I] **Verdadeira.** O aquecimento começa no estado sólido, representado pelo trecho "a", sendo que na primeira mudança de inclinação da curva, temos atingido a temperatura de fusão que registra 30°C no gráfico.

[II] **Verdadeira.** O calor específico da substância no estado sólido pode ser calculado no trecho "a", sendo o mesmo constante neste intervalo, correspondendo a:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \Rightarrow c = \frac{1200 \text{ J}}{0,1 \text{ kg} \cdot 30^\circ\text{C}} \therefore c = 400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

[III] **Falsa.** No trecho "b" temos a mudança de fase chamada fusão, que representa a mistura dos estados físicos sólido e líquido juntos em todo o trecho, desde o aparecimento da primeira gota de líquido até a fusão do último pedaço de sólido.

Resposta da questao 14:

[C]

Quantidade de calor perdida pela água de 20 °C até 0 °C.

$Q = mc\Delta T = 500 \cdot 1 \cdot (0 - 20) \Rightarrow Q = -10.000\text{cal}$ (O sinal negativo somente indica que essa quantidade de calor foi cedida).

Por regra de três simples e direta.

$$\begin{pmatrix} 250\text{cal} & - & 1\text{min} \\ 10000\text{cal} & - & \Delta t \end{pmatrix} \Rightarrow \Delta t = \frac{10000}{250} \Rightarrow \Delta t = 40\text{min}$$

Resposta da questao 15:

[A]

A quantidade X de litros de água a 10°C equivale a:

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= 0 \\ m_{70}c\Delta\theta + Xc\Delta\theta &= 0 \\ 1000 \cdot 1 \cdot (30 - 70) + X \cdot 1 \cdot (30 - 10) &= 0 \\ -40000 + 20X &= 0 \\ \therefore X &= 2000\text{g} = 2\text{L} \end{aligned}$$

Resposta da questao 16:

[C]

Ao ser submetida ao aquecimento de uma substância pura que esteja no estado sólido, teremos dois pontos em que a temperatura permanece constante à pressão constante. Primeiramente há o aquecimento do sólido até o momento em que alcançado o ponto de fusão onde encontramos duas fases distintas (sólido e líquido) sem que haja alteração da temperatura (região II do gráfico). Ao derreter todo o sólido, resta apenas o líquido que ao absorver mais calor aumenta sua temperatura até que a pressão de vapor atinja a pressão atmosférica (região III), neste ponto estamos diante de mais uma mudança de fase (líquido para vapor) e a temperatura permanece constante até que todo o líquido vaporize (região IV). No gráfico temos líquido quando começa a fusão até o término da vaporização, ou seja, corresponde aos pontos II, III e IV.

Resposta da questao 17:

[B]

Utilizando os dados fornecidos pelo enunciado e os conhecimentos acerca de calor sensível, temos que:

$$\begin{aligned} Q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ 5000 &= 125 \cdot 0,25 \cdot (T_f - 20) \\ T_f - 20 &= \frac{5000}{125 \cdot 0,25} \\ T_f - 20 &= 160 \\ T_f &= 180^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Resposta da questao 18:

[C]

Dados: $c = 0,4\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$; $P = 120\text{cal/min}$; $\Delta t = 15\text{min}$; $\Delta\theta = 50^\circ\text{C}$

$$\begin{cases} P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P\Delta t \\ Q = mc\Delta\theta \end{cases} \Rightarrow mc\Delta\theta = P\Delta t \Rightarrow m = \frac{P\Delta t}{c\Delta\theta} = \frac{120 \cdot 15}{0,4 \cdot 50} \Rightarrow m = 90g.$$

Resposta da questao 19:

[C]

Considerando que toda energia solar é transmitida para o aquecimento da água, isto é, a energia solar é igual ao calor sensível, em termos de potência, a potência solar (P_s) é igual à potência de aquecimento da água (P_a).

Cálculo da potência solar.

$$P_s = 200 \frac{W}{m^2} \cdot 10m^2 \therefore P_s = 2000W$$

Como a potência de aquecimento da água é igual à potência solar, determinamos a diferença de temperatura, ΔT . Usando a relação $1L = 1000g$, para a água, obtém-se:

$$P_a = \frac{m}{t} \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 2000W = \frac{5000g}{60s} \cdot 4 \frac{J}{g \cdot ^\circ C} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{2000W \cdot 60s}{5000g \cdot 4 \frac{J}{g \cdot ^\circ C}} \therefore \Delta T = 6^\circ C$$

Resposta da questao 20:

[D]

Dado: $Q = 1,5 \times 10^4 J$, $L = 2 \times 10^5 J/kg$.

Aplicando a equação do calor latente:

$$Q = mL \Rightarrow m = \frac{Q}{L} = \frac{1,5 \times 10^4}{2 \times 10^5} = 0,075kg \Rightarrow m = 75g.$$

Resposta da questao 21:

[C]

Dados: $L = 2,25 \cdot 10^3 J/g$; $P = 300 W$; $\Delta t = 10 \text{ min} = 600 s$.

A quantidade de calor liberada pelo fogão é:

$$Q = P \cdot \Delta t = m \cdot L \Rightarrow m = \frac{P\Delta t}{L} = \frac{300 \times 600}{2,25 \times 10^3}$$

$m = 80 g$.

Resposta da questao 22:

[C]

As quantidades de calor sensível liberadas por cada uma das bolas são transferidas para os blocos de gelos.

Como o ferro tem maior condutividade térmica que a madeira, ele transfere calor mais rapidamente, sofrendo um resfriamento mais rápido.

A quantidade de calor sensível de cada esfera é igual, em módulo, a quantidade de calor latente absorvida por cada bloco de gelo.

$$|Q|_{bola} = |Q|_{gelo} \Rightarrow mc|\Delta T| = m_{gelo}L_{gelo} \Rightarrow m_{gelo} = \frac{mc\Delta T}{L_{gelo}}.$$

Como as massas das bolas são iguais e as variações de temperatura também, a massa de gelo fundida em cada caso é diretamente proporcional ao calor específico do material que constitui a bola. Assim, analisando a expressão, vemos que funde menor quantidade de gelo a bola de material de menor calor específico, no caso, a de metal.

Resposta da questao 23:

[D]

Dados: $V = 300 \text{ ml} \Rightarrow m = 300 \text{ g}$; $c = 1 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C}$; $\Delta\theta = 40 - 10 = 30^\circ\text{C}$.

Usando a equação do calor sensível:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow Q = 300 \cdot 1 \cdot 30 \Rightarrow 9 \times 10^3 \text{ cal}.$$

Resposta da questao 24:

[C]

Dados : $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$; $\theta = 40^\circ\text{C}$; $Z = 10 \text{ L/min}$; $\rho = 1 \text{ kg/L}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; $c = 1 \text{ cal/g} \times ^\circ\text{C} \Rightarrow c = 4,2 \text{ J/g} \times ^\circ\text{C}$.

A massa de água que passa pelo chuveiro a cada minuto é:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V = 1(10) \Rightarrow m = 10 \text{ kg} = 10.000 \text{ g}.$$

A quantidade de calor absorvida por essa massa de água é:

$$Q = mc(\theta - \theta_0) = 10.000(4,2)(40 - 20) \Rightarrow 840.000 \text{ J}$$

Como essa quantidade de calor é trocada a cada minuto (60 s), vem:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{840.000}{60} \Rightarrow P = 14.000 \text{ W} \Rightarrow P = 14 \text{ kW}.$$

Resposta da questao 25:

[C]

Como a temperatura do sistema diminui, a sua energia interna também deve diminuir.

Cálculo do calor cedido para o meio:

$$\begin{aligned}Q &= mc\Delta\theta \\Q &= 1000 \cdot 1 \cdot (81 - 90) \\Q &= -9000\text{cal}\end{aligned}$$

O sinal negativo indica que o calor foi realmente perdido.

Resposta da questao 26:

[D]

$$13.000\text{cal/min} = \frac{13000}{60}\text{cal/s}$$

O calor cedido pelo forno é recebido pela água.

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \frac{13000}{60} = \frac{250 \times 1 \times (80 - 15)}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{250 \times 65 \times 60}{13000} = 75\text{s}.$$

Resposta da questao 27:

[D]

Após o equilíbrio, devemos ter que:

$$\begin{aligned}m_{liq}c_{liq}\Delta\theta_{liq} + m_{\acute{a}gua}c_{\acute{a}gua}\Delta\theta_{\acute{a}gua} &= 0 \\100 \cdot c_{liq} \cdot (16 - 6) + 100 \cdot 4,2 \cdot (16 - 20) &= 0 \\1000c_{liq} - 1680 &= 0 \\\therefore c_{liq} &= 1,68\end{aligned}$$

Sendo assim, o líquido deve ser o azeite.

Resposta da questao 28:

[C]

A expressão do calor sensível para aquecer a água até a temperatura final T, é:

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

Em que:

Q = quantidade de calor em calorias;

m = massa de água em gramas;

c = calor específico da água em cal/g °C;

ΔT = variação da temperatura em Celsius.

Antes de utilizar-se a equação necessita-se transformar o calor recebido pela água em quilojoules (kJ) para calorias (cal).

$$Q = 48 \text{ kJ} \cdot \frac{1 \text{ cal}}{4 \text{ J}} = 12 \text{ kcal} = 12000 \text{ cal}$$

Substituindo-se os dados fornecidos na equação, tem-se:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad 12000 \text{ cal} = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot (T - 20^\circ\text{C}) \quad 12000 \text{ cal} / 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = T - 20^\circ\text{C} \quad T = 60^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} \therefore T = 80^\circ\text{C}$$

Resposta da questao 29:

[C]

Dados: $P = 100 \text{ W}$; $m = 60 \text{ kg}$; $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$; $\Delta\theta = 5^\circ\text{C}$.

Da expressão de potência:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{mc\Delta\theta}{P} = \frac{60 \times 4,2 \times 10^3 \times 5}{100} = 12.600 \text{ s} \Rightarrow$$
$$\Delta t = \frac{12.600}{3.600} \text{ h} \Rightarrow$$
$$\Delta t = 3,5 \text{ h}.$$

Resposta da questao 30:

[B]

Dados: $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ $c = 840 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 0,2 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ $m = 250 \text{ g}$ $\Delta\theta = 35 - 15 = 20^\circ\text{C}$.

Calculando a quantidade de calor total:

$$Q_T = mc\Delta\theta = 250 \times 0,2 \times 20 \Rightarrow Q_T = 1000 \text{ cal}.$$

Por proporção simples e direta:

$$\left\{ \begin{array}{l} 40 \text{ min} \rightarrow 1000 \text{ cal} \\ 1 \text{ min} \rightarrow Q_{\text{cal}} \end{array} \right\} \Rightarrow Q = \frac{1000}{40} \Rightarrow Q = 25 \text{ cal}.$$

Nível 2

Resposta da questao 1:

[B]

Usando-se a massa da clara igual à massa da gema e chamando-as apenas de m , os cálculos das quantidades de calor sensível em cada cozimento são dados pela soma dos calores sensíveis de clara e gema para cada processo.

A expressão para o calor sensível Q é dada pelo produto da massa, do calor específico do material aquecido e da diferença de temperatura.

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

$$Q_1 = m \cdot c_c \cdot \Delta T + m \cdot c_g \cdot \Delta T = m \cdot \Delta T (c_c + c_g) = 25 \cdot (100 - 20)(3,8 + 3,1) \therefore Q_1 = 13800 \text{ J}$$
$$Q_2 = m \cdot c_c \cdot \Delta T_c + m \cdot c_g \cdot \Delta T_g = 25 \cdot 3,8 \cdot (97 - 20) + 25 \cdot 3,1 \cdot (82 - 20) \therefore Q_2 = 12120 \text{ J}$$
$$Q_3 = m \cdot c_c \cdot \Delta T + m \cdot c_g \cdot \Delta T = m \cdot \Delta T (c_c + c_g) = 25 \cdot (65 - 20)(3,8 + 3,1) \therefore Q_3 = 7762,5 \text{ J}$$
$$Q_4 = m \cdot c_c \cdot \Delta T_c + m \cdot c_g \cdot \Delta T_g = 25 \cdot 3,8 \cdot (85 - 20) + 25 \cdot 3,1 \cdot (67 - 20) \therefore Q_4 = 9817,5 \text{ J}$$

Logo, a ordem crescente é:

$$Q_3 < Q_4 < Q_2 < Q_1$$

Resposta da questao 2:

[B]

A taxa de calor (Q) é a razão entre a variação da quantidade de calor pelo tempo gasto e a quantidade de calor sem haver mudança de fase (calor sensível).

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t} = \frac{800g \cdot 1cal/g^{\circ}C \cdot 25^{\circ}C}{40min \cdot \frac{1h}{60min}} \therefore Q = 30000cal/h = 30kcal/h$$

Resposta da questao 3:

[C]

Quantidade de calor necessário para fusão do gelo:

$$Q_1 = m_{\text{gelo}} \cdot L_{\text{fusão}} = 50g \cdot 80cal/g \Rightarrow \\ Q_1 = 4000cal$$

Quantidade de calor necessário para aquecer a água até 20°C:

$$Q_2 = m_{\text{água}} \cdot C_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água}} = (350 + 50)g \cdot 1 \frac{cal}{g \cdot ^{\circ}C} \cdot (20 - 0)^{\circ}C \Rightarrow \\ Q_2 = 8000cal$$

Quantidade de calor útil cedido para o sistema:

$$Q_{\text{útil}} = Q_1 + Q_2 = (4000 + 8000)cal. \therefore Q_{\text{útil}} = 12000cal$$

Quantidade de calor útil em joules:

$$Q_{\text{útil}} = 12000cal \cdot \frac{4J}{1cal} \therefore Q_{\text{útil}} = 48000J$$

Quantidade total de calor fornecida pela fonte térmica:

$$\begin{cases} Q_{\text{útil}} 80\% \\ Q_{\text{fonte}} 100\% \end{cases} \\ Q_{\text{fonte}} = \frac{Q_{\text{útil}} \cdot 100\%}{80\%} = \frac{48000J \cdot 100}{80} \therefore Q_{\text{fonte}} = 60000J$$

A potência da fonte térmica, finalmente é:

$$P_{\text{fonte}} = \frac{Q_{\text{fonte}}}{t} = \frac{60000J}{5min \cdot \frac{60s}{1min}} \therefore P_{\text{fonte}} = 200W$$

Resposta da questao 4:

[D]

Tanto a água e a panela têm que atingir a temperatura de ebulição da água, assim, calcula-se a quantidade de calor sensível para a água (Q_1) e para a panela de alumínio (Q_2), de acordo com a equação abaixo.

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

Calor sensível para a água:

$$Q_1 = 300g \cdot 1,0cal/(g \times ^\circ C) \cdot (100 - 20)^\circ C \Rightarrow$$

$$Q_1 = 24000cal$$

Calor sensível para a panela de alumínio:

$$Q_2 = 500g \cdot 0,2cal/(g \times ^\circ C) \cdot (100 - 20)^\circ C \Rightarrow$$

$$Q_2 = 8000cal$$

Quantidade mínima de calor que o sistema deve absorver:

$$Q_{tot} = Q_1 + Q_2 \Rightarrow$$

$$Q_{tot} = 24000cal + 8000cal. \therefore$$

$$Q_{tot} = 32000cal = 32kcal$$

Resposta da questao 5:

[C]

O cálculo envolve a aplicação da equação fundamental da calorimetria para determinar a variação média de temperatura (ΔT) dos oceanos.

Observação: O calor específico da água é uma constante física não fornecida, mas essencial para o cálculo. Usaremos $c_{\text{água líq}} = 4184J/kg \cdot ^\circ C$ (o calor específico da água líquida).

Cálculo da Energia Absorvida pelos Oceanos (Q)

A energia (Q) absorvida pelos oceanos corresponde a 90% da energia total acumulada:

$$Q = E_{total} \cdot f_{oceano}$$

$$Q = 380 \times 10^{21}J \cdot 0,9 \therefore$$

$$Q = 342 \times 10^{21}J$$

Cálculo do Aumento Médio de Temperatura (ΔT)

Utilizamos a fórmula do calor sensível da calorimetria, $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, onde Q é o calor trocado, m é a massa, c é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura.

Isolando ΔT :

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

Substituindo os valores:

$$\Delta T = \frac{342 \times 10^{21}J}{1,4 \times 10^{21}kg \cdot 4184J/kg \cdot ^\circ C} \Delta T = \frac{342 \times 10^{21}J}{1,4 \times 10^{21}kg \cdot 4184J/kg \cdot ^\circ C} \therefore \Delta T \approx 0,0584^\circ C$$

Resposta da questao 6:

[C]

Massa de água no reservatório:

$$d = \frac{m}{V}$$

$$1 \frac{kg}{L} = \frac{m}{400L}$$

$$m = 400kg$$

Energia dissipada no resistor em Joules:

$$\begin{aligned}Q &= mc\Delta\theta \\Q &= 400\text{kg} \cdot 1000 \frac{\text{cal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (35^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \\Q &= 4 \cdot 10^6 \text{cal} \xrightarrow{\times 4,2} Q = 16,8 \cdot 10^6 \text{J}\end{aligned}$$

Convertendo:

$$\begin{aligned}Q &= 16,8 \cdot 10^6 \text{Ws} = \frac{16,8 \cdot 10^6 \text{Ws}}{3600 \text{s/h}} \\ \therefore Q &\cong 4,7 \cdot 10^3 \text{Wh}\end{aligned}$$

Resposta da questao 7:

[E]

[A] Falsa. Não há variação de temperatura durante a mudança de estado de uma substância pura.

[B] Falsa. Idem ao item anterior.

[C] Falsa. O calor específico da substância pode variar com a mudança de estado físico.

[D] Falsa. Como pode haver variação no calor específico, o mesmo ocorre com a capacidade térmica da substância.

[E] Verdadeira. A razão dada depende da massa conforme ilustra a equação a seguir:

$$Q = mc\Delta\theta \Rightarrow \frac{Q}{\Delta\theta} = mc$$

Resposta da questao 8:

[D]

$$\begin{aligned}P &= \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P\Delta t \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P\Delta t_1 = mc\Delta T_1 \\ P\Delta t_2 = mc\Delta T_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \Rightarrow \\ \frac{15}{\Delta t_2} &= \frac{100 - 20}{92 - 20} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{72 \cdot 15}{80} \Rightarrow \Delta t_2 = 13,5 \text{min}\end{aligned}$$

Resposta da questao 9:

[B]

A tabela mostra a redução de temperatura nos intervalos dados:

Intervalo de tempo (minutos)	Variação de Temperatura ($^\circ\text{C}$)
0 $\rightarrow$ 5	25,0 – 17,5 = 7,5
5 $\rightarrow$ 10	17,5 – 12,3 = 5,2

10 → 15	12,3 – 8,6 = 3,7
15 → 20	8,6 – 6,0 = 2,6
20 → 25	6,0 – 4,2 = 1,8
25 → 30	4,2 – 2,9 = 1,3

Pela tabela acima, constata-se que a taxa com que o suco perdeu calor foi maior no início e depois diminuiu.

Resposta da questao 10:

[B]

Considere-se as expressões:

$$\begin{cases} d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = dV(I) \\ Q = P\Delta t & (II) \\ Q = mL & (III) \end{cases}$$

Combinando essas expressões:

$$(I)e(II) \Rightarrow (III): P\Delta t = dVL \Rightarrow V = \frac{P\Delta t}{dL} \Rightarrow V = \frac{750 \cdot 3600}{1 \cdot 2250} \therefore V = 1,2L.$$

Resposta da questao 11:

[E]

Quantidade de calor total fornecida pela fonte:

$$\begin{aligned} P &= \frac{Q_T}{\Delta t} \\ 20 &= \frac{Q_T}{10 \cdot 60} \\ Q_T &= 12000J \end{aligned}$$

Quantidade de calor útil (absorvida pela massa de músculos):

$$\begin{aligned} Q_U &= mc\Delta\theta \\ Q_U &= 0,4 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 3 \\ Q_U &= 4800J \end{aligned}$$

Porcentagem da energia transportada pelas ondas ultrassônicas que foi absorvida:

$$\frac{4800}{12000} \cdot 100\% = 40\%$$

Resposta da questao 12:

[B]

Calculando a temperatura de equilibrio:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow mC(T - 20) + mC(T - 100) = 0 \Rightarrow 2T = 120 \Rightarrow T = 60^\circ C$$

Calculando a quantidade de calor trocada:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1 = 1.000(0,3)(60 - 20) \Rightarrow Q_1 = 12.000cal \\ Q_2 = 1.000(0,3)(60 - 100) \Rightarrow Q_2 = -12.000ca \end{array} \right\} \Rightarrow |Q| = 12kcal$$

AULA-4 Gases e a primeira lei da termodinâmica

Nível I

Resposta da questao 1:

[C]

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1 \text{ atm} \cdot 120 \text{ cm}^3}{(127 + 273) \text{ K}} = \frac{12 \text{ atm} \cdot 20 \text{ cm}^3}{T_2} \therefore T_2 = 800 \text{ K} = 527^\circ \text{C}$$

Resposta da questao 2:

[E]

Como a expansão é isotérmica, pela lei geral dos gases:

$$pV = p_0V_0 \Rightarrow p = \frac{p_0V_0}{V} \Rightarrow p = \frac{120 \cdot 1}{15} \Rightarrow p = 8 \text{ atm.}$$

Resposta da questao 3:

[C]

Aplicando a equação geral dos gases a volume constante, temos:

$$\begin{aligned} \frac{P_0V_0}{T_0} &= \frac{PV}{T} \\ \frac{30}{27 + 273} &= \frac{32}{T} \\ \therefore T &= 320 \text{ K} = 47^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Resposta da questao 4:

[C]

Dados: $T_1 = 200^\circ \text{C} = 473 \text{ K}$; $T_2 = 400^\circ \text{C} = 673 \text{ K}$.

Como a transformação é isobárica, aplicando a lei geral dos gases, vem:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{473} = \frac{V_2}{673} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{673}{473} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} \cong 1.42$$

Resposta da questao 5:

[A]

Para a transformação isobárica, a equação geral dos gases gera:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p V}{T} \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T}$$

Para os valores fornecidos e usando as temperaturas em kelvin:

$$\frac{V_0}{T_0} = \frac{V}{T} \Rightarrow \frac{0,02 m^3}{(27 + 273) K} = \frac{0,06 m^3}{T} \therefore T = 900 K$$

Logo, em Celsius teremos:

$$T = 900 - 273 \therefore T = 627^\circ C$$

Resposta da questao 6:

[C]

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p V}{T} \rightarrow \frac{1,0 \times 10^5 \times 50}{300} = \frac{5 \times 10^3 \times V}{210} \rightarrow V = 700 m^3.$$

Resposta da questao 7:

[A]

Da equação de Clayperon, temos que:

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ V &= \frac{nR}{P} T \\ V &= kT \end{aligned}$$

Portanto, a relação entre $V \times T$ deve ser linear e crescente.

Resposta da questao 8:

[C]

Dados: $T_1 = 8^\circ C = 281 K$; $V_1 = 1 L$; $P_2 = 1 atm$; $V_2 = 900 cm^3 = 0,9 L$; $T_2 = T_1 + 6 = 287 K$.

Considerando o ar com gás ideal, pela equação geral dos gases ideais:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{P_1 (1)}{281} = \frac{1 (0,9)}{287} \Rightarrow P_1 = \frac{252,9}{287} \text{ atm}$$

$P_1 = 0,88 atm$.

Resposta da questao 9:

[B]

Ao sair da bomba, o gás sofre uma expansão. E por ser um processo muito rápido, praticamente não há trocas de calor com o meio, motivo pelo qual a transformação pode ser classificada como adiabática.

Resposta da questao 10:

[A]

Aplicando a equação geral dos gases, obtemos:

$$\begin{aligned}\frac{P_A V_A}{T_A} &= \frac{P_B V_B}{T_B} \\ \frac{10 \cdot 50}{50} &= \frac{20 V_B}{200} \\ \therefore V_B &= 100 m^3\end{aligned}$$

Resposta da questao 11:

[D]

Os dois gráficos apresentam comportamento linear entre pressão e temperatura absoluta (I) e entre volume e temperatura absoluta (II), sendo ambos relacionados com a lei geral dos gases:

$$\frac{P \cdot V}{T} = k, \text{ onde } k \text{ é uma constante.}$$

No primeiro gráfico temos um processo a volume constante, ou seja, isocórico (Lei de Charles) e no segundo temos uma transformação isobárica em que a pressão é mantida constante (Lei de Gay-Lussac).

Resposta da questao 12:

[D]

Da equação geral dos gases perfeitos, para os estados (1) e (2):

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

Sendo o processo isobárico: $P_1 = P_2$

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

Substituindo os valores e usando a temperatura em Kelvin:

$$\begin{aligned}\frac{400 mL}{(15 + 273) K} &= \frac{500 mL}{T_2} \\ T_2 &= \frac{500 mL \cdot (15 + 273) K}{400 mL} = 360 K \\ T_2 &= 360 - 273 = 87^\circ C\end{aligned}$$

Resposta da questao 13:

[C]

Aplicando a lei geral dos gases:

$$\begin{aligned}\frac{p_A V_A}{T_A} &= \frac{p_B V_B}{T_B} \Rightarrow \frac{8(1)}{300} = \frac{4(5)}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{300(20)}{8} \Rightarrow \\ T_B &= 750 K.\end{aligned}$$

Resposta da questao 14:

[C]

A princípio, pelo recipiente metálico ter sido classificado como rígido, nos remete a desprezar quaisquer efeitos de dilatação deste material, ou seja, o processo se realiza a volume constante (processo isocórico).

A informação da variação de temperatura na escala Celsius de 300°C equivale a mesma variação na escala Kelvin, pois as escalas possuem a mesma variação em graus, ou seja essa variação representa na escala Kelvin 300 K.

Assim, utilizando-se a equação geral dos gases obtém-se:

$$\frac{P_i V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \quad V_i = V_f \quad \frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f} \Rightarrow \frac{P_i}{P_f} = \frac{T_i}{T_f} = \frac{300\text{K}}{600\text{K}} \therefore \frac{P_i}{P_f} = 0,5$$

Resposta da questao 15:

[A]

A pressão atmosférica diminui com a altitude. Então, à medida que o balão sobe, a pressão externa torna-se menor que a interna, acarretando um aumento de volume.

De fato, adotando o comportamento de gás ideal para o hélio e considerando temperatura constante:

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} \Rightarrow \downarrow p \Rightarrow \uparrow V$$

Resposta da questao 16:

[C]

[A] Falsa. A transformação AB é isobárica, porém, como há aumento de volume, o gás realiza trabalho.

[B] Falsa. Na transformação BC ocorre a diminuição da pressão, mas o trabalho realizado pelo gás é negativo, pois houve redução no volume.

[C] Verdadeira. Na transformação CA ocorre um aumento da pressão, e, como não houve variação de volume, o trabalho realizado pelo gás é nulo.

[D] Falsa. Como o ciclo é percorrido no sentido horário, o trabalho realizado pelo gás é positivo.

[E] Falsa. No ciclo, a variação de energia interna é nula, e o calor trocado pelo gás é igual ao trabalho realizado.

Resposta da questao 17:

[D]

Dados: $V_1 = 3 \times 10^{-2} \text{m}^3$; $T_1 = 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$; $T_2 = 52^{\circ}\text{C} = 325\text{K}$

Aplicando a equação geral para uma transformação isobárica:

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{3 \times 10^{-2} \cdot 325}{300} \Rightarrow V_2 = 3,25 \times 10^{-3} m^3$$

Desconsiderando o peso do êmbolo, a pressão sobre o gás é igual à pressão atmosférica; o trabalho (W) é: —

$$W = p\Delta V = 1 \times 10^5 \cdot (3,25 - 3)10^{-2} = 0,25 \times 10^3 \Rightarrow W = 250J$$

Resposta da questao 18:

[B]

Do trabalho da transformação isobárica, obtemos:

$$\begin{aligned}\tau &= P\Delta V \\ 2000 &= 5 \cdot 10^5 \cdot (V_B - 2 \cdot 10^{-3}) \\ V_B &= 6 \cdot 10^{-3} m^3\end{aligned}$$

Aplicando a equação geral dos gases, chegamos a:

$$\begin{aligned}\frac{P/AV_A}{T_A} &= \frac{P/BV_B}{T_B} \\ \frac{2 \cdot 10^{-3}}{400} &= \frac{6 \cdot 10^{-3}}{T_B} \\ \therefore T_B &= 1200K\end{aligned}$$

Resposta da questao 19:

[A]

Aplicando a equação geral dos gases para a transformação $A \rightarrow B$, temos:

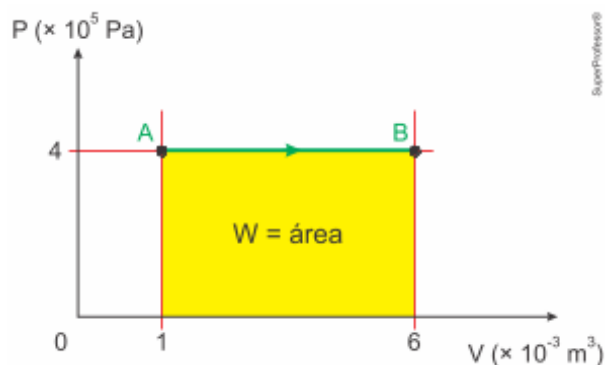
$$\begin{aligned}\frac{P_A V_A}{T_A} &= \frac{P_B V_B}{T_B} \\ \frac{50}{T_A} &= \frac{100}{T_B} \\ T_B &= 2T_A\end{aligned}$$

Portanto, neste trecho, a temperatura do gás aumentará.

Resposta da questao 20:

[E]

O trabalho (W) fornecido pela expansão isobárica do gás é dado pela área sob o gráfico $P \times V$



$$\begin{aligned}W &= P \cdot \Delta V \Rightarrow W = 4 \times 10^5 Pa \cdot (6 - 1) \times 10^{-3} m^3 \Rightarrow \\ \Rightarrow W &= 4 \times 10^5 Pa \cdot 5 \times 10^{-3} m^3 \therefore W = 2000J\end{aligned}$$

Resposta da questao 21:

[B]

Como o gás foi rapidamente comprimido, não houve tempo suficiente para ocorrer trocas de calor; assim, o gás sofreu uma compressão adiabática.

Resposta da questao 22:

[A]

O fato de a transformação ocorrer **rapidamente** (como cita o enunciado) sugere que não há tempo para troca de calor durante o processo, sendo, então, uma transformação adiabática ($Q = 0$).

Pela 1ª Lei da Termodinâmica:

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

Como se trata de uma compressão, o trabalho trocado é negativo ($W < 0$), acarretando uma variação positiva de energia interna ($\Delta U > 0$). ou seja o gás é aquecido, ocorrendo um aumento na temperatura.

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$$

Analisando essa expressão, se a temperatura aumenta e o volume diminui, a pressão aumenta.

Resposta da questao 23:

[A]

Aplicando a 1ª lei da Termodinâmica com $Q < 0$ (pois há compressão do gás), vem:

$$\begin{aligned} Q &= T + \Delta U \\ 300 &= -600 + \Delta U \\ \therefore \Delta U &= 900J \end{aligned}$$

Resposta da questao 24:

[C]

Em um diagrama de Volume por Temperatura (diagrama VT) fica bem mais fácil identificar os processos isocóricos ($2 \rightarrow 3$) e isotérmicos ($3 \rightarrow 1$), pois aparecem, respectivamente, como retas paralelas aos eixos T (horizontal) e V (vertical). Assim, descartam-se as alternativas [B], [D], [E] por apresentarem desacordos com os processos isocórico e isotérmico.

De acordo com a compressão adiabática, para aumentar a pressão o volume deve diminuir bruscamente, pois, de acordo com a equação dos gases ideais, estas grandezas são inversamente proporcionais, e, portanto, a concavidade da curva deste processo é voltada para cima, resultando na resposta [C] correta.

Resposta da questao 25:

[C]

A variação da energia interna é diretamente proporcional à variação da temperatura absoluta. Como se trata de um ciclo, a temperatura final é igual a inicial. Assim, a variação da temperatura é nula e, consequentemente, a variação da energia interna também é nula.

Portanto: $\Delta U = 0$

Resposta da questao 26:

[D]

Dados: $Q = 10\text{J}$; $P = 2 \times 10^3\text{Pa}$; $\Delta V = 3L = 3 \times 10^{-3}\text{m}^3$.

A transformação é isobárica. O trabalho (W) é dado por:

$$W = P\Delta V = 2 \times 10^3 \cdot 3 \times 10^{-3} \Rightarrow W = 6\text{J}$$

A variação da energia interna (ΔU) é calculada pela 1ª lei da termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W \Rightarrow \Delta U = 10 - 6 \Rightarrow \Delta U = 4\text{J}$$

Resposta da questao 27:

[B]

Devido à alta velocidade, a porção gasosa que está à frente do meteorito fica mais comprimida do que a porção que está atrás sem que haja troca de calor, caracterizando uma compressão adiabática.

Resposta da questao 28:

[A]

O maior trabalho realizado por um gás num ciclo é dado pela maior área sob a curva de pressão versus volume, no sentido horário. Assim, temos a alternativa [A] correta.

Resposta da questao 29:

[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 questao 30:

[B]

É dado na questão que, ao ser pressurizada, a temperatura do refrigerante aumenta. Como,

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

Sabendo que o número de mols (n) é constante e que R é uma constante, é fácil concluir que se a temperatura aumenta, a energia interna do gás também aumenta.

Sabe-se também que,

$$\frac{p \cdot V}{T} = cte.$$

Como o volume é constante (limitado pela garrafa), se a temperatura (T) aumenta, é direta verificação de que a pressão (p) também aumenta.

Desta forma, na situação descrita, tanto a energia interna do gás quanto a pressão aumentam.

Nível 2

Resposta da questao 1:

[A]

Sendo o sistema fechado, ele não troca massa com o meio externo permanecendo a massa constante e como o volume é constante tem-se a consequência que a densidade do gás também não altera, ou seja, permanece igualmente constante.

$$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{V} = c^{cte} \rightarrow d = c^{cte}$$

Resposta da questao 2:

[D]

Calculando o volume inicial de ar (V_1).

$$V_1 + V_{\text{ág}} = V \Rightarrow V_1 + 0,6 = 2,0 \Rightarrow V_1 = 1,4L \Rightarrow V_1 = 1,4 \times 10^{-3}m^3$$

Desprezando a contração da água e aplicando a expressão da lei geral dos gases para uma transformação isobárica, calcula-se o volume (V_2) de ar, após o resfriamento.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1,4 \times 10^{-3}}{27 + 273} = \frac{V_2}{7 + 273} \Rightarrow V_2 = \frac{1,4 \times 10^{-3} \cdot 280}{300} \Rightarrow V_2 = 1,3 \times 10^{-3}m^3$$

Calculando o trabalho (W) para uma transformação isobárica, lembrando que $1\text{atm} @ 10^5 \text{ Pa}$.

$$W = p\Delta V = 10^5(1,3 - 1,4)10^{-3} \Rightarrow W = 10^5(-1 \times 10^{-4}) \Rightarrow W = -10J$$

O sinal negativo ($-$) indica que o ar recebeu trabalho. Como isso já está especificado no enunciado:

$$W = 10J$$

Resposta da questao 3:

[C]

Dados: $T_1 = 17^\circ\text{C} = 290\text{K}$; $T_2 = 17^\circ\text{C} + 29^\circ\text{C} = 46^\circ\text{C} = 319\text{K}$; $P_1 = P_2 = 1\text{atm}$.

Assumindo o comportamento de gás perfeito para o Hélio, pela equação geral dos gases, têm-se:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{290} = \frac{V_2}{319} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{319}{290} \Rightarrow V_2 = 1,1V_1$$

Calculando o aumento percentual:

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 1,1V_1 - V_1 \Rightarrow \Delta V = 0,1V_1 \Rightarrow \Delta V_{(\%) } = 10\%V_1$$

Resposta da questao 4:

[D]

Usando a equação de Clapeyron:

$$P_A V_A = nRT_A \Rightarrow T_A = \frac{P_A V_A}{nR} = \frac{2 \times 10^5 \times 1 \times 10^{-3}}{1 \times 8,3} \Rightarrow T_A \cong 24,1\text{K}$$

Resposta da questao 5:

[E]

[I] Falsa. De acordo com a 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Como no trecho AB $\tau > 0$ e $\Delta U > 0$, devemos ter que $Q > \tau$.

[II] Falsa. Como a temperatura no ponto C é maior que no ponto A, a energia interna do sistema no estado C é maior do que no estado A.

[III] Verdadeira. Como $Q > 0$ na transformação AB, o sistema absorve calor do meio ambiente.

[IV] Verdadeira. A transformação BC é isotérmica, sendo assim, não há variação da energia interna do sistema.

[V] Verdadeira. Na transformação CD há diminuição da temperatura a volume constante. Sendo assim, ocorre a diminuição da energia interna do sistema sem a realização de trabalho.

Resposta da questao 6:

[D]

Analisando as afirmativas:

[A] Falsa. Como a transformação é isotérmica, a sua energia interna permanece constante.

[B] Falsa. Numa transformação isocórica, o trabalho sobre o gás é nulo.

[C] Falsa. A transformação isobárica pressupõe pressão constante, e não temperatura constante.

[D] Verdadeira. Pela equação de Clayperon, temos que:

$$pV = nRT$$

Com n , R e T constantes, o produto pV permanece constante.

[E] Falsa. Numa transformação adiabática, o calor trocado durante o processo é nulo.

Resposta da questao 7:

[D]

Com a compressão sem transferência de calor, ocorre a diminuição do volume (trabalho negativo) e aumento da pressão. E, pela 1ª Lei da Termodinâmica:

$$Q = T_{<0} + \Delta U \Rightarrow \Delta U > 0$$

Ou seja, a temperatura também é elevada.

Resposta da questao 8:

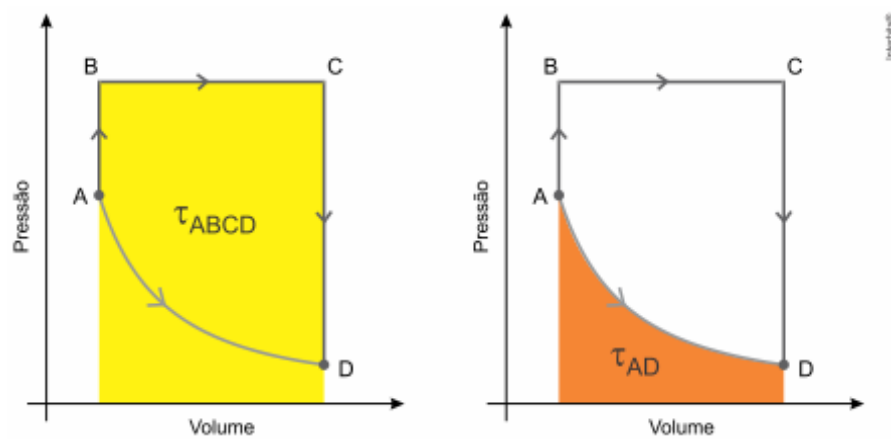
[A]

Com a retirada do ar, a pressão no interior da campânula é diminuída, permitindo a ebulição da água mesmo numa temperatura inferior a 100°C .

Resposta da questao 9:

[B]

O trabalho de cada caminho é representado pela área sob a curva dada. Abaixo temos as figuras para cada caso:



Evidentemente nota-se que $\tau_{ABCD} > \tau_{AD}$.

AULA-5 Máquinas e a segunda lei da termodinâmica

Nível I

Resposta da questao 1:

[D]

Os processos B-C e D-A são adiabáticos, logo não existe troca de calor. Assim só existe troca de calor nos outros processos A-B e C-D.

Resposta da questao 2:

[A]

Para o ciclo de Carnot, o rendimento ou eficiência é obtido por:

$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q} = 1 - \frac{150K}{250K} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{3}{5} \therefore \eta = \frac{2}{5}$$

E o calor liberado para a fonte fria é determinado pela proporção entre o calor e a temperatura absoluta das fontes fria e quente:

$$\frac{|Q_f|}{|Q_q|} = \frac{T_f}{T_q} \Rightarrow \frac{|Q_f|}{|1500J|} = \frac{150K}{250K} \Rightarrow |Q_f| = 1500J \cdot \frac{150K}{250K} \therefore |Q_f| = 900J$$

Finalmente o trabalho é dado pela diferença em módulo entre o calor cedido pela fonte quente e o calor rejeitado pela fonte fria.

$$\tau = |Q_q| - |Q_f| = 1500J - 900J \therefore \tau = 600J$$

Logo, a alternativa correta é [A].

Resposta da questao 3:

[D]

Tem-se a caracterização de uma máquina térmica contendo duas etapas, sendo a primeira no sentido AB em que o gás recebe calor e realiza trabalho e a segunda etapa no sentido BA em que o gás cede calor para retornar ao estado inicial. Portanto, no ponto A, tem-se a menor energia e temperatura, enquanto que o ponto B tem-se a maior energia e temperatura. Assim, a alternativa que completa as lacunas do texto é da letra [D].

Resposta da questao 4:

[B]

Se o calor rejeitado para a fonte fria equivale a dois quintos do calor recebido pela fonte quente, então o trabalho (τ) dado equivale a três quintos desse calor. Assim, temos como saber o calor recebido pela fonte quente (Q_1).

$$T = \frac{3}{5} Q_1 \Rightarrow Q_1 = \frac{5}{3} T = \frac{5}{3} \cdot 1,2 \text{ kJ} \therefore Q_1 = 2,0 \text{ kJ}$$

O rendimento (η) será:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1,2 \text{ kJ}}{2,0 \text{ kJ}} \cdot 100 \therefore \eta = 60\%$$

O calor rejeitado pela fonte fria (Q_2) é dado pela diferença do calor da fonte quente e o trabalho.

$$Q_2 = Q_1 - \tau = 2,0 \text{ kJ} - 1,2 \text{ kJ} \therefore Q_2 = 0,8 \text{ kJ}$$

Resposta da questao 5:

[D]

Dados: $Q_q = 1,6 \times 10^9 \text{ J}$; $Q_f = -1,2 \times 10^9 \text{ J}$.

O trabalho (w) realizado é a diferença entre a quantidade de calor recebida da fonte quente e a rejeitada para a fonte fria.

$$\eta = \frac{W}{Q_q} = \frac{Q_q - |Q_f|}{Q_q} = \frac{(1,6 - 1,2) \times 10^9}{1,6 \times 10^9} \Rightarrow \eta = 0,25 = 25\%.$$

Resposta da questao 6:

[D]

Rendimento da máquina térmica ideal η :

Obtemos o rendimento fazendo a razão entre o trabalho realizado τ e a quantidade de calor recebido pela máquina térmica Q_1 .

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Mas, o trabalho realizado é igual à diferença entre as quantidades de calor recebido pela fonte quente e cedido para a fonte fria:

$$\tau = Q_1 - Q_2 \Rightarrow 50 \text{ cal} = Q_1 - 150 \text{ cal} \therefore Q_1 = 200 \text{ cal}$$

E o rendimento será:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \Rightarrow \eta = \frac{50 \text{ cal}}{200 \text{ cal}} \therefore \eta = 0,25 \text{ ou } 25\%$$

Resposta da questao 7:

[B]

O rendimento da máquina térmica é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_{ff}}{T_{fq}} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{300 \text{ K}}{900 \text{ K}} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{1}{3} \Rightarrow \eta = \frac{2}{3} \therefore \eta \approx 0,66 \text{ ou } 66\%$$

Resposta da questao 8:

[D]

O rendimento dessa máquina é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{400J}{800J} \therefore \eta = 0,5 \text{ ou } 50\%$$

A temperatura da fonte quente pode ser obtida com equação semelhante, utilizando na escala Kelvin:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow 0,5 = 1 - \frac{300K}{T_2} \therefore T_2 = 600K$$

Resposta da questao 9:

[E]

$$\begin{aligned}\eta &= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{2,8 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^3} \\ \eta &= 1 - 0,7 = 0,3 \\ \therefore \eta &= 30\%\end{aligned}$$

Resposta da questao 10:

[B]

$$\begin{aligned}n &= \frac{W}{Q} \Rightarrow 0,25 = \frac{W}{600} \Rightarrow W = 0,25 \cdot 600 \Rightarrow W = 150J \\ n &= 1 - \frac{T_f}{T_0} \Rightarrow 0,25 = 1 - \frac{T_f}{400} \Rightarrow T_f = 300K \\ T_c &= T_k - 273 \Rightarrow T_c = 300 - 273 \Rightarrow T_c = 27^\circ C\end{aligned}$$

Resposta da questao 11:

[A]

Para calcular o rendimento de uma máquina térmica ideal usa-se a equação:

$$\eta = 1 - \frac{T_{fria}}{T_{quente}},$$

com as temperaturas expressas na escala Kelvin

$$\eta = 1 - \frac{327 + 273}{527 + 273} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{600}{800} \therefore \eta = 0,25$$

Mas o rendimento se relaciona com o trabalho e a fonte quente:

$$\eta = \frac{W}{Q_{\text{quente}}} \Rightarrow Q_{\text{quente}} = \frac{W}{\eta} \Rightarrow Q_{\text{quente}} = \frac{600J}{0,25} \therefore Q_{\text{quente}} = 2400J$$

Resposta da questao 12:

[A]

Justificando as alternativas INCORRETAS:

[B] Se isto acontecesse, não haveria energia sendo convertida em trabalho e, conseqüentemente, não haveria movimentação do pistão.

[C] Vai contra a Segunda Lei da Termodinâmica, que diz que nenhuma máquina operando em ciclos irá converter todo o calor recebido em trabalho. Dever haver uma perda de energia que não é utilizado como trabalho no processo.

[D] Vai contra a Segunda Lei da Termodinâmica.

Resposta da questao 13:

[E]

Observação: nessa alternativa [E] o enunciado deveria especificar que se trata de uma transformação cíclica, pois numa expansão isotérmica o calor é transformado totalmente em trabalho.

A segunda lei da Termodinâmica afirma que:

É impossível uma máquina térmica operar **em ciclo**, com rendimento de 100%, transformando integralmente em trabalho o calor recebido da fonte quente. Há sempre uma parcela desse calor rejeitado para a fonte fria.

Resposta da questao 14:

[B]

A segunda lei da Termodinâmica afirma: *“É impossível uma máquina Térmica, operando em ciclos, transformar integralmente calor em trabalho”*.

Em termos de cálculo, ela pode ser traduzida pela expressão do ciclo de Carnot, que dá o máximo rendimento (η) possível para uma máquina térmica operando em ciclos entre uma fonte quente e uma fonte fria, respectivamente, a temperaturas absolutas T_1 e T_2 :

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Para transformar integralmente calor em trabalho, o rendimento teria que ser igual $\eta = 1$

Nesse caso:

$$1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 0 \Rightarrow T_2 = 0K.$$

Ou seja, temperatura da fonte fria deveria ser zero absoluto, o que é um absurdo.

Resposta da questao 15:

[C]

De acordo com a segunda lei da termodinâmica. ***“É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho.”***

Resposta da questao 16:

[C]

Os processos AB e CD são adiabáticos, assim não há troca de calor.

Resposta da questao 17:

[A]

Dados: $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$; $Q_1 = 40\text{ kJ}$; $W = 10\text{ kJ}$.

O rendimento (η) desse motor é:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{10}{40} = 0,25.$$

Aplicando esse rendimento ao ciclo de Carnot:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta \rightarrow T_1 = \frac{T_2}{1 - \eta} \rightarrow T_1 = \frac{300}{1 - 0,25} = \frac{300}{0,75} = 400\text{ K} \rightarrow T_1 = 400 - 273$$

$$T_1 = 127^\circ\text{C}.$$

Resposta da questao 18:

[E]

A variação de energia interna entre dois estados, para um sistema gasoso é diretamente proporcional a variação de sua temperatura absoluta entre esses dois estados. No caso das transformações cíclicas, a temperatura final é sempre igual à inicial, portanto a variação de energia interna é nula.

Resposta da questao 19:

[D]

Em um sistema de refrigeração, como uma geladeira ou ar-condicionado, o trabalho é recebido para que o calor oriundo da fonte fria seja transferido para a fonte quente.

Resposta da questao 20:

[D]

Como se trata de uma expansão gasosa que ocorre em um intervalo de tempo muito pequeno, a transformação sofrida pelo CO_2 é adiabática.

Resposta da questao 21:

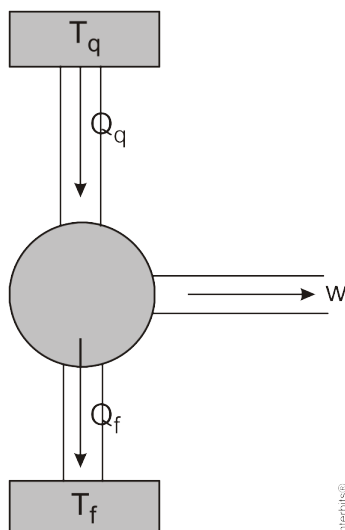
[D]

Em todo processo adiabático não ocorre troca de calor, com isso o volume e a temperatura são opostos. Como a questão pergunta a consequência de uma expansão adiabática, a resposta deve ser uma diminuição de temperatura.

Resposta da questao 22:

[D]

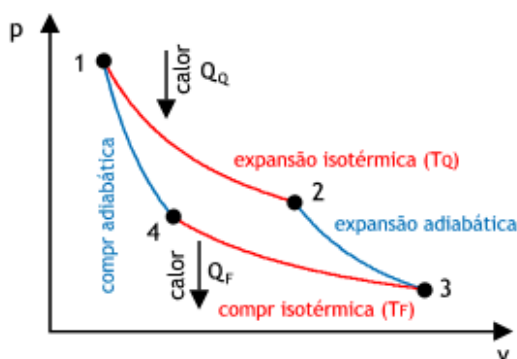
A figura mostra o esquema de uma térmica:



Resposta da questao 27:

[A]

A máquina de Carnot é composta de duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas, pode podemos ver no gráfico abaixo.



Resposta da questao 28:

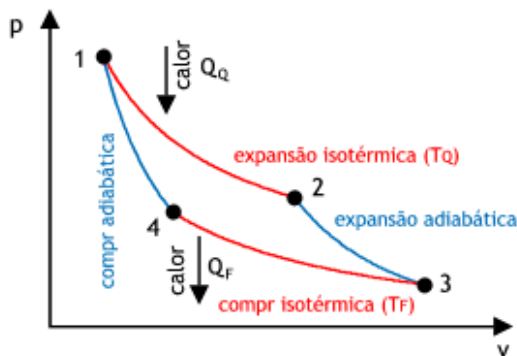
[C]

Toda máquina térmica opera em ciclos, recebendo calor da fonte quente, uma parte desse calor é usado de forma útil como trabalho e uma parte é desperdiçada para fonte fria.

Resposta da questao 29:

[E]

Como podemos ver no ciclo de Carnot,



3 até 4 = (C até D) processo compressão isotérmica e 4 até 1 = (D até A) é uma compressão adiabática.

Resposta da questao 30:

[C]

O rendimento η de uma máquina térmica é definido pela razão entre o trabalho útil realizado e o calor recebido:

$$\eta = \frac{W}{Q_{\text{quente}}}$$

O trabalho realizado corresponde à diferença entre o calor absorvido e o calor rejeitado:

$$W = Q_{\text{quente}} - Q_{\text{frio}}$$

Substituindo os valores fornecidos:

$$W = 5,0 \times 10^4 - 3,6 \times 10^4 = 1,4 \times 10^4 \text{ J}$$

Logo,

$$\eta = \frac{1,4 \times 10^4}{5,0 \times 10^4} = 0,28$$
$$\eta = 28\%$$

Nível 2

Resposta da questao 1:

[B]

Da relação entre os rendimentos, chegamos à temperatura da fonte fria:

$$\eta = 0,75\eta_c$$
$$\frac{\tau}{Q_1} = 0,75 \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$
$$\frac{1200}{4000} = 0,75 \left(1 - \frac{T_2}{127 + 273} \right)$$
$$0,4 = 1 - \frac{T_2}{400}$$
$$\frac{T_2}{400} = 0,6$$
$$\therefore T_2 = 240K$$

Resposta da questao 2:

[D]

Do rendimento do ciclo de Carnot, obtemos:

$$\eta = 0,2 = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$
$$\frac{T_F}{T_Q} = 0,8$$
$$T_F = 0,8T_Q$$

Após o aumento de temperatura da fonte quente, o novo valor do rendimento será de:

$$\eta' = 1 - \frac{0,8T_Q}{1,25T_Q}$$
$$\eta' = 1 - 0,64$$
$$\therefore \eta' = 0,36$$

Resposta da questao 3:

[D]

O rendimento do ciclo é dado por:

$$\eta = 1 - \left| \frac{Q_F}{Q_Q} \right| = 1 - \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = \frac{Q_{BC} - Q_{DA}}{Q_{BC}}$$

Resposta da questao 4:

[A]

Rendimento da máquina:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_Q} = \frac{400}{1000} = 0,4$$

Logo:

$$\begin{aligned} \eta &= 0,7\eta_c = 0,7 \left(1 - \frac{T_F}{T_Q} \right) \\ 0,4 &= 0,7 \left(1 - \frac{T_F}{600 + 273} \right) \\ \frac{T_F}{873} &= 1 - \frac{4}{7} = \frac{3}{7} \\ \therefore T_F &= 374K = 101^\circ C \end{aligned}$$

Resposta da questao 5:

[A]

Analisando as alternativas:

[A] INCORRETA. O calor enviado para a fonte fria seria de:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \Rightarrow \frac{Q_F}{70} = \frac{300}{600} \Rightarrow Q_F = 35J$$

[B] CORRETA. Cálculo do rendimento máximo teórico:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q} = 1 - \frac{300}{600} \Rightarrow \eta = 0,5 = 50\%$$

[C] CORRETA. O calor obtido pela fonte quente seria de:

$$\eta = \frac{T}{Q_Q} \Rightarrow 0,5 = \frac{50}{Q_Q} \Rightarrow Q_Q = 100J$$

[D] CORRETA. Caso o ciclo da máquina descrita fosse invertido, ela poderia funcionar como um refrigerador.

[E] CORRETA. Utilizando o resultado do item [D], obtemos:

$$\frac{T_F}{T_Q} = \frac{Q_F}{Q_Q} \Rightarrow \frac{300}{600} = \frac{Q_F}{100} \Rightarrow Q_F = 50J$$

Resposta da questao 6:

[B]

Calor da fonte fria:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Q_F}{\tau} \\ 0,4 &= \frac{Q_F}{1400 - Q_F} \\ 560 - 0,4Q_F &= Q_F \\ 560 &= 1,4Q_F \\ Q_F &= 400J\end{aligned}$$

Logo, o tempo necessário para que o refrigerador congele a água é de:

$$\begin{aligned}nQ_F\Delta t &= mc\Delta\theta + mL \\ 5 \cdot 400\Delta t &= 4 \cdot 4200 \cdot 25 + 4 \cdot 300 \cdot 10^3 \\ 2000\Delta t &= 420000 + 1200000 \\ \therefore \Delta t &= 810s\end{aligned}$$

Resposta da questao 7:

[A]

Temperatura da fonte quente:

$$\begin{aligned}\eta &= 1 - \frac{T_F}{T_Q} \\ 0,2 &= 1 - \frac{300}{T_Q} \\ \frac{300}{T_Q} &= 0,8 \\ \therefore T_Q &= 375K\end{aligned}$$

Calor cedido para a fonte fria:

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{\tau}{Q_Q} \\ 0,2 &= \frac{8 \cdot 10^2}{Q_Q} \\ Q_Q &= 4 \cdot 10^3J \\ \frac{Q_Q}{Q_F} &= \frac{T_Q}{T_F} \\ \frac{4 \cdot 10^3}{Q_F} &= \frac{375}{300} \\ \therefore Q_F &= 3200J\end{aligned}$$

Resposta da questao 8:

[B]

Rendimento da máquina Y:

$$\eta_Y = 1 - \frac{27 + 273}{327 + 273} = 1 - \frac{300}{600}$$
$$\eta_Y = 0,5 = 50\%$$

Rendimento da máquina X:

$$\eta_X = 0,4\eta_Y = 0,4 \cdot 50\%$$
$$\eta_X = 20\%$$

Calor fornecido pela fonte quente:

$$\eta_X = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$
$$0,2 = 1 - \frac{500}{Q_Q} \Rightarrow -0,8 = -\frac{500}{Q_Q}$$
$$Q_Q = 625J$$

Portanto, o trabalho realizado neste ciclo é de:

$$\eta_X = \frac{\tau}{Q_Q} \Rightarrow 0,2 = \frac{\tau}{625}$$
$$\therefore \tau = 125J$$

Resposta da questao 9:

[D]

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, é impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, transformar integralmente calor em trabalho.

Resposta da questao 10:

[B]

O trabalho (τ) realizado pela máquina térmica é igual à diferença entre o calor total retirado da fonte quente (Q_T) e o calor dispensado ou rejeitado (Q_D).

$$T = Q_T - Q_D(1)$$

O rendimento da máquina térmica é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{Q_D}{Q_T}(2)$$

Isolando Q_T na equação (2), temos:

$$Q_T = \frac{Q_D}{1 - \eta}(3)$$

Substituindo a equação (3) na equação (1), calculamos o trabalho:

$$\tau = \frac{Q_D}{1 - \eta} - Q_D \Rightarrow \tau = Q_D \left(\frac{1}{1 - \eta} - 1 \right) \Rightarrow$$
$$\tau = 4,6 \cdot 10^6 J \left(\frac{1}{1 - 0,08} - 1 \right) \therefore \tau = 4,0 \cdot 10^5 J$$