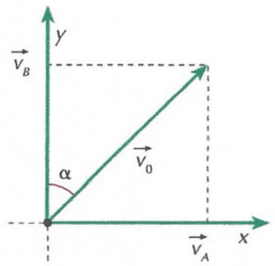
(IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO)

P.429 Dados: $m_A = m_B = m = 200\ g = 0{,}20\ kg$; $v_0 = 2{,}0\ m/s$; $sen\ \alpha = 0{,}80$

a) Conservação da quantidade de movimento:

$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{Q}_0$



Mas $\vec{Q}_A = m\vec{v}_A$; $\vec{Q}_B = m\vec{v}_B$ e $\vec{Q}_0 = m\vec{v}_0$.

Assim: $m\vec{v}_A + m\vec{v}_B = m\vec{v}_0 \Rightarrow \vec{v}_A + \vec{v}_B = \vec{v}_0$

Essa soma vetorial está representada na figura, da qual obtemos:

$sen\ \alpha = \frac{v_A}{v_0} \Rightarrow v_A = v_0 \cdot sen\ \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow v_A = 2{,}0 \cdot 0{,}80 \therefore v_A = 1{,}6\ m/s$

Como a esfera A se desloca ao longo do eixo x, os componentes dessa velocidade serão:

$v_{A_x} = 1{,}6\ m/s$ e $v_{A_y} = 0$

Da figura, obtemos ainda:

$cos\ \alpha = \frac{v_B}{v_0} \Rightarrow v_B = v_0 \cdot cos\ \alpha$

Sendo $sen^2\ \alpha + cos^2\ \alpha = 1$, obtemos $cos\ \alpha = 0{,}60$.

Então: $v_B = 2{,}0 \cdot 0{,}60 \therefore v_B = 1{,}2\ m/s$

Como a esfera B se desloca ao longo do eixo y, as componentes dessa velocidade serão:

$v_{B_x} = 0$ e $v_{B_y} = 1{,}2\ m/s$

b) Se as duas bolas saem formando um ângulo de 90° após a colisão, esta é perfeitamente elástica (ver exercício **R.160**). Portanto, há conservação da energia cinética: $\Delta E_c = 0$

Podemos chegar a essa mesma conclusão calculando a energia cinética antes e depois da colisão:

$$E_{c_{antes}} = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{0{,}20 \cdot (2{,}0)^2}{2} \therefore E_{c_{antes}} = 0{,}40\ J$$

$$E_{c_{depois}} = E_{c_A} + E_{c_B} = \frac{mv_A^2}{2} + \frac{mv_B^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_{depois}} = \frac{0{,}20 \cdot (1{,}6)^2}{2} + \frac{0{,}20 \cdot (1{,}2)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c_{depois}} = 0{,}256 + 0{,}144 \therefore E_{c_{depois}} = 0{,}40\ J$$

$$\Delta E_c = E_{c_{depois}} - E_{c_{antes}} = 0{,}40 - 0{,}40 \therefore \Delta E_c = 0$$

Testes propostos

T.318 $E_{mec_0} = E_{mec_A} \Rightarrow$

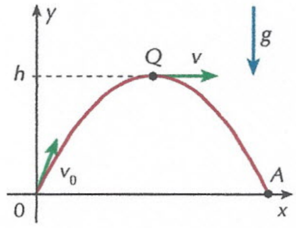
$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh \Rightarrow v_0^2 = v^2 + 2gh \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

Como $Q = mv$, temos:

$$Q = m\sqrt{v_0^2 - 2gh}$$

Resposta: **b**



T.319 De $E_c = \frac{mv^2}{2}$, vem: $E_c = \frac{m^2 \cdot v^2}{2m}$

Portanto: $E_c = \frac{Q^2}{2m}$

Sendo $E_c = 20\ J$ e $Q = 20\ N \cdot s$, resulta:

$$20 = \frac{(20)^2}{2m} \therefore m = 10\ kg$$

De $Q = mv$ temos: $20 = 10 \cdot v \therefore v = 2{,}0\ m/s$

Resposta: **e**

T.320 No gráfico F × t, a área é numericamente igual à intensidade do impulso:

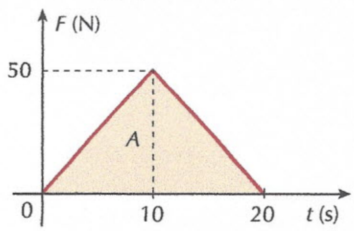
$$I \simeq A_{triângulo} \Rightarrow I = \frac{0{,}60 \cdot 8{,}0}{2} \therefore I = 2{,}4\ N \cdot s$$

Pelo teorema do impulso: $I = Q - Q_0$, sendo $Q_0 = 0$ e $Q = mv$, vem:

$I = mv \Rightarrow 2{,}4 = 0{,}1v \therefore v = 24\ m/s$

Resposta: **c**

T.321 Dados: $m = 20\ kg$; $v_0 = 0 \Rightarrow Q_0 = 0$



Pela área do gráfico: $A = \frac{20 \cdot 50}{2} \therefore I = 500\ N \cdot s$

Pelo teorema do impulso:

$Q - Q_0 = I \therefore Q = 500\ kg \cdot m/s$

$Q = mv \Rightarrow 500 = 20 \cdot v \therefore v = 25\ m/s$

Resposta: **e**

T.322 Ao chegar à esteira, a velocidade horizontal da areia é nula. A seguir, ela adquire velocidade horizontal igual à da esteira ($v = 0{,}5\ m/s$). Para que isso aconteça, a areia recebe da esteira, devido ao atrito, uma força horizontal para a direita de intensidade F. Pelo teorema do impulso, temos:

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$$

Projetando na direção horizontal, resulta:

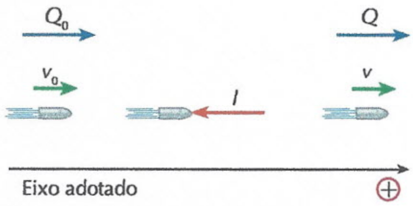
$$I = mv \Rightarrow F\Delta t = mv \Rightarrow F = \frac{m}{\Delta t} \cdot v \Rightarrow F = 80 \cdot 0{,}5$$

$\therefore F = 40\ N$

Pelo princípio da ação e reação, a areia aplica na esteira uma força horizontal para a esquerda e de intensidade $F = 40\ N$. Para que a velocidade da esteira permaneça constante e igual a $v = 0{,}5\ m/s$, a força adicional necessária a ser aplicada na esteira deve ter intensidade $F = 40\ N$, horizontal e para a direita.

Resposta: **c**

T.323 Dados: $m = 20\ g = 0{,}020\ kg$; $v_0 = 250\ m/s$; $v = 150\ m/s$



Quantidade de movimento inicial:

$Q_0 = mv_0 = 0{,}020 \cdot 250 \ \therefore\ Q_0 = 5{,}0\ kg \cdot m/s$

Quantidade de movimento final:

$Q = mv = 0{,}020 \cdot 150 \ \therefore\ Q = 3{,}0\ kg \cdot m/s$

Pelo teorema do impulso, em relação ao eixo adotado, temos:

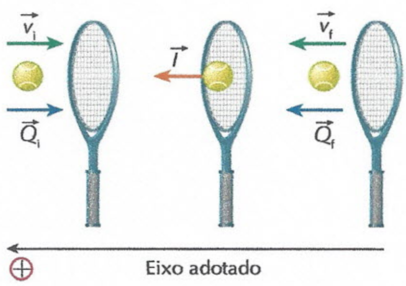
$-I = Q - Q_0 \Rightarrow -I = 3{,}0 - 5{,}0 \ \therefore\ I = 2{,}0\ N \cdot s$

Resposta: a

T.324 $v_f = 3v_i$; $g = 10\ m/s^2$; $F_m = 60P$; $\Delta t = 0{,}2\ s$

$I = F_m \cdot \Delta t = 60mg\,\Delta t = 60m \cdot 10 \cdot 0{,}2$

$\Rightarrow I = 120m$



$\vec{I} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i$

Em vista da orientação do eixo:

$I = Q_f - (-Q_i) = Q_f + Q_i \Rightarrow 120m = mv_f + mv_i \Rightarrow$

$\Rightarrow 120m = m \cdot 3v_i + mv_i \Rightarrow 120 = 4v_i \ \therefore\ v_i = 30\ m/s$

Resposta: c

T.325 $Q_1 = mv_1 \Rightarrow Q_1 = 0{,}50 \cdot 40 \ \therefore\ Q_1 = 20\ kg \cdot m/s$

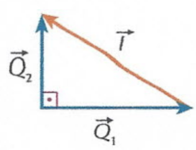
$Q_2 = mv_2 \Rightarrow Q_2 = 0{,}50 \cdot 30 \ \therefore\ Q_2 = 15\ kg \cdot m/s$

$\vec{I} = \vec{Q}_2 + \vec{Q}_1$

$I^2 = (Q_2)^2 + (Q_1)^2$

$I^2 = 15^2 + 20^2$

$\therefore\ I = 25\ N \cdot s$



Resposta: b

T.326 $Q_1 = Q_2 = mv \Rightarrow$

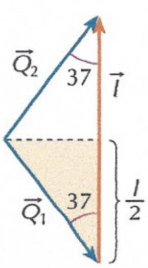
$\Rightarrow Q_1 = Q_2 = 0{,}10 \cdot 15$

$\therefore\ Q_1 = Q_2 = 1{,}5\ kg \cdot m/s$

No triângulo destacado:

$$\cos 37° = \frac{\left(\frac{I}{2}\right)}{1{,}5} \Rightarrow 0{,}80 = \frac{\left(\frac{I}{2}\right)}{1{,}5}$$

$\therefore\ I = 2{,}4\ N \cdot s$

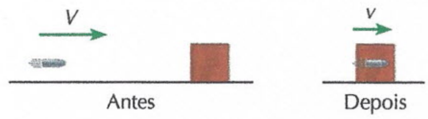


Resposta: c

T.327 A bolsa de ar (conhecida como *air-bag*) aumenta o intervalo de tempo Δt da interação e diminui a intensidade da força média F_m atuante, pois o módulo do impulso é dado por $I = F_m \Delta t$. Embora o impulso exercido sobre o motorista e, portanto, a variação de sua quantidade de movimento (ou momento linear) sejam os mesmos, ocorrendo em maior tempo, a força máxima atuante sobre a cabeça do motorista terá menor intensidade.

Resposta: b

T.328



Conservação da quantidade de movimento:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow mV + M \cdot 0 = (m + M) \cdot v \Rightarrow$

$\Rightarrow 20V + 0 = (20 + 2.480)v \Rightarrow V = 125v$ ①

Cálculo de v (velocidade de lançamento horizontal):

$s = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow 1{,}25 = \frac{10}{2}t^2 \ \therefore\ t = 0{,}50\ s$ (tempo de queda)

$x = vt \Rightarrow 2{,}0 = v \cdot 0{,}50 \ \therefore\ v = 4{,}0\ m/s$

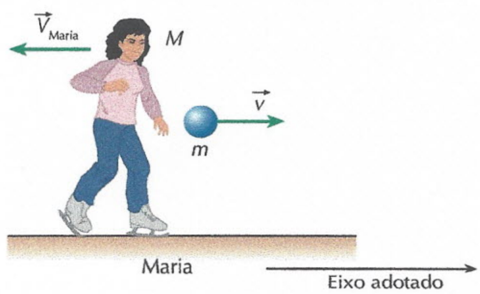
De ①, resulta:

$V = 125 \cdot 4{,}0 \ \therefore\ V = 500\ m/s = 0{,}50\ km/s$

Resposta: a

T.329 Maria e a bola estão inicialmente em repouso. Portanto, a quantidade de movimento antes de lançar a bola é nula.

Abaixo, representamos o sistema imediatamente depois de Maria lançar a bola:



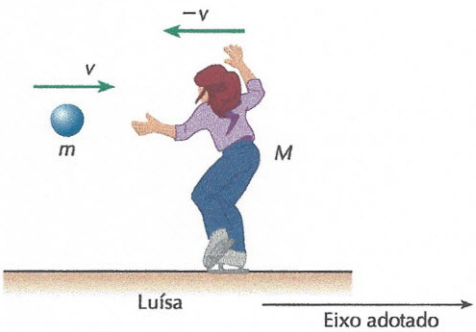
Pela conservação da quantidade de movimento aplicado ao sistema Maria + bola, concluímos que a quantidade de movimento do sistema, depois do lançamento da bola, é também nula. Isso significa que as quantidades de movimento de Maria e da bola têm mesma direção, sentidos opostos e módulos iguais:

$$M \cdot |\vec{V}_{Maria}| = m \cdot |\vec{v}|$$

Levando em conta que as velocidades são positivas para a direita, vem:

$$V_{Maria} = -\frac{mv}{M}$$

Vamos considerar agora o sistema Luísa + bola. Na ilustração a seguir, representamos a situação antes de a bola ser agarrada por Luísa.

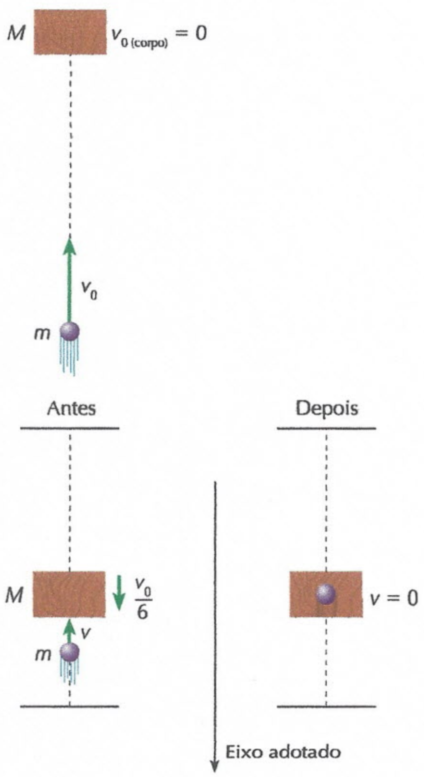


Na situação imediatamente posterior, Luísa agarra a bola e o sistema adquire velocidade $V_{Luísa}$. Pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$mv - MV = (M + m) \cdot V_{Luísa} \Rightarrow V_{Luísa} = \dfrac{mv - MV}{M + m}$

Resposta: **d**

T.330



Conservação da quantidade de movimento:

$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois}$

Em relação ao eixo adotado:

$M \cdot \dfrac{v_0}{6} + m(-v) = 0$

$Mv_0 = 6mv$ ①

Corpo de massa M: $\dfrac{v_0}{6} = gt$ ② (t: instante do encontro)

Projétil de massa m: $v = v_0 - gt$ ③

De ② e ③: $v = v_0 - \dfrac{v_0}{6} \Rightarrow v = \dfrac{5v_0}{6}$ ④

④ em ①: $Mv_0 = 6 \cdot \dfrac{5v_0}{6} \Rightarrow m = \dfrac{M}{5}$

Resposta: **a**

T.331

Conservação de quantidade de movimento:

$Q_{antes} = Q_{depois}$

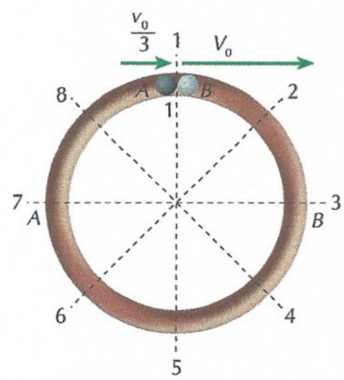
$M_Av_0 + M_B(-v_0) = M_Av_A + M_Bv_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 3M_Bv_0 - M_Bv_0 = 3M_Bv_A + M_Bv_0 \Rightarrow$

$v_A = \dfrac{v_0}{3}$

Posição do próximo choque:

No próximo encontro, B estará uma volta na frente:



$s_B - s_A = 2\pi R \Rightarrow v_0 \cdot t - \dfrac{v_0}{3} \cdot t = 2\pi R \Rightarrow$

$\Rightarrow t = \dfrac{3 \cdot 2\pi R}{2v_0}$ (instante do encontro)

O corpo A percorrerá:

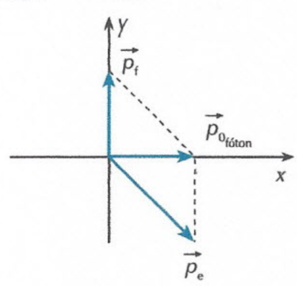
$s_A = \dfrac{v_0}{3} \cdot t \Rightarrow s_A = \dfrac{v_0}{3} \cdot \dfrac{3 \cdot 2\pi R}{2v_0} \Rightarrow s_A = \pi R$

Portanto, a partir da posição 1, o corpo A dará meia-volta e o encontro ocorrerá na posição 5.

Resposta: **b**

T.332 No momento da colisão entre o fóton e o elétron, o sistema é considerado isolado e, portanto, há conservação da quantidade de movimento:

$\vec{Q}_{antes} = \vec{Q}_{depois} \Rightarrow \vec{p}_{0_{fóton}} = \vec{p}_f + \vec{p}_e$



Como $\vec{p}_{0_{fóton}}$ tem a direção e o sentido do eixo x, isso também deve acontecer com a soma vetorial $\vec{p}_f + \vec{p}_e$. Isso ocorre na situação esquematizada na alternativa **a**.

Resposta: **a**

T.333 Um dos fragmentos percorre a distância de 300 m em 10 s. Logo, sua velocidade horizontal é de 30 m/s. Assim, imediatamente após a explosão, temos:

Imediatamente antes da explosão, a velocidade da granada é nula (pois explodiu na posição de altura máxima).

Logo, pela lei da conservação da quantidade de movimento, temos:

$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{depois}}$

$\vec{0} = m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B$

$m_A\vec{v}_A = -m_B\vec{v}_B$

Em módulo: $m_Av_A = m_Bv_B \Rightarrow 2 \cdot 30 = 3 \cdot v_B$

$\therefore\ v_B = 20$ m/s

A energia liberada na explosão e transformada em energia cinética dos fragmentos será:

$$E_{\text{liberada}} = \frac{m_A \cdot v_A^2}{2} + \frac{m_B \cdot v_B^2}{2}$$

$$E_{\text{liberada}} = \frac{2 \cdot (30)^2}{2} + \frac{3 \cdot (20)^2}{2}$$

$\therefore\ E_{\text{liberada}} = 1.500$ J

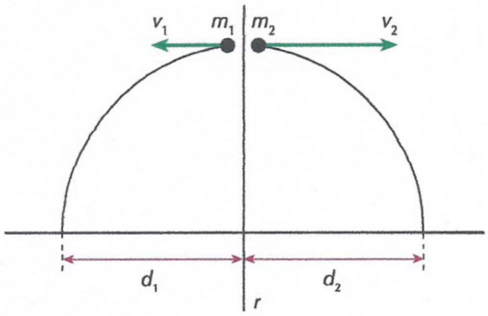
Resposta: **b**

T.334 Nas explosões, o sistema é considerado isolado de forças externas, havendo, portanto, conservação da quantidade de movimento.

No instante da explosão (ponto mais alto da trajetória), a quantidade de movimento é horizontal. Imediatamente depois da explosão, a soma dos vetores $\vec{p}_1$ e $\vec{p}_2$ deverá, também, ser horizontal. Isso ocorre nos itens (01) e (08).

Resposta: **09 (01 + 08)**

T.335 Na direção horizontal: $Q_{\text{antes}} = 0$ (imediatamente antes da explosão)



Imediatamente depois da explosão:

$Q_{\text{depois}} = 0 \Rightarrow m_1v_1 = m_2v_2$

Como $m_1 = 2m_2$, temos:

$2m_2v_1 = m_2v_2 \Rightarrow 2v_1 = v_2$

Mas: $v_1 = \dfrac{d_1}{\Delta t}$ e $v_2 = \dfrac{d_2}{\Delta t}$

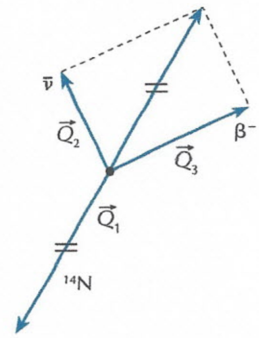
Assim: $2 \cdot \dfrac{d_1}{\Delta t} = \dfrac{d_2}{\Delta t} \Rightarrow d_2 = 2d_1$

Como $d_1 = 50$ m, temos: $d_2 = 100$ m

Resposta: **d**

T.336 Como o núcleo de ^{14}C está inicialmente em repouso, sua quantidade de movimento é nula: $\vec{Q}_{\text{inicial}} = \vec{0}$

Após a emissão, a soma das quantidades de movimento do ^{14}N do antineutrino $\bar{\nu}$ e da partícula β^- deve ser nula também, em vista da conservação da quantidade de movimento: $\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 = \vec{0}$. Isso só acontece na alternativa d:

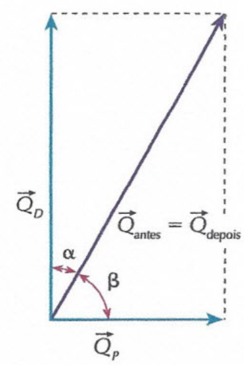


$\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 = \vec{0}$

$\vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 = -\vec{Q}_1$

Resposta: **d**

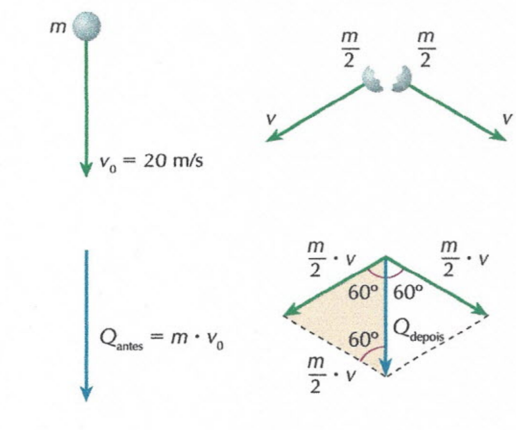
T.337 Nas colisões, o sistema é considerado isolado de forças externas, havendo, portanto, conservação da quantidade de movimento. Antes da colisão, a quantidade de movimento do "dogueiro" é $Q_D = 3mv$ e do pipoqueiro, $Q_P = mv$. A soma dos vetores $\vec{Q}_D$ e $\vec{Q}_P$ fornece a quantidade de movimento dos carrinhos imediatamente antes da colisão ($\vec{Q}_{\text{antes}}$), que é igual à quantidade de movimento imediatamente depois da colisão ($\vec{Q}_{\text{depois}}$).



Sendo $\alpha < \beta$, concluímos que uma das possíveis trajetórias dos dois carrinhos após a colisão é a B.

Resposta: **b**

T.338 Na explosão, o rojão é um sistema isolado e haverá conservação da quantidade de movimento:



Antes da explosão Depois da explosão

O triângulo sombreado é equilátero.

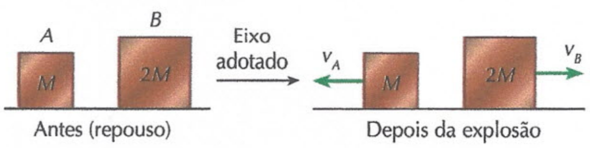
Logo: $Q_{\text{depois}} = \dfrac{m}{2} \cdot v$

Sendo $Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$ vem:

$mv_0 = \dfrac{m}{2} \cdot v \Rightarrow v = 2v_0 \Rightarrow v = 2 \cdot 20\ \therefore\ v = 40$ m/s

Resposta: **d**

T.339 $Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow 0 = M(-V_A) + 2MV_B \Rightarrow V_A = 2V_B$



Teorema da energia cinética:
Bloco A:

$$\mathcal{T}_{f_{at.}} = E_{C_f} - E_{C_i} \Rightarrow -\mu Mg \cdot L = 0 - \frac{MV_A^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu g L = \frac{V_A^2}{2} \text{ ①}$$

Bloco B:

$$-\mu \cdot 2Mg \cdot d = 0 - \frac{2MV_B^2}{2} \Rightarrow \mu g d = \frac{V_B^2}{2} \text{ ②}$$

Dividindo ② por ①:

$$\frac{d}{L} = \frac{V_B^2}{V_A^2} \Rightarrow \frac{d}{L} = \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^2 \Rightarrow \frac{d}{L} = \left(\frac{V_B}{2V_B}\right)^2 \Rightarrow d = \frac{L}{4}$$

Resposta: d

T.340 Sejam E_A e E_B as energias cinéticas de A e B imediatamente antes da colisão e E'_A e E'_B as energias cinéticas de A e B imediatamente depois da colisão.
Como a colisão é perfeitamente elástica, há conservação da energia cinética, isto é:

$$E_A + E_B = E'_A + E'_B \Rightarrow \frac{mv^2}{2} + 0 = \frac{mv'^2}{2} + E'_B \Rightarrow$$

$$\frac{m \cdot 2^2}{2} = \frac{m \cdot 1^2}{2} + E'_B \Rightarrow 2m = \frac{m}{2} + E'_B \Rightarrow E'_B = \frac{3m}{2}$$

Portanto:

$$\frac{E'_B}{E_A} = \frac{\frac{3m}{2}}{\frac{m \cdot 2^2}{2}} \Rightarrow \frac{E'_B}{E_A} = \frac{3}{4}$$

Resposta: e

T.341 $v_1 = 4{,}0$ m/s; $v_2 = 0$; $m_1 = m_2 = m$; $g = 10$ m/s^2
A partir da conservação da quantidade de movimento no choque:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow$
$\Rightarrow mv_1 = 2mV \Rightarrow v_1 = 2V$
$\therefore V = 2{,}0$ m/s

Usando a conservação da energia mecânica na subida do sistema composto pelos dois carrinhos:

$$E_c = E_p \Rightarrow \frac{2mV^2}{2} = 2mgh \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(2{,}0)^2}{2 \cdot 10}$$

$\therefore h = 0{,}20$ m $= 20$ cm
Resposta: d

T.342 $m_A = m$; $m_B = 2m$
A quantidade de movimento depois do choque é: $\vec{Q}_{depois} = 3m\vec{v}$
A quantidade de movimento antes deve ser igual, em vista da conservação da quantidade de movimento no choque.
Para cada alternativa, teremos:

a) $\vec{Q}_{antes} = m_B\vec{v}_B = 2m \cdot 1{,}5\vec{v} \Rightarrow \vec{Q}_{antes} = 3m\vec{v}$

b) $\vec{Q}_{antes} = m_B\vec{v}_B + m_A\vec{v}_A = 2m \cdot 2\vec{v} - m\vec{v} \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{Q}_{antes} = 3m\vec{v}$

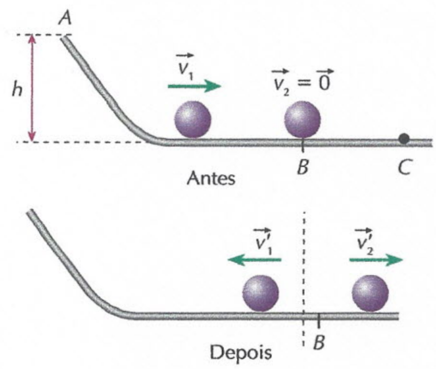
c) $\vec{Q}_{antes} = m_B\vec{v}_B + m_A\vec{v}_A = 2m \cdot 3\vec{v} - m \cdot 3\vec{v} \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{Q}_{antes} = 3m\vec{v}$

d) $\vec{Q}_{antes} = m_B\vec{v}_B + m_A\vec{v}_A = 2m \cdot 2\vec{v} + m\vec{v} \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{Q}_{antes} = 5m\vec{v}$

e) $\vec{Q}_{antes} = m_B\vec{v}_B + m_A\vec{v}_A = 2m \cdot 1{,}25\vec{v} + m \cdot 0{,}5\vec{v} \Rightarrow$
$\Rightarrow \vec{Q}_{antes} = 3m\vec{v}$

Resposta: d

T. 343 $m_1 = 100$ g $= 0{,}10$ kg; $m_2 = 300$ g $= 0{,}30$ kg; $h = 80{,}00$ cm; $g = 10$ m/s^2; $e = 1$



Cálculo da velocidade v_1:
$v_1^2 = 2gh$ (conservação da energia mecânica na descida de E_1)
$v_1^2 = 2 \cdot 10 \cdot 0{,}80 \Rightarrow$
$\Rightarrow v_1^2 = 16$
$\therefore v_1 = 4{,}0$ m/s

Conservação da quantidade de movimento no choque:

$Q_{antes} = Q_{depois} \Rightarrow m_1v_1 = -m_1v'_1 + m_2v'_2 \Rightarrow$
$\Rightarrow 0{,}10 \cdot 4{,}0 = -0{,}10v'_1 + 0{,}30v'_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 4{,}0 = -v'_1 + 3{,}0v'_2$ ①

A partir da definição do coeficiente de restituição, vem:

$$e = \frac{|v_{afast.}|}{|v_{aprox.}|} \Rightarrow 1 = \frac{v'_2 + v'_1}{v_1} \Rightarrow v_1 = v'_2 + v'_1 \Rightarrow$$

$\Rightarrow 4{,}0 = v'_2 + v'_1$ ②

Somando as equações ① e ② membro a membro:
$8{,}0 = 4{,}0v'_2 \therefore v'_2 = 2{,}0$ m/s
Substituindo o resultado anterior em ②:
$4{,}0 = 2{,}0 + v'_1 \therefore v'_1 = 2{,}0$ m/s
Na volta da esfera E_1, ela sobe a uma altura h':
$v_1'^2 = 2gh'$ (conservação da energia mecânica)

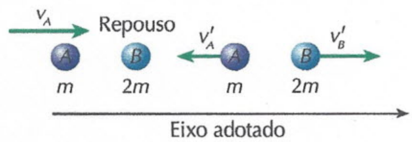
$$h' = \frac{v_1'^2}{2g} = \frac{(2{,}0)^2}{2 \cdot 10} \Rightarrow$$

$\Rightarrow h' = 0{,}20$ m $\therefore h' = 20{,}00$ cm
A alternativa a descreve corretamente o ocorrido.
Resposta: a

T.344 A energia potencial gravitacional da esfera A se transforma em energia cinética, antes da colisão com B:

$$mgH = \frac{mv_A^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{2gH}$$

Cálculo da velocidade da esfera A imediatamente depois da colisão com a esfera B:



Pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$$mv_A + 2m \cdot 0 = -mv'_A + 2mv'_B \Rightarrow v_A = -v_A + 2v_B \text{ ①}$$

Coeficiente de restituição:

$$e = \frac{v'_A + v'_B}{v_A} \Rightarrow 1 = \frac{v'_A + v'_B}{v_A} \Rightarrow v_A = v'_A + v'_B \text{ ②}$$

De ① e ②: $v'_A = \frac{v_A}{3}$

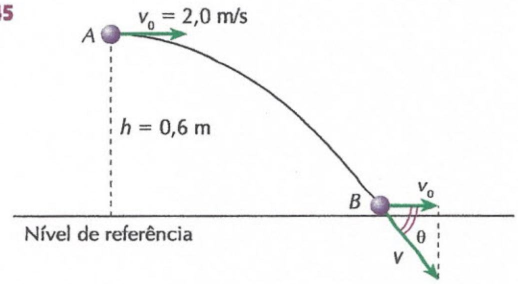
Após a colisão com B, a esfera A retorna, subindo a rampa e atingindo uma altura máxima h. Para o cálculo de h, vamos impor que a energia cinética de A se transforma em energia potencial gravitacional:

$$\frac{mv_A'^2}{2} = mgh \Rightarrow \frac{\left(\frac{v_A}{3}\right)^2}{2} = gh \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\left(\frac{\sqrt{2gH}}{3}\right)^2}{2} = gh \Rightarrow h = \frac{H}{9}$$

Resposta: **d**

T. 345



Cálculo do módulo da velocidade v com que a pequena esfera atinge o piso:

$$E_{mec.A} = E_{mec.B}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gh$$

$$v^2 = (2,0)^2 + 2 \cdot 10,0 \cdot 0,6$$

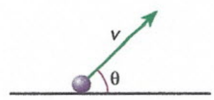
$$\therefore\ v = 4,0 \text{ m/s}$$

Cálculo do ângulo θ:

$$\cos\theta = \frac{v_0}{v} \Rightarrow \cos\theta = \frac{2,0}{4,0} \Rightarrow \cos\theta = 0,50$$

$$\therefore\ \theta = 60°$$

Como a colisão é perfeitamente elástica, concluímos que a esfera é lançada novamente para o alto com a velocidade inicial de módulo $v = 4,0$ m/s, sendo o ângulo de lançamento $\theta = 60°$:



Resposta: **c**

(TERMODINÂMICA)

Por regra de três simples e direta, sendo $1\ h = 3.600\ s$, temos:

$2{,}16 \cdot 10^{11}\ J$ ——— $3.600\ s$

Q_d ——— $1\ s$

$\therefore\ Q_d = 6 \cdot 10^7\ J$

Sendo $m = 5.000$ kg (pois $d_A = 1$ kg/L) e $c = 4.000$ J/(kg · °C), vem:

$Q_d = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 6 \cdot 10^7 = 5.000 \cdot 4.000 \cdot \Delta\theta$

$\therefore\ \Delta\theta = 3\ °C$

Testes propostos

T.175 Para a energia interna dos gases, temos:

$U_1 = \frac{3}{2}nRT_1$ ① $U_2 = \frac{3}{2}nRT_2$ 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:

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

Resposta: a

T.176 Como a transformação referida é isocórica ($\tau = 0$), a variação de energia interna é dada por:

$\Delta U = Q\ \therefore\ \Delta U = 1.250\ J$

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

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

Como $T_1 = 300$ K, temos:

$\Delta T = T_2 - T_1 \Rightarrow 100 = T_2 - 300$

$\therefore\ T_2 = 400\ K$

Resposta: c

T.177 Como a temperatura aumenta, a energia interna aumenta ($\Delta U > 0$). Tendo em vista a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \tau$, devemos ter $Q > \tau$, isto é, o gás recebe uma quantidade de calor maior que o trabalho que realiza.

Resposta: e

T.178 $\Delta Q = 8\ cal \Rightarrow \Delta Q = 8 \cdot 4\ J \Rightarrow \Delta Q = 32\ J$

O trabalho realizado pelo gás é dado numericamente pela área assinalada no gráfico:

$\tau = 4{,}0 \cdot (4{,}4 - 1{,}2)\ \therefore\ \tau = 12{,}8\ J$

Pela primeira lei da Termodinâmica, temos:

$\Delta U = \Delta Q - \tau = 32 - 12{,}8\ \therefore\ \Delta U = 19{,}2\ J$

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

$\Delta U = \frac{3}{2}nR \cdot \Delta T = \frac{3}{2}p \cdot \Delta V = \frac{3}{2}\tau = \frac{3}{2} \cdot 12{,}8$

$\therefore\ \Delta U = 19{,}2\ J$

Resposta: a

T.179 O processo é isobárico, sob pressão $p = 10\ N/m^2$.

A variação de volume é:

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

Então, o trabalho realizado pelo gás nessa expansão vale:

$\tau = p \cdot \Delta V = 10 \cdot 6\ \therefore\ \tau = 60\ J$

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

$\Delta U = Q - \tau = 150 - 60\ \therefore\ \Delta U = 90\ J$

Resposta: a

T.180 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).

Resposta: b

T.181 (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. $\tau = p \cdot \Delta V \Rightarrow \tau \overset{N}{=} A$

(08) Correta. Na transformação isotérmica, $\Delta U = 0$; logo, $Q = \tau$, que corresponde numericamente à área destacada no gráfico.

Resposta: 15 (01 + 02 + 04 + 08)

T.182 A transformação BC é isocórica: $\tau_{BC} = 0$

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

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

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

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

A variação de volume é:

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

O trabalho realizado será dado por:

$\tau_{AB} = p \cdot \Delta V = 6.000 \cdot 0{,}2$

$\therefore\ \tau_{AB} = 1.200\ cal$

Portanto: $\tau_{ABC} = 1.200\ cal$

Resposta: a

T.183 Considerando a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = Q - \tau$, a temperatura aumenta se $Q > \tau$, pois haverá aumento da energia interna ($\Delta U > 0$). Ao contrário, a temperatura diminui se $Q < \tau$, isto é, o trabalho realizado pelo gás é maior que o calor recebido, acarretando diminuição da energia interna ($\Delta U < 0$).

Resposta: d

T.184 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.

Resposta: e

T.185 Sendo adiabática a transformação, não há troca de calor ($Q = 0$). Então, de acordo com a primeira lei da Termodinâmica, $\Delta U = -\tau$. Comprimindo o gás, o trabalho é realizado sobre ele ($\tau < 0$), o que acarreta um aumento da energia interna ($\Delta U > 0$) e, portanto, um aumento de temperatura.

Assim: I. Correta.

II. Correta.

III. Incorreta.

Resposta: d

T.186 Numa compressão adiabática, temos: $Q = 0 \Rightarrow$ $\Rightarrow \Delta U = -\tau$

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

Resposta: a

T.187 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. 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.

Resposta: c

T.188 Como os estados inicial e final são os mesmos nos dois processos, as variações de energia interna são iguais: $\Delta U_1 = \Delta U_2$

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: $\tau_1 > \tau_2$

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: $Q_1 > Q_2$

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

Resposta: d

T.189 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.

Resposta: d

T.190 (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.

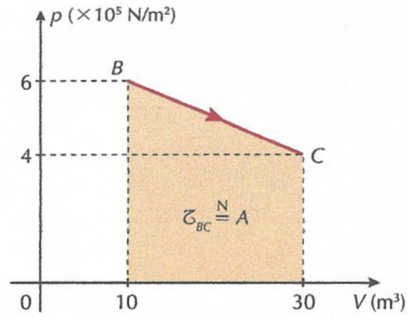
(04) Incorreta. Numa compressão isobárica, o volume diminui e a temperatura absoluta do gás diminui na mesma proporção. Portanto, a energia interna do gás diminui ($\Delta U < 0$).

(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:

$$\tau = Q = \frac{(30 - 10) \cdot (6 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5)}{2}$$

$\therefore\ Q = 2 \cdot 10^6$ J

(16) Incorreta.



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

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

$\tau_{BC} = 1 \cdot 10^7$ J

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

Resposta: **41 (01 + 08 + 32)**

T.191 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: $\tau = 0$

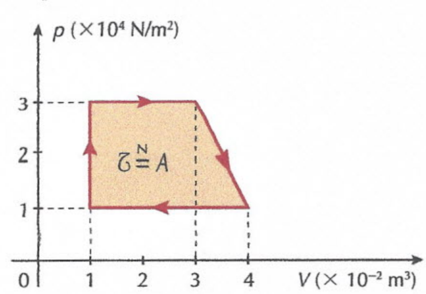
d) Incorreta. A transformação *CA* é isotérmica e, portanto, devemos ter *pV* constante. Se $p = 3$ N/m², temos:

$pV = p_C V_C \Rightarrow 3 \cdot V = 1 \cdot 12\ \therefore\ V = 4$ m³

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

Resposta: e

T.192



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

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

$\tau = 5 \cdot 10^2$ J $= 0{,}5$ kJ

Em $\Delta t = 1$ s, temos: $\tau_{total} = 20\tau = 20 \cdot 0{,}5$

$\therefore\ \tau_{total} = 10$ kJ

Como $Pot = \dfrac{\tau_{total}}{\Delta t}$, vem: $Pot = \dfrac{10}{1}\ \therefore\ Pot = 10$ kW

Resposta: b

T.193 (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.

Resposta: **22 (02 + 04 + 16)**

T.194 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.

Resposta: **a**

T.195 I. Correta. Trata-se de uma compressão adiabática.

II. Incorreta. No processo isobárico 3 → 4 a temperatura diminui, pois o volume diminui.

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

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

Resposta: **c**

T.196 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.

Resposta: **c**

T.197 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:

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

$$\Rightarrow \eta \simeq 0{,}33 = 33\%$$

Portanto, esse feito contraria a segunda lei da Termodinâmica.

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

Resposta: **a**

T.198 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:

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

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

$$\Rightarrow \eta_{\text{máx.}} = 0{,}25 = 25\%$$

Resposta: **e**

T.199 Sendo $Q_1 = 4{,}0 \cdot 10^5$ J a quantidade de calor fornecida pela fonte quente e $\mathcal{T} = 5{,}0 \cdot 10^4\ \text{J} = 0{,}50 \cdot 10^5$ 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:

$T_1 = (227 + 273)\ \text{K} = 500\ \text{K}$; $T_2 = (177 + 273)\ \text{K} = 450\ \text{K}$

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.

Resposta: **a**

T.200 A sala é termicamente isolada, não permitindo trocas de calor com o meio exterior. Ao abrir a porta da geladeira, inicialmente o ar ambiente esfria. Porém, o sistema motor-compressor está recebendo energia elétrica do meio exterior que vai sendo convertida em energia térmica, aquecendo a sala. É o princípio da degradação da energia (segunda lei da Termodinâmica).

Resposta: **c**

T.201 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.

Resposta: **d**

T.202 As transformações naturais sempre acarretam um aumento da entropia do Universo.

Resposta: **c**

T.203 A segunda lei da Termodinâmica estabelece que é impossível a conversão integral de calor em trabalho em um motor que opera em ciclos.

Resposta: **c**

T.204 Com a quebra da lâmpada, ocorre uma expansão livre do ar (considerado um gás ideal). Nessas condições, o volume do gás aumenta, e, portanto, há um trabalho positivo.

Resposta: **e**

T.205 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.

Resposta: **a**