Olimpíada Brasileira de Física 2006

Gabarito - Segunda Fase

Primeira e Segunda Séries

Questão 01 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Dados:

>intervalo de tempo: $\Delta t = 4$ min = 240s

>volume de água a ser elevado: 1 m^3

>altura do reservatório: 12m

>são desprezadas as resistências.

a) cálculo do trabalho

i) tem-se que obter a massa da água a partir de sua massa específica

$\mu = m / V \therefore m = 1000 . 1$ ou seja $m = 1000kg$

ii) cálculo do trabalho

O trabalho da bomba é, em módulo, igual ao trabalho da força peso e, portanto, pode ser calculado pela variação da energia potencial gravitacional.

$\tau = |\Delta E_{pg}| = | m.g.y_o - m.g.y |$

Com um referencial no ponto de onde a bomba puxa a água, a expressão fica:

$\tau = | m.g.0 - m.g.y |$ ou seja $\tau = 1000 . 10 . 12$ $\boldsymbol{\tau = 12.10^4}$ **J**

b) cálculo da potência

$P = \tau / \Delta\tau \Rightarrow P = 12.10^4 / 240 \therefore$ **P = 500W**

Questão 02 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

a) Valor da velocidade v_B

Deverá ser calculada a velocidade do bloco no ponto B pelo princípio da conservação da energia, pois atuam apenas duas forças: o peso que é uma força conservativa e a reação de apoio que é perpendicular à trajetória em qualquer instante (trabalho nulo). Para um referencial no ponto B, tem-se:

$E_{pgA} + E_{cA} = E_{pgB} + E_{cB} \rightarrow m . g . y_{AB} + 0 = 0 + ½.m . (v_B)^2 \therefore$ $\boldsymbol{v_B = 6}$ **m/s**

b) cálculo do tempo t_{BC}

Ao movimento do móvel desde B até C pode ser aplicado o princípio da independência de Galileu, ou seja, uma queda livre na vertical e um movimento uniforme na horizontal. O tempo para ir desde B até C é o mesmo tempo para cair de uma altura y_{BC}

$y_{BC} = ½. g . (t_{BC})^2 \rightarrow 1,8 = ½ . 10 . (t_{BC})^2 \therefore t_{BC} = (0,36)^{½}$ ou $\boldsymbol{t_{BC} = 0,6}$**s**

c) cálculo da distância x

A distância x (alcance) é igual à distância percorrida em movimento uniforme na horizontal no mesmo tempo em que dura a sua queda (0,6s)

$x_{BC} = v_x . t_{BC}$ ou seja $x = v_B . t_{BC}$ ou $x = 6 . 0,6 \therefore$ **x = 3,6m**

Questão 03 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Trata-se de um problema convencional de lançamento vertical e de aplicação imediata das fórmulas.

Dados

> desconsiderar a resistência do ar

> altura a ser atingida = 20 m

a) determinar a velocidade de lançamento

Pode ser usada a equação de Torricelli para um lançamento contra o campo gravitacional

no ponto mais alto v=0m/s e y= 20m, assim:

$v^2 = v_o^2 - 2.g.y$

$0^2 = v_o^2 - 2.10.20 \quad \therefore \quad \mathbf{v_o = 20\ m/s}$

b) o tempo para ir e voltar é o dobro do tempo dispendido para chegar à altura a máxima, ou para a velocidade tornar-se igual a zero.

Usando a expressão da velocidade como função do tempo, fica:

$v=v_0 - gt$

impondo a condição de que v=0m/s (ponto mais alto da trajetória) vem:

$0=v_0 - gt \quad \Rightarrow \quad 0=20 - 10.t \quad \Rightarrow \quad 10t=20 \quad \Rightarrow \quad t=2s$

finalmente o tempo vale:

$\Delta t=2.t$ ou $\mathbf{\Delta t=4s}$

Questão 04 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Trata-se de uma comparação do valor da aceleração da gravidade em dois corpos celestes.

Depende de ser lembrada a expressão de cálculo do campo gravitacional g em função das dimensões do astro e de manipulação algébrica. Não é preciso fornecer nem massas nem raios pois é pedido apenas uma relação entre os campos.

Dados

> $M_S = 320000.M_T$

> $D_S = 100.D_T$ ou $R_S = 100.R_T$

i) expressões do campo gravitacional

(Sol) $g_S = G . M_S / (R_S)^2$

(Terra) $g_T = G . M_T / (R_T)^2$

Substituindo M_S e R_s na expressão de g_S:

$g_S = G . 320000.M_T / (100.R_T)^2 \quad \therefore \quad g_S = G . 32\cancel{0000}.M_T / \cancel{10000} (R_T)^2$

$g_S = G . 32.M_T /(R_T)^2 \quad \therefore \quad g_S = 32.G. M_T / (R_T)^2$

$\mathbf{g_S =32. g_T}$

Questão 05 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

A questão é determinar o valor do empuxo capaz de sustentar a carga mais o peso do H_2 contido no próprio balão.
É preciso também saber que o empuxo E tem o mesmo valor do peso do ar deslocado.

a) cálculo do volume mínimo do balão

i) Empuxo = peso do ar deslocado = $\mu_{AR}.g.V$

massa total (m_T) = massa suspensa + massa do H_2 dentro do balão

$m_T = 180 + m_{H2} \quad \Rightarrow \quad m_T = 180 + \mu_{H2}.V$

a expressão em termos de peso, fica: $P_T = g.(180 + \mu_{H2}.V)$

ii) O empuxo deve ser igual ao peso do conjunto para que as condições do problema sejam satisfeitas. Portanto:

$P_T = E \quad \Rightarrow \quad g.(180 + \mu_{H2}.V) = \mu_{AR}.g.V \quad$ ou $\quad 180 + \mu_{H2}.V = \mu_{AR}.V$

$180 + 0{,}090.V = 1{,}30.V \quad \therefore \quad 1{,}21V = 180 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{V= 148{,}76m^3}$

b) cálculo do raio do balão:

$V = 4\pi R^3 / 3 \quad \Rightarrow \quad 148{,}76 = 4.3.R^3 / 3 \quad \Rightarrow \quad R^3 = 37{,}19 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{R = \sqrt[3]{37{,}19}\ m}$

Questão 06 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Exige aplicação da equação de Clapeyron e do conceito de massa específica

$pV = n R T \quad$ em que $\quad n = m / M \quad$ portanto $\quad pV = (m/M)RT$

São dados:

$p =1{,}0$ atm $= 1.10^5$ Pa
$V = 6{,}0 \times 4{,}0 \times 3{,}0 = 72m^3$
$M = 29.10^{-3}\ m^3$
$T= 17^oC = 290K$
$30\ dm^3 = 30.10^{-3}m^3$

a) massa de ar contido na sala:

$pV = (m/M)RT \quad \therefore \quad 1.10^5 . 72 = (m/29.10^{-3}). 8{,}3 . 290$

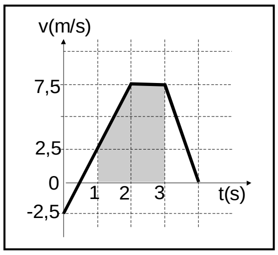
$m = (1.10^5 . 72 . 10^{-3}) / (8{,}3 . 10) \quad \Rightarrow \quad \mathbf{m = 86{,}8\ kg}$

b) massa específica:

$\mu = m / V \quad$ ou $\quad \mu = 86{,}8 / 30.10^{-3} \quad \therefore \quad \mathbf{\mu = 2{,}89.10^3\ kg/m^3}$

Questão 07 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Aqui é exigido do aluno análise de diagramas. Num diagrama $v = f(t)$, o deslocamento do móvel é calculado pela área sob a curva, entre os instantes considerados. Além da interpretação do diagrama, é necessário saber "ler" os valores que serão considerados, pois não estão diretamente indicados.



a) O deslocamento é numericamente igual à área hachurada e fica por conta do estudante encontrá-la por meio de somas de áreas de figuras que compõe a figura em questão. Conferir se as opções são corretas e coerentes.

Deverá encontrar o valor igual a:
área hachurada $\rightarrow$ $\mathbf{\Delta x = 12{,}5m}$

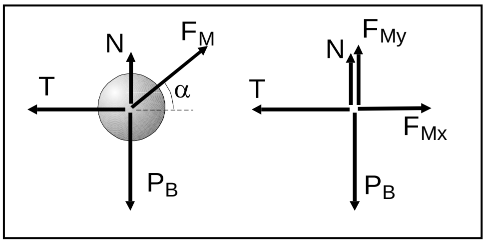
b) a aceleração é encontrada pelo valor da inclinação da reta para o instante considerado. Para t=1s, o estudante escolhe um valor para Δv e um correspondente para Δt para a reta que corresponde ao intervalo de tempo que vai desde 0s até 2s. Conferir se as opções são corretas e coerentes.

inclinação $\rightarrow$ $v = \Delta t / \Delta t = (7{,}5 - (-2{,}5)) / (2-0) = 10 / 2 \quad \Rightarrow \quad \mathbf{v = 5\ m/s^2}$

Questão 08 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Como o sistema está em equilíbrio o problema consiste em analisar os esforços envolvidos e impor as condições de equilíbrio. O estudante precisa identificar as forças envolvidas e equilibrá-las.

$k_{mola} = k_M = 1{,}0$ kN/m
$P_B = 200N$ $\qquad$ $P_A = 49N$
$\alpha = 45^o$ $\qquad$ F_M = força elástica na mola



a) força de reação N

i) Deverá ser explicitado que a tração no cabo é igual ao peso do corpo A pois o sistema tem uma aceleração nula ou seja:

$\Rightarrow$ no corpo pendente:

$T - P_A = m_A \cdot a \qquad T - 49 = m_A \cdot 0$

$T = 49$ N

ii) A componente horizontal da resultante na bola é nula:

$\Rightarrow$ na bola:

$F_{Mx} - T = 0 \ \Rightarrow\ F_{Mx} = F_M \cos 45^o = 49\ N \quad \therefore \quad F_M = 49 / 0{,}7 \quad$ ou $\ F_M = 70$ N

iii) A componente vertical da resultante na bola também é nula:

$F_{My} + N - P_B = 0 \ \Rightarrow\ N = P_B - F_{My} \ \Rightarrow N = P_B - F_M \text{ sen } 45^o \quad N = 200 - 70 \cdot 0{,}7$

$N = 200 - 49 \qquad \therefore \qquad \mathbf{N = 151\ N}$

b) deformação da mola

A deformação x da mola vem da expressão algébrica da lei de Hooke:

$F_M = k \cdot x \quad$ ou $\ x = F_M / k \ \Rightarrow \ x = 70 / 1.10^3 \quad$ portanto $\ \mathbf{x = 0{,}07\ m}$ **ou 7cm**

Questão 09 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

a) Tração T_S

Quando o corpo A está sendo sustentado, o sistema está em equilíbrio ou seja sua aceleração é nula. Isolando B e C tem-se com a 2a lei de Newton:

$T_S - P_B - P_C = (m_B + m_C)\, a$

$T_S - m_B.g - m_C.g = (m_B + m_C)\, a \Rightarrow T_S - 2.10 - 1.10 = (1 + 2).0 \Rightarrow$ $\mathbf{T_S = 30\ N}$

b) Tração T_L

i) Ao se largar o corpo o corpo A, o sistema perde o equilíbrio e acelera. Com a 2a lei de Newton aplicada aos corpos A B e C e supondo-se que o deslocamento seja no sentido anti horário, tem-se:

$P_A - P_B - P_C = (m_A + m_B + m_C).a$ ou $m_A.g - m_B.g - m_C.g = (m_A + m_B + m_C).a$

$7 . 10 - 2 . 10 - 1 .10 = (7 + 2 + 1) .a \quad \therefore \quad a = 4\ m / s^2$

ii)Isolando B e C e aplicando a 2a lei de Newton ao corpo A, tem-se:

$T_L - P_B - P_C = (m_B + m_C). a \Rightarrow T_L - m_B.g - m_C.g = (m_B + m_C). a \Rightarrow$

$T_L - 2.10 - 1.10 = (1 + 2).4$

$\mathbf{T_L = 42\ N}$

Questão 10 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

O recipiente adiabático citado, além de não trocar calor com o ambiente, não participa das trocas de calor (capacidade térmica desprezível). O problema se reduz, então, à análise das trocas de calor entre a água quente e o gelo moído.

O problema é resolvido pela suposição de que todo o gelo é fundido e a água oriunda da fusão continua a receber calor da água quente. Se a resposta for incoerente, outras hipóteses devem ser lançadas.

Em um sistema adiabático sempre valerá:

Σ Q trocados = 0 ou ainda, ΣQ recebidos + ΣQ cedidos = 0

a) temperatura de equilíbrio térmico

ΣQ recebidos + ΣQ cedidos = 0

Q recebido para fundir o gelo a 0^oC + Q recebido para aquecer a água de fusão + Q cedido para resfriar a água quente = 0

$m_g.L_f + m_g .c.(\theta - \theta o) + m_a.c.(\theta - \theta o) = 0$

$100.80 + 100 .1.(\theta - 0) + 200.1.(\theta - 100) = 0 \quad \Rightarrow$

$8000 + 100. \theta + 200. \theta - 20000 = 0$

portanto $\theta_{\mathbf{equilíbrio}}$ = **40^oC** (suposição consistente)

b) quantidade de calor cedida pela água quente

O calor cedido pela água quente vem de:

Q cedido = $m_a.c.(\theta - \theta o) \Rightarrow$ Q cedido = $200.1.(40 - 100) \Rightarrow$

Qcedido = – 12000cal

O sinal apenas confirma que o calor foi cedido.

Questão 11 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Trata-se de um problema de associação de engrenagens/polias, relacionado ao M.C.U.

$R_A = 10$ cm $\quad\quad R_B = 4{,}0$ cm
$f_A = 2{,}0$ Hz $\quad\quad f_B = ?$

a) freqüência de rotação da engrenagem menor

A velocidade escalar da corrente é a mesma nas duas engrenagens:

$v_A = v_B$

Assim

$\omega_A R_A = \omega_B R_B$ $\quad$ (ω – velocidade angular)

Ou

$2\pi \,.\, f_A \,.\, R_A = 2\pi \,.\, f_B \,.\, R_B$

$2 \,.\, 10 = f_B \,.\, 4$

$\boxed{\mathbf{f_B = 5\ Hz}}$

b) Velocidade de translação da bicicleta

$v = ?$

A velocidade de translação da bicicleta é igual à velocidade de um ponto da periferia da roda, que gira com freq. $f_B = 5$ Hz (A roda é concêntrica e solidária à engrenagem menor)

$R = 30$ cm $= 0{,}30$ m

$v = 2\pi R f_B$

$v = 2 \,.\, 3 \,.\, 0{,}30 \,.\, 5$

$\boxed{\mathbf{v = 9\ m / s}}$ ou $\boxed{\mathbf{v = 32{,}4\ km / h}}$

Questão 12 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Trata-se de um problema que envolve as forças atuantes no M.C.U.
Se a sensação do peso triplica, a reação normal da pista para equilibrar é:

$N = 3P$

A força centrípeta neste ponto da trajetória é dada pela resultante entre a reação de apoio e o peso.
E como atuam na mesma direção, vem:

$F_C = N - P \quad \Rightarrow \quad F_C = 3P - P \quad \Rightarrow \quad F_C = 2P$

$F_C = 2 \,.\, m \,.\, g$

Então:

$\frac{m\, v^2}{R} = 2\, m\, g$ implica que

$v^2 = 2.R.g$

Sendo $R = 80$ m e $g = 10/s^2$

$v^2 = 2 \,.\, 80 \,.\, 10$

$v^2 = 1600$

$\boxed{\mathbf{v = 40\ m/s}}$

Questão 13 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

A questão requer conhecimentos sobre prensa hidráulica e equilíbrio do corpo rígido.

a) Força F_1 aplicada no êmbolo menor

Equilíbrio da prensa hidráulica:
$F_1 \,.\, A_M = P \,.\, A_m$
(A_M - área do êmbolo maior; A_m – área do êmbolo menor; $A = \pi R^2$)

$600 \,.\, \pi\,(10 \,.\, 10^{-3})^2 = F_1 \,.\, \pi\,(100 \,.\, 10^{-3})^2$
$600 \,.\, 10^{-4} = F_1 \,.10^{-2}$
$\boxed{F_1 = 6\ N}$

b) Força F aplicada pelo operador

No equilíbrio de rotação, a somatória dos momentos relativos ao eixo de rotação é igual a zero:
(Considerar a mesma pontuação caso o estudante use diretamente a equação das alavancas: $F.d = F_1.d_1$)

$\Sigma M_A = 0$
$F \,.\, 0{,}4 + (-F_1)\, 0{,}1 = 0$
$F \,.\, 0{,}4 - 6 \,.\, 0{,}1 = 0$
$F = 0{,}6 / 0{,}4$
$\boxed{F = 1{,}5\ N}$

Questão 14 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Problema sobre irradiação do calor.

a) Expressão E/t em função de S e T

i) Chamando de K a constante de proporcionalidade (considerar outros símbolos atribuídos pelos alunos e conferir a coerência) conforme o enunciado, vem:

$\mathbf{E / t = K.S.T^4}$

ii) **cálculo do valor de K**
Definida a expressão, K pode ser expresso como:

$K = E / t \,.\, S^{-1}.T^{-4}$

como a lâmpada incandescente descrita irradia 100% da energia elétrica que utiliza pode-se escrever:

$Pot = E / t$ ou
$K = Pot \,.\, S^{-1}.T^{-4}$

Sendo $Pot = 81\ W$ e $S = 2{,}5 \,.\, 10^{-5}\ m^2$
$\theta_c = 2727\ °C \rightarrow T = 3000K$,
temos
$K = 81 \,.\, S^{-1}.T^{-4}$

$K = 81 \,.\, (2{,}5 \,.\, 10^{-5})^{-1} . (3 \,.\, 10^3)^{-4}$
$K = 81 .\ 0{,}4 \,.\, 10^5 \,.\, (1/81).\, 10^{-12}$
$K = \,.\, 0{,}4 \,.\, 10^5 \,.\, 10^{-12}$

$\boxed{\mathbf{K = 4 \,.\, 10^{-8}\ W.\ m^{-2} \,.\, K^{-4}}}$

b) Nova potência dissipada pela lâmpada (Pot')

temperatura $\theta_c' = 1727\ °C \rightarrow T' = 2000\ K$
$Pot' = K \,.\, S \,.\, T'^4$
$Pot' = 4.10^{-8} \,.\, 2{,}5.10^{-5} \,.\, (2.10^3)^4$
$Pot' = 4.10^{-8} \,.\, 2{,}5.10^{-5} \,.\, 16.10^{12}$
$\boxed{\mathbf{Pot' = 16\ W}}$

Questão 15 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Problemas sobre lentes.

Dados:	O =	30 cm	altura do objeto
	I =	10 cm	altura da imagem
	p' =	12 cm	distância da imagem à lente

a) Distância focal da lente

Pela equação da ampliação
$A = I / O = 10 / 30 = 1/3$
Como neste caso a imagem é real e invertida, implica que A < 0.

$A = -1/3 \rightarrow A = -p'/p \rightarrow -1/3 = -12/p \quad \therefore \quad \mathbf{p = 36\ cm}$

Aplicando a equação de Gauss

$$1/f = 1/p + 1/p' \quad \Rightarrow \quad 1/f = 1/36 + 1/12$$

$\boxed{\mathbf{f = 9\ cm}}$ **ou** $\mathbf{f = 0{,}09 m}$

b) Raio de curvatura

Aplicando a equação de Halley
$\mathbf{1/f = ((n_v / n_{ar}) - 1)\ [(1/R_1) + (1/R_2)]}$ **mas** $\mathbf{R2 = \infty}$

$1/9 = ((1{,}5/1) - 1)\ [(1/R_1)]$

$\boxed{\mathbf{R = 4{,}5\ cm}}$ **ou** $\mathbf{R = 0{,}045\ m}$

Questão 16 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Questão sobre relação entre trabalho e variação da energia mecânica

$$\tau_{ext} = \Delta E_M = -\Delta E_p$$

O trabalho realizado pelo operário é numericamente igual à variação da Energia Potencial gravitacional (E_{pg}) do tijolo

Trabalho unitário (sobre um tijolo)

$\tau = P \cdot \Delta y$ $\Delta y \rightarrow$ deslocamento vertical do tijolo

$\tau = m \cdot g \cdot \Delta y$

$\tau = 2 \cdot 10 \cdot 3$

$\boxed{\tau = 60 \text{ J}}$

O trabalho mecânico total realizado pelo operário, vale, portanto:

$\tau_t = n \cdot \tau$

$\tau_t = 1000 \cdot (60)$

$\tau_t = 60000$ J   ou $\tau_t = 6.10^4$ J

Questão 17 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

A questão envolve o conceito de trabalho e equações da cinemática e dinâmica.

Dados: $m = 10$ kg

$\Delta y = 2{,}0$ m $\rightarrow$ deslocamento vertical

$F_C = 60$ N $\rightarrow$ força de atrito

a) trabalho realizado pelo operador

i) Força exercida pelo operador

$F_O = ?$

$F_O = P + F_C$

$F_O = m \cdot g + 60$

$F_O = 10 \cdot 10 + 60$

$F_O = 160$ N

ii) trabalho

$\tau = F_O \cdot \Delta y$

$\tau = 160 \cdot 2$ $\boxed{\mathbf{\tau = 320 \text{ J}}}$

b) Tempo para chegar ao fundo do tubo

i) Quando a corda se rompe, a força resultante sobre a peça é:

$F_R = P - F_C \rightarrow$ (o atrito sempre atua no sentido contrário do movimento)

$F_R = 100 - 60$ $F_R = 40$ N

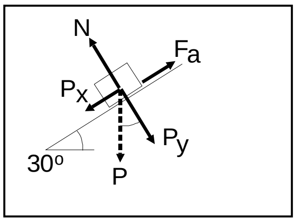
ii) A aceleração será dada pela aplicação da 2ª. lei de Newton:

$a = F_R / m = 40 / 10 = 4 \text{m/s}^2$

iii) Se a aceleração é constante em um movimento retilíneo temos um M.R.U.V. em que :

$\Delta y = \frac{1}{2} at^2$ $2 = \frac{1}{2} 4.t^2$ $\therefore$ $\mathbf{t = 1s}$

Questão 18 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)



Questão sobre o plano inclinado e equilíbrio.
Dados: $m = 2,0$ kg
$\alpha = 30^\circ$

a) Força de atrito

Como a situação é de equilíbrio (M.R.U.)
$f_a = P_x$ ($P_x \rightarrow$ componente do peso paralela ao plano)
$f_a = P.\text{sen } 30^\circ$
$f_a = m \cdot g \cdot \text{sen } 30^\circ$
$f_a = 2 \cdot 10 \cdot 0,5$
$\boxed{f_a = 10 \text{ N}}$

b) força de reação à compressão (reação normal)
$N = ?$ $\rightarrow$ situação de equilíbrio também na perpendicular ao plano
$N = P_y$
$N = P .\cos 30^\circ$
$N = m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$
$N = 20 \cdot 0,87$
$\boxed{\mathbf{N = 17,4 \text{ N}}}$

Questão 19 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

Questão sobre a relação entre impulso e variação da quantidade de movimento.
Dados: $m = 1,0$ kg $\Delta t = 1,0$ s
$v_E = 0,25$ m/s $v_S = 2,0$ m/s

a) Força horizontal exercida pelo jardineiro
A quantidade de movimento inicial é:
$Q_1 = m \cdot v_E \rightarrow$ $Q_1 = 1 \cdot 0,25$ $\rightarrow$ $Q_1 = 0,25$ kg.m/s

A quantidade de movimento final é:
$Q_2 = m \cdot v_S \rightarrow$ $Q_2 = 1 \cdot 2$ $\rightarrow$ $Q_2 = 2$ kg.m/s

Pela relação impulso e quantidade de movimento (teorema do impulso):
$I = \Delta Q$
Como $I = F \cdot \Delta t$, vem:
$F \cdot \Delta t = Q_2 - Q_1$
$F \cdot 1 = 2 - 0,25$
$F = 1,75$ N
$\boxed{\mathbf{F = 1,75 \text{ N}}}$

b) Força de reação da parede
F_p
Quantidade de movimento inicial $\rightarrow$ $Q_1 = 1 \cdot 2,0 = 2,0$ kg.m/s
Quantidade de movimento final $\rightarrow$ $Q_2 = 0$

A massa, de acordo com a figura, se espalha igualmente em todas as direções.
Nessas condições, a variação da quantidade de movimento da água após bater na parede é 0.
Assim, $Q_2 = 0$

Considerando $I = \Delta Q$

$I = Q_2 - Q_1$ e $I = F \,.\, \Delta t$
$F \,.\, \Delta t = 0 - 2{,}0$
$F \,.\, \Delta t = -2{,}0$
$F_p \,.\, 1 = -2{,}0$

$\boxed{\mathbf{F_p = -2{,}0\ N}}$ O sinal negativo indica força para a esquerda.

Questão 20 - 1a e 2a séries (6,0 pontos)

A questão envolve movimento parabólico (lançamento horizontal) e conservação da quantidade de movimento no choque inelástico.

Dados: $m_C = 10kg$ $v_C = 5m/s$
$m_B = 5\ kg$ $v_B = ?$

a) Cálculo da velocidade de colisão da bola com o carrinho

No lançamento horizontal
v_{Bx} = constante $\rightarrow$ $v_{Bx} = \Delta x / t$
e
$v_{By} = g.t$ é variável (movimento de queda)

Entretanto, pelo princípio da independência dos movimentos, o tempo gasto pela bola para cair e atingir o carrinho 5 m abaixo e avançar até a posição do carrinho, 10 m adiante, é o mesmo, pois enquanto a bola se desloca horizontalmente com velocidade v_{Bx}, cai em queda livre na vertical com velocidade v_{By}:

Sendo $\Delta y = 5m$
$\Delta y = ½ .g .t^2 \rightarrow 5 = ½ . 10\, t^2 \quad \therefore \quad t = 1\ s$

como $v_{Bx} = \Delta x / t$; $\Delta x = 10$ m e $t = 1$ s

$\boxed{v_{Bx} = 10\ m/s}$

Na vertical
$v_{By} = g \,.\, t \rightarrow v_{By} = 10 \,.\, 1 \rightarrow \boxed{v_{By} = 10\ m/s}$

A velocidade v_B é a soma vetorial de v_{Bx} com v_{By}

$v_B = [\, (v_{Bx})^2 + (v_{By})^2 \,]^{½}$
$v_B = [\, 10^2 + 10^2 \,]^{½}$

$\boxed{\mathbf{v_B = 10\ \sqrt{2}\ m/s}}$ $\mathbf{v_B = 14{,}1\ m/s}$

b) Velocidade do carrinho depois do choque
No instante da colisão surge uma força de impacto que é uma força externa ao sistema carrinho-bola e que introduz um impulso que altera a sua quantidade de movimento. Todavia esta força de impacto é vertical e só altera a quantidade de movimento no eixo vertical, cuja análise não interessa ao problema. No eixo horizontal, entretanto, há conservação da quantidade de movimento e podemos escrever $Q_{depois} = Q_{antes}$

Quantidade de movimento (horizontal) do sistema antes do choque.
$Q_{Antes} = m_B \cdot v_{Bx} + m_C \cdot v_C$
$Q_{Antes} = 5 \cdot 10 + 5 \cdot 10$

Quantidade de movimento (horizontal) do sistema depois do choque:
$Q_{Depois} = (m_C + m_B) \cdot v$

$Q_{Depois} = (10 + 5) \cdot v$

Como há conservação da quantidade de movimento(horizontal),
$Q_{Depois} = Q_{Aantes}$
Daí:
$(m_C + m_B) \cdot v = m_B \cdot v_{Bx} + m_C \cdot v_C$

$(10 + 5) \cdot v = 5 \cdot 10 + 5 \cdot 10$

$15 \cdot v = 50 + 50$

$v = 100 / 15$

$\boxed{\mathbf{v \approx 6{,}67\ m/s}}$