5.2 Tipos de colisão

Tipo de colisão	Coeficiente de restituição	Informação relevante
Perfeitamente elástica	$e = 1$	Dentre todas as colisões, é a única na qual os corpos que colidem constituem um sistema conservativo.
Parcialmente elástica	$1 > e > 0$	O sistema de corpos não é conservativo.
Inelástica	$e = 0$	Os corpos permanecem juntos após a colisão.

DESENVOLVENDO » HABILIDADES

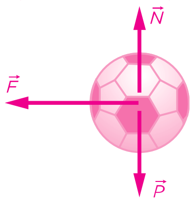
Aula 35

1 Roberto Carlos foi um dos maiores laterais esquerdos da história do futebol. Jogou em grandes times e disputou a Copa do Mundo três vezes. Seu chute tinha fama de ser um dos mais potentes de todos os tempos, chegando a disparar a bola com velocidades de cerca de 37 m/s!

photoyh/Shutterstock

Admitindo que a massa de uma bola de futebol seja 500 g e que ela esteja inicialmente em repouso e estimando que o intervalo de tempo de duração do chute seja de 1 centésimo de segundo, determine a intensidade da força em valor médio (F_m) que Roberto Carlos aplica na bola.

As forças aplicadas na bola podem assim ser representadas:



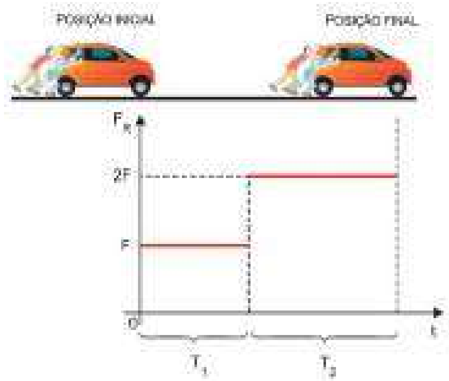
Como a normal equilibra o peso, a força aplicada pelo pé do jogador na bola corresponde à resultante; logo, podemos aplicar o teorema do impulso assim:

$I_R = \Delta Q \Rightarrow R_m \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$

$F_m \cdot \frac{1}{100} = 0{,}5 \cdot (37 - 0) \therefore F_m = 1850\,N$

Professor, neste momento podemos comentar que, como a intensidade dessa força é muito maior que a das demais, elas podem ser desprezadas. Isso será útil para justificar por que corpos em explosões e colisões (sobre plano com atrito, sobre plano inclinado ou na vertical) constituem um sistema isolado.

2 (Unesp-SP) Dois amigos reuniram-se para empurrar um veículo de massa M, em linha reta, a partir do repouso, sobre uma superfície plana e horizontal. Entre as posições inicial e final, atuou sobre o veículo uma força resultante (F_R) que variou em função do tempo, em dois intervalos T_1 e T_2, conforme o gráfico.



Reprodução/Unesp, 2022.

No final do intervalo de tempo $T_1 + T_2$, a velocidade escalar adquirida pelo veículo foi de:

a) $\dfrac{F(T_1 + T_2)}{M}$

▶ b) $\dfrac{F(T_1 + 2T_2)}{M}$

c) $\dfrac{F(T_1 + T_2)}{2M}$

d) $\dfrac{F(2T_1 + T_2)}{M}$

e) $\dfrac{F(3T_1 + T_2)}{3M}$

A velocidade escalar do veículo ao final do intervalo de tempo $T_1 + T_2$ pode ser obtida pelo teorema do impulso na forma algébrica:

$I_R = \Delta Q$

Em que:

- $I_R = F \cdot T_1 + 2F \cdot T_2$
- $Q_i = 0$ (o veículo parte do repouso)
- $Q_f = M \cdot v_f$

Portanto:

$F \cdot T_1 + 2F \cdot T_2 = M \cdot v_f - 0$

$\therefore\ v_f = \dfrac{F(T_1 + 2T_2)}{M}$

Professor, um dos motivos da escolha desta questão foi ensejar uma oportunidade de apresentar aos alunos a possibilidade de obter o valor do impulso calculando a área sob o gráfico $F \times t$ (a decisão é do professor).

> Nota dos autores:
> A resultante das forças não é uma força, pois não é necessariamente resultado direto de uma interação entre corpos. No entanto, não é raro encontrarmos textos em que a resultante é chamada equivocadamente de "força resultante".

Professor, selecionamos apenas uma questão para a aula 36 por considerar que a teoria é extensa. Em contrapartida, propusemos um exercício a mais na seção *Extras!* – a utilização, como sempre, fica a critério do professor.

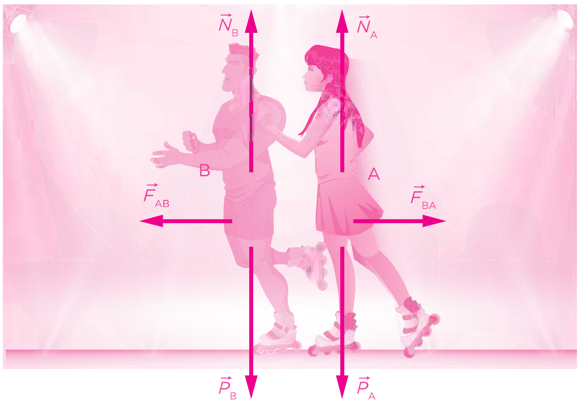
DESENVOLVENDO » HABILIDADES

Aula 36

3 (UPF-RS) Em um *show*, temos dois patinadores com a mesma massa e andando em linha reta com velocidades de 1,5 m/s e 3,4 m/s. O patinador com maior velocidade se encontra atrás do outro, após algum tempo consegue alcançá-lo e, em um movimento rápido, agarra-o. A partir desse momento, os dois patinam juntos em linha reta com a mesma velocidade. Desprezando o atrito, podemos dizer que a velocidade de deslocamento dos patinadores será, em m/s, de:

▶ **a)** 2,5 **b)** 2 **c)** 5 **d)** 3,5 **e)** 7,5

Desprezando os atritos, podemos assim representar as forças aplicadas nos corpos que interagem.



As forças externas são os pesos e as normais. Como elas se equilibram, a soma das forças externas é zero $\left(\Sigma\vec{F}_{ext.} = \vec{0}\right)$; logo, o sistema formado pelas duas pessoas é isolado. Assim:

$Q_{sist.} = Q'_{sist.} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$

Como após a interação as duas pessoas ficam juntas, $v'_A = v'_B = v'$; logo:

$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = (m_A + m_B) \cdot v'$

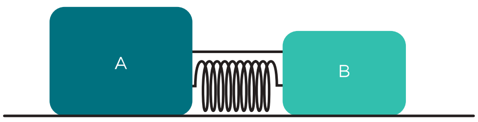
Sendo os corpos de mesma massa ($m_A = m_B = m$), obtemos:

$m \cdot v_A + m \cdot v_B = (m + m) \cdot v'$

$m \cdot 3{,}5 + m \cdot 1{,}5 = 2m \cdot v' \quad \therefore \quad v' = 2{,}5 \text{ m/s}$

Aula 37

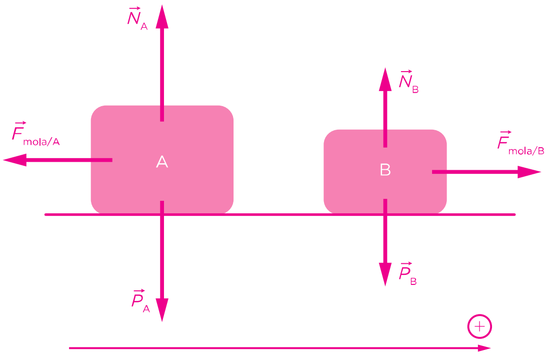
4 Dois blocos A e B, de massa 2 kg e 1 kg, respectivamente, estão presos por uma mola ideal e sobre uma superfície plana, horizontal e perfeitamente lisa. Os blocos encontram-se inicialmente em repouso e a mola, que está comprimida, é impedida de retornar ao seu comprimento natural devido a um fio ideal preso aos corpos.



No instante $t = 0$, o fio é cortado e a mola empurra os corpos, acelerando-os até perder o contato com eles.

a) Sabendo que a velocidade adquirida pelo corpo A é de 1 m/s, determine a intensidade da velocidade do corpo B.

Como a superfície é lisa, o atrito pode ser desprezado; logo, podemos assim representar as forças aplicadas nos corpos e a orientação da trajetória:



As forças externas são os pesos e as normais. Como elas se equilibram, a soma das forças externas é zero $\left(\Sigma\vec{F}_{ext.} = \vec{0}\right)$; logo, o sistema formado pelas duas pessoas é isolado. Assim:

$Q_{sist.} = Q'_{sist.} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$

$m_A \cdot 0 + m_B \cdot 0 = 2 \cdot (-1) + 1 \cdot v'_B$

$\therefore \; v'_B = 2 \text{ m/s}$

b) Sendo a constante elástica da mola $k = 10\,000$ N/m, qual é a deformação da mola antes de o fio ser cortado?

As únicas forças não conservativas são as normais. Como elas são perpendiculares à trajetória, seu trabalho é zero; logo, o sistema constituído pelos corpos A e B é conservativo. Portanto:

$E_M = E'_M \Rightarrow E_C + E_P = E'_C + E'_P$

$0 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2 = \frac{1}{2} \cdot m_A \cdot (v'_A)^2 + \frac{1}{2} \cdot m_B \cdot (v'_B)^2$

$\cancel{\frac{1}{2}} \cdot 10\,000 \cdot x^2 = \cancel{\frac{1}{2}} \cdot 2 \cdot (-1)^2 + \cancel{\frac{1}{2}} \cdot 1 \cdot (2)^2$

$x^2 = 6 \cdot 10^{-4}$

$\therefore \; x = \sqrt{6} \cdot 10^{-2} \text{ m} = \sqrt{6} \text{ cm}$

c) Admitindo que a mola aplica forças nos corpos A e B durante apenas 1 décimo de segundo, determine a intensidade da força média que a mola aplica no corpo B.

Aplicando o teorema do impulso para o corpo B:

$I_R = \Delta Q_B \Rightarrow F_{mola/B} \cdot \Delta t = m_B \cdot (v'_B - v_B)$

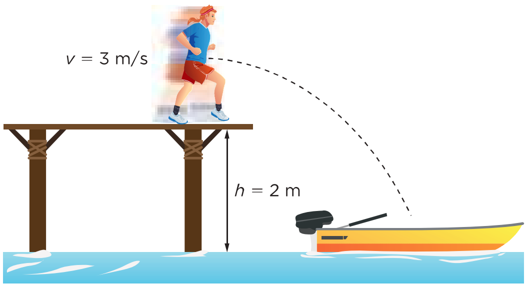
$F_{mola/B} \cdot \frac{1}{10} = 1 \cdot (2 - 0)$

$\therefore \; F_{mola/B} = 20 \text{ N}$

Professor, sugerimos comentar que o sistema a ser estudado depende do que desejamos obter. Em um mesmo contexto (interação entre corpos), ora estudamos o sistema de corpos constituído pelos corpos A e B (itens **a** e **b**), ora estudamos apenas um dos corpos (item **c**).

DESENVOLVENDO » HABILIDADES

5 Um homem de massa 70 kg corre sobre um plano horizontal, como indicado na figura seguinte. Ao atingir o ponto A, salta horizontalmente com velocidade 3 m/s e cai sobre o barco, de massa 30 kg, que está em repouso sobre as águas tranquilas de um lago. Determine a velocidade v' adquirida pelo conjunto barco-homem após a interação.



Depois que o homem deixa o plano horizontal, nenhuma força externa horizontal age sobre o sistema homem-barco. Logo, o sistema é isolado na direção horizontal (x). Portanto, a quantidade de movimento do sistema homem-barco é constante.

$$(Q_{sist.})_x = (Q'_{sist.})_x$$

$$m_{homem} \cdot (v_{homem})_x = (m_{homem} + m_{barco}) \cdot v'_{barco}$$

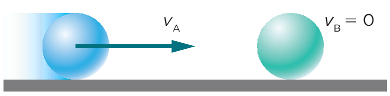
$$70 \cdot 3 = (70 + 30) \cdot v'_{barco}$$

$$\therefore \; v'_{barco} = 2{,}1 \text{ m/s}$$

Aula 38

6 Dois corpos A e B, idênticos, estão sobre um apoio plano, horizontal e totalmente liso. O corpo A desenvolve velocidade v quando colide **frontalmente** com B, que estava inicialmente em repouso.

Admitindo que a colisão foi **perfeitamente elástica**, determine, em função apenas de v, a velocidade de cada corpo após a colisão.



Corpos (nenhum deles fixo) que colidem sempre constituem um sistema isolado; logo:

$$\vec{Q}_{sist.} = \vec{Q}'_{sist.}$$

Sendo a colisão frontal, temos:

$$Q_{sist.} = Q'_{sist.} \Rightarrow m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B$$

Como os corpos são idênticos, vem:

$$m \cdot v_A + m \cdot v_B = m \cdot v'_A + m \cdot v'_B \Rightarrow v_A + v_B = v'_A + v'_B$$

Substituindo $v_B = 0$ e $v_A = v$, temos:

$$v'_A + v'_B = v \quad (1)$$

Como a colisão foi perfeitamente elástica, $e = 1$; logo:

$$\frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} = e \Rightarrow \frac{v'_B - v'_A}{v - 0} = 1 \;\therefore\; v'_B - v'_A = v \quad (2)$$

Somando (1) e (2):

$$v'_A + v'_B + v'_B - v'_A = v + v \Rightarrow 2 \cdot v'_B = 2 \cdot v \;\therefore\; v'_B = v \quad (3)$$

Substituindo (3) em (1):

$$v'_A + v = v \;\therefore\; v'_A = 0$$

Professor, sugerimos comentar que, toda vez que a colisão é frontal, perfeitamente elástica e entre corpos idênticos, ocorre a permutação de velocidades. Caso julgue pertinente, este é um bom momento para mostrar aos alunos um pêndulo de Newton. Caso não seja possível obter um para a aula, há bons vídeos no YouTube, como o disponível em: https://youtu.be/tG65CGR1adU (acesso em: 17 mar. 2023).

7 (Fuvest-SP) Um projétil de 5,00 g é disparado horizontalmente contra um bloco de madeira de 495 g que estava em repouso sobre uma superfície horizontal. Após a colisão totalmente inelástica, o bloco é lançado a 2,00 m/s na mesma direção e sentido inicial do projétil.

A velocidade do projétil antes do choque era de:

> Note e adote:
> Despreze a resistência do ar e o atrito do bloco com o plano.

a) 100 m/s
▶ **b)** 200 m/s
c) 300 m/s
d) 400 m/s
e) 500 m/s

Como os corpos que colidem constituem um sistema isolado:

$$Q_{sist.} = Q'_{sist.} \Rightarrow m_{proj.} \cdot v_{proj.} + m_{bloco} \cdot v_{bloco} = m_{proj.} \cdot v'_{proj.} + m_{bloco} \cdot v'_{bloco}$$

Sendo a colisão perfeitamente inelástica, $v'_{proj.} = v'_{bloco} = v'$:

$$5 \cdot v_{proj.} + 495 \cdot 0 = (5 + 495) \cdot 2$$

$$\therefore \; v_{proj.} = 200 \text{ m/s}$$