

## Exercícios de conservação da quantidade de movimento e colisões

### Exercícios

---

1. Na olimpíada, o remador Isaquias Queiroz, ao se aproximar da linha de chegada com o seu barco, lançou seu corpo para trás. Os analistas do esporte a remo disseram que esse ato é comum nessas competições, ao se cruzar a linha de chegada.

Em física, o tema que explica a ação do remador é

- a) o lançamento oblíquo na superfície terrestre.
  - b) a conservação da quantidade de movimento.
  - c) o processo de colisão elástica unidimensional.
  - d) o princípio fundamental da dinâmica de Newton.
  - e) a grandeza viscosidade no princípio de Arquimedes.
2. Com relação às colisões elásticas e inelásticas, analise as proposições:
- I. Na colisão elástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.
  - II. Na colisão inelástica, o momento linear e a energia cinética não se conservam.
  - III. O momento linear se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.
  - IV. A energia cinética se conserva tanto na colisão elástica quanto na colisão inelástica.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- b) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- c) Somente a afirmativa IV é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

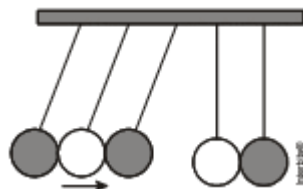
3. Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: [www.fisica.ufpb.br](http://www.fisica.ufpb.br). Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

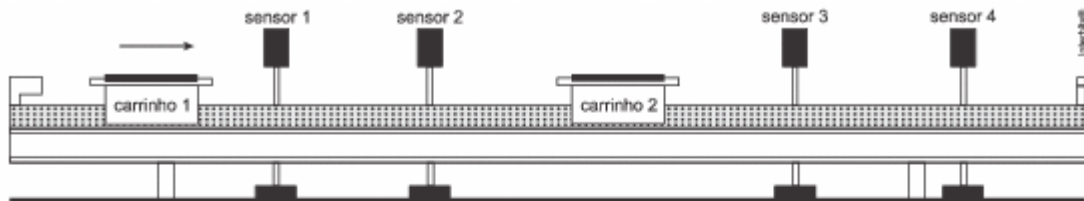
- manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
  - manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
  - diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
  - diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
  - aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.
4. O pêndulo de Newton pode ser constituído por cinco pêndulos idênticos suspensos em um mesmo suporte. Em um dado instante, as esferas de três pêndulos são deslocadas para a esquerda e liberadas, deslocando-se para a direita e colidindo elasticamente com as outras duas esferas, que inicialmente estavam paradas.



O movimento dos pêndulos após a primeira colisão está representado em:

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

5. O trilho de ar é um dispositivo utilizado em laboratórios de física para analisar movimentos em que corpos de prova (carrinhos) podem se mover com atrito desprezível. A figura ilustra um trilho horizontal com dois carrinhos (1 e 2) em que se realiza um experimento para obter a massa do carrinho 2. No instante em que o carrinho 1, de massa 150,0 g, passa a se mover com velocidade escalar constante, o carrinho 2 está em repouso. No momento em que o carrinho 1 se choca com o carrinho 2, ambos passam a se movimentar juntos com velocidade escalar constante. Os sensores eletrônicos distribuídos ao longo do trilho determinam as posições e registram os instantes associados à passagem de cada carrinho, gerando os dados do quadro.

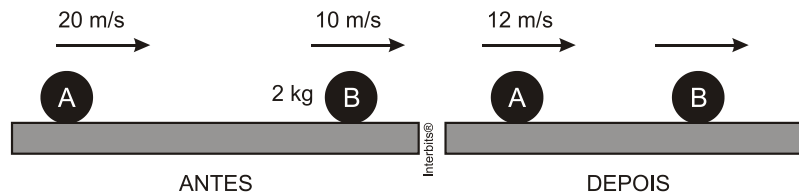


Carrinho 1		Carrinho 2	
Posição (cm)	Instante (s)	Posição (cm)	Instante (s)
15,0	0,0	45,0	0,0
30,0	1,0	45,0	1,0
75,0	8,0	75,0	8,0
90,0	11,0	90,0	11,0

Com base nos dados experimentais, o valor da massa do carrinho 2 é igual a

- a) 50,0 g.
- b) 250,0 g.
- c) 300,0 g.
- d) 450,0 g.
- e) 600,0 g.

6. O esquema a seguir mostra o movimento de dois corpos antes e depois do choque. Considere que o coeficiente de restituição é igual a 0,6.



Analise as proposições a seguir e conclua.

- ( ) A velocidade do corpo B após o choque é 18 m/s.
  - ( ) A massa do corpo A vale 2 kg.
  - ( ) O choque é perfeitamente elástico, pois os dois corpos têm massas iguais a 2 kg
  - ( ) A quantidade de movimento depois do choque é menor do que antes do choque.
  - ( ) A energia dissipada, igual à diferença da energia cinética antes do choque e da energia cinética depois do choque, é de 64 J.
- a) VVFFF  
b) VFFVF  
c) FFVVV  
d) VVFFV  
e) FVVFF
7. Um objeto de massa  $M_1 = 4,0$  kg desliza, sobre um plano horizontal sem atrito, com velocidade  $V = 5,0$  m/s, até atingir um segundo corpo de massa  $M_2 = 5,0$  kg, que está em repouso. Após a colisão, os corpos ficam grudados.
- Calcule a velocidade final  $V_f$  dos dois corpos grudados.
- a)  $V_f = 22$  m/s  
b)  $V_f = 11$  m/s  
c)  $V_f = 5,0$  m/s  
d)  $V_f = 4,5$  m/s  
e)  $V_f = 2,2$  m/s

8. “Ao utilizar o cinto de segurança no banco de trás, o passageiro também está protegendo o motorista e o carona, as pessoas que estão na frente do carro. O uso do cinto de segurança no banco da frente e, principalmente, no banco de trás pode evitar muitas mortes. Milhares de pessoas perdem suas vidas no trânsito, e o uso dos itens de segurança pode reduzir essa estatística. O Brasil também está buscando, cada vez mais, fortalecer a nossa ação no campo da prevenção e do monitoramento. Essa é uma discussão que o Ministério da Saúde vem fazendo junto com outros órgãos do governo”, destacou o Ministro da Saúde, Arthur Chioro.

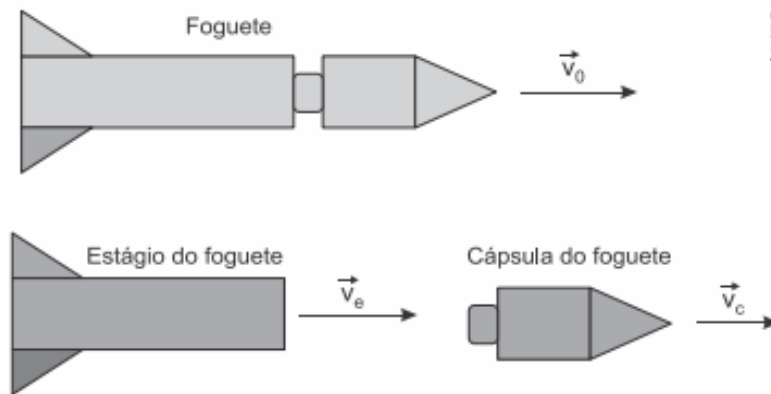
Estudo da Associação Brasileira de Medicina de Tráfego (Abramet) mostra que o cinto de segurança no banco da frente reduz o risco de morte em 45% e, no banco traseiro, em até 75%. Em 2013, um levantamento da Rede Sarah apontou que 80% dos passageiros do banco da frente deixariam de morrer, se os cintos do banco de trás fossem usados com regularidade.

Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/ultimas-noticias/1596-metade-dos-brasileiros-nao-usa-cinto-de-seguranca-no-banco-detras> Acesso em: 12 de julho de 2015.

Em uma colisão frontal, um passageiro sem cinto de segurança é arremessado para a frente. Esse movimento coloca em risco a vida dos ocupantes do veículo. Vamos supor que um carro popular com lotação máxima sofra uma colisão na qual as velocidades inicial e final do veículo sejam iguais a 72 km/h e zero, respectivamente. Se o passageiro do banco de trás do veículo tem massa igual a 80 kg e é arremessado contra o banco da frente, em uma colisão de 400 ms de duração, a força média sentida por esse passageiro é igual ao peso de

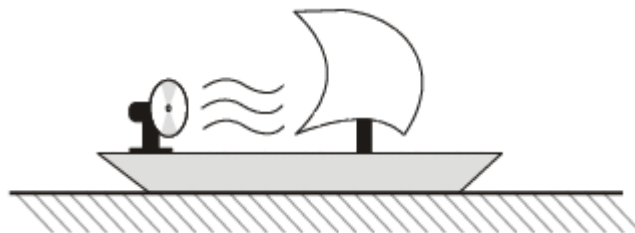
- a) 360 kg na superfície terrestre.
- b) 400 kg na superfície terrestre.
- c) 1440 kg na superfície terrestre.
- d) 2540 kg na superfície terrestre.
- e) 2720 kg na superfície terrestre.

9. Um foguete, de massa  $M$ , encontra-se no espaço e na ausência de gravidade com uma velocidade ( $V_0$ ) de 3000 km/h em relação a um observador na Terra, conforme ilustra a figura a seguir. Num dado momento da viagem, o estágio, cuja massa representa 75% da massa do foguete, é desacoplado da cápsula. Devido a essa separação, a cápsula do foguete passa a viajar 800 km/h mais rápido que o estágio. Qual a velocidade da cápsula do foguete, em relação a um observador na Terra, após a separação do estágio?



OBS: as velocidades informadas são em relação a um observador na Terra.

- a) 3000 km/h.  
b) 3200 km/h.  
c) 3400 km/h.  
d) 3600 km/h.  
e) 3800 km/h.
10. A figura a seguir representa um ventilador fixado em um pequeno barco, em águas calmas de um certo lago. A vela se encontra em uma posição fixa e todo vento soprado pelo ventilador atinge a vela.



Nesse contexto e com base nas Leis de Newton, é CORRETO afirmar que o funcionamento do ventilador

- a) Aumenta a velocidade do barco.  
b) Diminui a velocidade do barco.  
c) Provoca a parada do barco.  
d) Não altera o movimento do barco.  
e) Produz um movimento circular do barco.

Gabarito

---

## 1. B

Como a quantidade de movimento antes tem que ser igual à quantidade de movimento depois,  $Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$ , o remador ao lançar o seu corpo para trás, ganha uma vantagem para cruzar a linha de chegada.

Para entendermos melhor esse caso, podemos pensar em um vagão de trem, onde se encontra uma pessoa. Digamos que o atrito entre o trilho e vagão seja desprezível, se uma pessoa lançar uma pedra para trás, por conservação da quantidade de movimento o vagão irá se movimentar para frente. A mesma coisa acontece com o remador que, ao lançar o corpo para trás, ganha uma vantagem.

## 2. A

Sabe-se que o momento linear em uma colisão sempre é conservado, independentemente do tipo de colisão. Quanto a conservação de energia cinética, sabe-se que esta depende do tipo de colisão.

- Colisão Parcialmente Elástica: Ocorre dissipação parcial de energia durante a colisão. Portanto, não há conservação de energia cinética.
- Colisão Perfeitamente Elástica: Há conservação de energia cinética.
- Colisão Inelástica: Ocorre dissipação máxima de energia durante a colisão. Portanto, não há conservação de energia cinética.

Analisando as afirmativas, observa-se que somente a [III] é correta.

## 3. A

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido à zero, a esfera passa a se deslocar num plano horizontal. Sendo desprezíveis as forças dissipativas, a resultante das forças sobre ela é nula, portanto o impulso da resultante também é nulo, ocorrendo conservação da quantidade de movimento. Então, por inércia, a velocidade se mantém constante.

## 4. C

Como se trata de sistema mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{\text{final}} = Q_{\text{inicial}} \Rightarrow Q_{\text{final}} = 3 \, m \, v.$$

Portanto, após as colisões, devemos ter três esferas bolas com velocidade  $v$  como mostra a alternativa [C].

Podemos também pensar da seguinte maneira: as esferas têm massas iguais e os choques são frontais e praticamente elásticos. Assim, a cada choque, uma esfera para, passando sua velocidade para a seguinte. Enumerando as esferas da esquerda para a direita de 1 a 5, temos:

- A esfera 3 choca-se com a 4, que se choca com a 5. As esferas 3 e 4 param e a 5 sai com velocidade  $v$ ;
- A esfera 2 choca-se com a 3, que se choca com a 4. As esferas 2 e 3 param e a 4 sai com velocidade  $v$ ;
- A esfera 1 choca-se com a 2, que se choca com a 3. As esferas 1 e 2 param e a 3 sai com velocidade  $v$ .

## 5. C

A velocidade do carrinho 1 antes do choque é:

$$v_1 = \frac{\Delta s_1}{\Delta t_1} = \frac{30,0 - 15,0}{1,0 - 0,0} \Rightarrow v_1 = 15,0 \text{ cm/s.}$$

O carrinho 2 está em repouso:  $v_2 = 0$ .

Após a colisão, os carrinhos seguem juntos com velocidade  $v_{12}$ , dada por:

$$v_{12} = \frac{\Delta s_{12}}{\Delta t_{12}} = \frac{90,0 - 75,0}{11,0 - 8,0} \Rightarrow v_{12} = 5,0 \text{ cm/s.}$$

Como o sistema é mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento.

$$Q_{\text{sist}}^{\text{antes}} = Q_{\text{sist}}^{\text{depois}} \Rightarrow Q_1 + Q_2 = Q_{12} \Rightarrow m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{12} \Rightarrow$$

$$150,0 \cdot 15,0 = (150,0 + m_2) 5,0 \Rightarrow m_2 = \frac{150,0 \cdot 15,0}{5,0} - 150,0 \Rightarrow \boxed{m_2 = 300,0 \text{ g.}}$$

## 6. A

VVFFF

O coeficiente de restituição de uma colisão vale:

$$e = \left| \frac{V_{af}}{V_{ap}} \right| \rightarrow 0,6 = \frac{V'_B - V'_A}{V_A - V_B} \rightarrow 0,6 = \frac{V'_B - 12}{20 - 10} \rightarrow V'_B = 18 \text{ m/s}$$

Em toda colisão a quantidade de movimento total se conserva.

$$\vec{Q}_{TF} = \vec{Q}_{TI}$$

$$m_A \cdot \vec{V}_A + m_B \cdot \vec{V}_B = m_A \cdot \vec{V}'_A + m_B \cdot \vec{V}'_B$$

$$m_A \times 20 + 2 \cdot 10 = m_A \times 12 + 2 \times 18$$

$$8m_A = 16 \rightarrow m_A = 2,0 \text{ kg}$$

$$E_{C_i} - E_{C_f} = \left( \frac{1}{2} m_A V_A^2 + \frac{1}{2} m_B V_B^2 \right) - \left( \frac{1}{2} m_A (V'_A)^2 + \frac{1}{2} m_B (V'_B)^2 \right)$$

$$E_{C_i} - E_{C_f} = \left( \frac{1}{2} \times 2 \times 20^2 + \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \right) - \left( \frac{1}{2} \times 2 \times 12^2 + \frac{1}{2} \times 2 \times 18^2 \right) = 500 - 468 = 32 \text{ J}$$

(V) A velocidade do corpo B após o choque é 18 m/s.

(V) A massa do corpo A vale 2 kg.

(F) O choque é perfeitamente elástico, pois os dois corpos têm massas iguais a 2 kg.

No choque elástico  $e = 1$ .

(F) A quantidade de movimento depois do choque é menor do que antes do choque.

Em todo choque a quantidade de movimento total se conserva.

(F) A energia dissipada, igual à diferença da energia cinética antes do choque e da energia cinética depois do choque, é de 64 J.

A energia dissipada vale 32J.



7. E

**Dados:**  $M_1 = 4 \text{ kg}$ ;  $M_2 = 5 \text{ kg}$ ;  $V_1 = V = 5 \text{ m/s}$ ;  $V_2 = 0$ .

Como o sistema é mecanicamente isolado, ocorre conservação da quantidade de movimento:

$$Q_{\text{sist}}^{\text{inicial}} = Q_{\text{sist}}^{\text{final}} \Rightarrow M_1 V_1 + M_2 V_2 = (M_1 + M_2) V_f \Rightarrow 4(5) + 5(0) = (4 + 5) V_f \Rightarrow$$

$$V_f = \frac{20}{9} = 2,2 \text{ m/s.}$$

8. B

Transformando a velocidade e o tempo para o Sistema Internacional de unidades:

$$v_i = 72 \text{ km/h} \cdot \frac{1 \text{ m/s}}{3,6 \text{ km/h}} = 20 \text{ m/s}$$

$$\Delta t = 400 \text{ ms} \cdot \frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} = 0,4 \text{ s}$$

Utilizando a definição de impulso e o teorema do impulso, têm-se a relação entre a força média e a variação da quantidade de movimento:

$$I = \Delta Q = F_m \cdot \Delta t \Rightarrow F_m = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m \cdot (v_f - v_i)}{\Delta t}$$

$$F_m = \frac{80 \text{ kg} \cdot (0 - 20 \text{ m/s})}{0,4 \text{ s}} \therefore F_m = 4000 \text{ N}$$

E essa força média equivale a uma massa no campo gravitacional terrestre de:

$$m = \frac{F_m}{g} \Rightarrow m = \frac{4000 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} \therefore m = 400 \text{ kg}$$

9. D

Pela conservação do momento linear, temos que:

$$Q_{\text{fog}} = Q_{\text{est.}} + Q_{\text{cap.}}$$

$$M \cdot v_{\text{fog}} = m_{\text{est.}} \cdot v_{\text{est.}} + m_{\text{cap.}} \cdot v_{\text{cap.}}$$

Onde,

$$\begin{cases} v_{\text{fog}} = 3000 \text{ km/h} \\ m_{\text{est.}} = 0,75 \cdot M \\ v_{\text{est.}} = v - 800 \\ m_{\text{cap.}} = 0,25 \cdot M \\ v_{\text{cap.}} = v \end{cases}$$

Assim,

$$3000 \cdot M = (0,75 \cdot M) \cdot (v - 800) + (0,25 \cdot M) \cdot v$$

$$3000 = 0,75 \cdot v - 600 + 0,25 \cdot v$$

$$v = 3600 \text{ km/h}$$

10. A

Sejam  $M$  a massa do barco com o ventilador,  $m$  a massa de ar soprada num dado intervalo de tempo e, ainda, desprezíveis as forças de atrito com o ar e com a água.

Na figura dada, se o ar é soprado com velocidade  $\vec{V}$  para direita, a quantidade de movimento adquirida pela massa de ar nesse mesmo sentido é  $\vec{Q}_{a1} = m \cdot \vec{V}$ .

Pela conservação da quantidade de movimento, se não houvesse a vela, o barco adquiriria uma quantidade de movimento de mesmo módulo, em sentido oposto (para esquerda),  $\vec{Q}_{b1} = -m \cdot \vec{V}$ .

Se os choques entre as partículas de ar sopradas e a vela fossem inelásticos, ao bater na vela, as partículas de ar transfeririam à vela, portanto ao barco, uma quantidade de movimento  $\vec{Q}_{b2} = m \cdot \vec{V}$ , para a direita.

A Figura 1 ilustra essa situação.

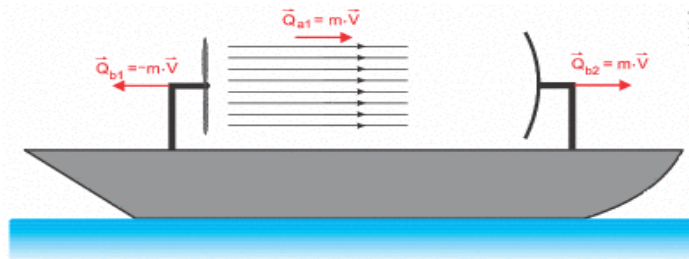


Figura 1

A quantidade de movimento resultante adquirida pelo barco seria:

$$\vec{Q}_b = \vec{Q}_{b1} + \vec{Q}_{b2} = m\vec{V} - m\vec{V} \Rightarrow \vec{Q}_b = \vec{0} \Rightarrow \vec{V}_b = \vec{0}.$$

Nessa condição, o barco não se moveria e a alternativa correta seria [D], que é a resposta dada pela banca examinadora.

Porém, na prática, os choques entre as partículas de ar e a vela não são inelásticos. As partículas retomam com velocidade  $-\vec{v}$ , para esquerda.

A quantidade de movimento da massa ao retornar é, então,  $\vec{Q}_{a2} = -m \cdot \vec{v}$ .

Novamente, pela conservação da quantidade de movimento, a vela adquire quantidade de movimento em sentido oposto,  $\vec{Q}_{v2} = m \cdot \vec{v}$ , como ilustra a Figura 2.

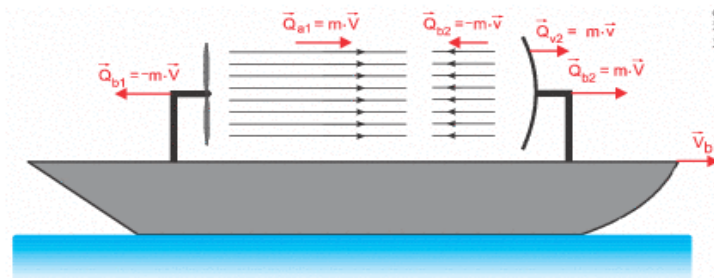


Figura 2

A quantidade de movimento resultante adquirida pelo barco é:

$$\vec{Q}_b = \vec{Q}_{b1} + \vec{Q}_{b2} + \vec{Q}_{v2} = m\vec{V} - m\vec{V} + m\vec{V} \Rightarrow \vec{Q}_b = m\vec{V}.$$

A velocidade adquirida pelo barco, para a direita, é:

$$\begin{cases} Q_b = mv \\ Q_b = MV_b \end{cases} \Rightarrow MV_b = mv \Rightarrow \boxed{V_b = \frac{m}{M} v}.$$

Portanto a **velocidade do barco aumenta**.