

## Colisão, conservação da quantidade de movimento e impulso

Colisão, conservação da quantidade de movimento e impulso.....	1
Conservação da quantidade de movimento.....	1
1. (RHK E 6.17) Como anda o carrinho depois do condutor pular fora.....	1
2. Como se movimenta o pêndulo balístico depois do projétil atravessá-lo.....	2
3. Identificar o caráter vetorial da quantidade de movimento, qualitativo .....	2
Conservação da quantidade de movimento na colisão de dois corpos .....	2
4. Colisão bidimensional de dois objetos, uma das velocidades finais desconhecida, formal .....	2
5. Colisão bidimensional de 2 objetos, 1 das velocidades finais desconhecida, formal e literal.....	2
6. Colisão inelástica de veículos, velocidade final desconhecida.....	2
7. (RHK P 6.12) Colisão unidimensional de duas bolas, uma das velocidades finais e as massas desconhecidas .....	2
8. Colisão inelástica de veículos, módulos das velocidades iniciais desconhecidas .....	3
9. Colisão inelástica de vagões, velocidade final desconhecida.....	3
10. Como um objeto leve em movimento pode parar o mais pesado .....	3
Impulso e Referencial do Centro de Massa .....	3
11. Crianças em skates que se puxam por uma corda: força, impulso e velocidade ganha.....	3
12. Crianças em skates em movimento que se puxam por uma corda: força, impulso, velocidade .....	3
13. Movimento final de uma garota que pula no skate inicialmente parado .....	4
14. Projétil explode no ar em dois: deduzir o movimento de um fragmento a partir do outro.....	4
Impulso por força conhecida.....	4
15. Impulso, força e quantidade de movimento na tacada de beisebol .....	4
Colisões Elásticas e Inelásticas .....	4
16. Jogo de bolinha de gude – o que se pode deduzir de aspectos gerais do movimento .....	4
17. (RHK E 6.20 re-escrito) Colisão de dois blocos em movimento, formal.....	5
18. Velocidades das partículas após a colisão, a partir da condição inicial e dos ângulos de desvio .....	5
19. Velocidades das partículas após colisão exotérmica, da condição inicial e ângulos de desvio .....	5
20. Determinar o elemento desconhecido a partir da velocidade resultante da colisão com um próton .	5
21. Interpretar a conservação da quantidade de movimento quando ela <b>não</b> importa .....	6
22. Interpretar a conservação da quantidade de movimento quando ela <b>importa</b> .....	6
23. Interpretar força média em uma colisão .....	6

### Conservação da quantidade de movimento

1. (RHK E 6.17) Como anda o carrinho depois do condutor pular fora

Um homem de 75,2 kg está dirigindo um carrinho de 38,6 kg que viaja à velocidade de 2,33 m/s. Ele salta do carrinho e ao interagir com o chão, a componente horizontal da sua velocidade é nula.

**Determine** a variação da velocidade do carrinho.

2. Como se movimenta o pêndulo balístico depois do projétil atravessá-lo  
 Uma bala de 5,0 g incide sobre um pêndulo balístico de massa igual a 2,0 kg com velocidade de 400 m/s, atravessa-o e emerge do outro lado a uma velocidade de 100 m/s.

**Calcule** a velocidade do pêndulo logo após a bala atravessá-lo.

3. Identificar o caráter vetorial da quantidade de movimento, qualitativo

Um carro se desloca com uma velocidade cujo módulo é de 30 m/s. O seu momento linear é o mesmo se o carro se deslocasse de norte para o sul ou de norte para o leste? Justifique sua resposta.

### Conservação da quantidade de movimento na colisão de dois corpos

4. Colisão bidimensional de dois objetos, uma das velocidades finais desconhecida, formal (RHK E 6.25) Dois objetos A e B se chocam. A massa de A é 2,0 kg e a de B é 3,0 kg. Suas velocidades antes da colisão eram respectivamente  $\vec{v}_A = 15\vec{i} + 30\vec{j}$  e  $\vec{v}_B = -10\vec{i} + 5\vec{j}$ . Após a colisão,  $\vec{u}_A = -6\vec{i} + 30\vec{j}$ . Todas as velocidades estão em m/s.

**Determine:**

- a velocidade final de B.
- as velocidades de A e B em relação ao centro de massa, antes e depois da colisão.
- se a colisão é elástica.

5. Colisão bidimensional de 2 objetos, 1 das velocidades finais desconhecida, formal e literal  
 Uma partícula A, de massa  $m$  e velocidade  $3v_0\vec{i}$ , colide com outra partícula B, em repouso, de massa  $2m$ . A primeira partícula é desviada de um ângulo  $\theta$  tal que  $\tan(\theta) = 2$  e muda a magnitude de sua velocidade para  $\sqrt{5}v_0$ .

Determine:

- a magnitude da velocidade da partícula B após a colisão.
- o ângulo  $\theta_2$  em que a partícula B emerge.
- o impulso recebido pela partícula B.
- o impulso recebido pela partícula A.
- as velocidades das partículas em relação ao centro de massa.
- se a colisão é elástica.

6. Colisão inelástica de veículos, velocidade final desconhecida

Um pequeno caminhão, com 3 toneladas de massa no total, viajando para o norte a 60 km/h, colide num cruzamento com um carro, cuja massa total é 1 tonelada e trafegava para leste a 90 km/h. A colisão é completamente inelástica

**Calcule** em que direção e com que velocidade o carro é arrastado pelo caminhão, imediatamente após a colisão.

7. (RHK P 6.12) Colisão explosiva de duas bolas, algébrico

Dois bolas A e B, de massas diferentes, mas desconhecidas, se chocam. A está inicialmente em repouso e o módulo da velocidade de B é  $v$ . Depois do choque, B tem velocidade de módulo  $v/2$  e se move perpendicularmente à sua direção original.

Determine:

- a) a direção em que a bola A se move após a colisão.
- b) as velocidades de A e B em relação ao centro de massa
- c) se a colisão é elástica.

8. Colisão inelástica de veículos, módulos das velocidades iniciais desconhecidas

Em um acidente de trânsito, um carro de massa 2000 kg, trafegando rumo ao sul, colidiu, no meio de um cruzamento, com um caminhão de massa 6000 kg que trafegava para oeste. Os veículos se engancharam e derraparam para fora da estrada numa direção praticamente coincidente com a direção sudoeste. Uma testemunha do acidente afirmou que o caminhão havia entrado no cruzamento a 80 km/h.

Você acredita nesta testemunha? Explique por que.

9. Colisão inelástica de vagões, velocidade final desconhecida

Um vagão de carga, cuja massa é  $3,0 \times 10^4$  kg, está a 1,6 m/s quando bate em outro de  $2,4 \times 10^4$  kg que se move a 1,0 m/s no mesmo sentido, de modo que os vagões terminam engatados.

**Calcule** a velocidade dos vagões após a colisão.

10. Como um objeto leve em movimento pode parar o mais pesado

Duas esferas de titânio se aproximam frontalmente uma da outra com velocidades de mesmo módulo e se chocam elasticamente. Após a colisão, uma das esferas, cuja massa é 300 g, permanece em repouso.

Determine a massa da outra esfera.

### Impulso e Referencial do Centro de Massa

11. Crianças em skates que se puxam por uma corda: força, impulso e velocidade ganha  
Alberto e Bernardo, de massas  $m_A = 30$  kg e  $m_B = 45$  kg respectivamente, estão parados sobre seus skates em um piso horizontal, quando começam a puxar um ao outro por meio de uma corda, cuja massa deve ser ignorada. 1,5 s após o início do movimento, a velocidade de Alberto, no referencial ligado ao Centro de Massa, é  $v_{A(CM)} = 2,3$  m/s.

Calcule

- a) a velocidade de Bernardo 1,5 s após o início do movimento.
- b) o impulso sofrido por Alberto.
- c) o impulso sobre Bernardo.
- d) a força média,  $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ , sobre cada garoto, do início até 1,5 s do movimento.

12. Crianças em skates em movimento que se puxam por uma corda: força, impulso, velocidade  
Alberto e Bernardo, de massas  $m_A = 30$  kg e  $m_B = 45$  kg respectivamente, estão deslizando sobre o piso horizontal, ambos a 2,5 m/s, quando Alberto dá um tranco na corda. Em consequência do puxão, a velocidade de Bernardo cai para 1,25 m/s no mesmo sentido.

Determine:

- a) a nova velocidade de Alberto após o puxão.
- b) o impulso sofrido por cada garoto.
- c) as velocidades do centro de massa do sistema Alberto+Bernardo, antes e depois do tranco.
- d) o impulso sofrido pelo centro de massa de Alberto e Bernardo.

13. Movimento final de uma garota que pula no skate inicialmente parado

Uma garota de 30 kg vem correndo e salta sobre seu *skate*, de 10 kg, inicialmente parado. Após o salto, o conjunto leva aproximadamente 4 s para percorrer uma distância de 12 m. Nesse movimento, podemos ignorar a perda de energia por atrito com o solo.

Determine:

- a velocidade horizontal da garota ao saltar sobre o *skate*.
- a velocidade do centro de massa do sistema garota+skate antes e após a colisão.
- as velocidades da garota e do *skate*, com relação ao centro de massa, antes e depois da colisão.
- as quantidades de movimento em relação ao centro de massa da garota e do skate.

14. Projétil explode no ar em dois: deduzir o movimento de um fragmento a partir do outro

Uma granada, de 400 g, é lançada do solo com uma velocidade de 20 m/s, inclinada  $45^\circ$  com relação à horizontal. Ao atingir o ponto mais alto da trajetória, a granada explode em duas partes, sendo a menor com 100 g. O pedaço menor desce verticalmente do ponto da explosão e os dois pedaços batem no solo no mesmo instante.

Determine:

- a distância do ponto de lançamento em que caiu o pedaço maior.
- a velocidade de cada pedaço ao atingir o solo.

### Impulso por força conhecida

15. Impulso, força e quantidade de movimento na tacada de beisebol

O bastão de um jogador exerce sobre uma bola de beisebol de 0,145 kg uma força dada por  $\vec{F} = [(1,60 \cdot 10^7)t - (6,00 \cdot 10^9)t^2]\hat{i}$  em N para  $t$  em s, entre os instantes  $t = 0$  e  $t = 2,50$  ms ( $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$ ), e nula fora desse intervalo. Para  $t = 0$  ms, a velocidade da bola de beisebol é dada por  $-(40,0 \hat{i} + 5,0 \hat{j})$  m/s. Os vetores unitários  $\hat{i}$  e  $\hat{j}$  apontam nas direções horizontal e vertical, respectivamente, com  $\hat{j}$  apontando no sentido **contrário** ao da aceleração local da gravidade,  $g$ . Adote  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Determine:

- o impulso exercido pelo bastão sobre a bola.
- o impulso exercido pela gravidade sobre a bola durante o intervalo de tempo  $[0; 2,50 \text{ ms}]$ .
- o módulo da força média do bastão sobre a bola na colisão.
- o momento linear e a velocidade da bola de beisebol para  $t = 2,50$  ms.

### Colisões Elásticas e Inelásticas

16. Jogo de bolinha de gude – o que se pode deduzir de aspectos gerais do movimento

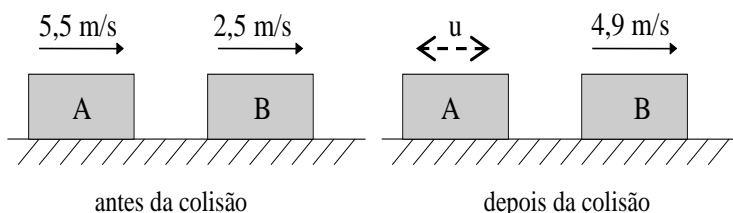
Em um jogo de bolinhas de gude, a bolinha A colide com a bolinha B, que estava parada. Em um choque frontal e elástico, pode ocorrer apenas um dos seguintes resultados:

- a bolinha A recua e B caminha no sentido da velocidade inicial de A.
- a bolinha A para e B caminha no sentido da velocidade inicial de A.
- tanto A quanto B caminham no sentido da velocidade inicial de A.

**Determine** o que podemos concluir acerca da relação entre as massas das bolinhas A e B,  $m_A$  e  $m_B$  respectivamente, para cada resultado.

17. (RHK E 6.20 re-escrito) Colisão de dois blocos em movimento, formal.

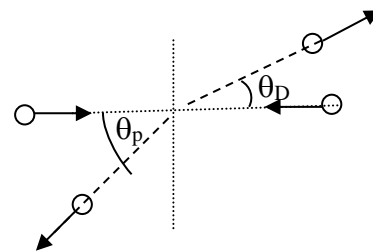
A figura abaixo representa dois blocos, antes e depois de uma colisão. Os blocos deslizam sem atrito. As massas dos blocos A e B são 1,6 e 2,4 kg, respectivamente.



Determine

- a velocidade do centro de massa.
- a velocidade  $u$  do bloco A após a colisão.
- a velocidade de cada bloco em relação ao centro de massa após a colisão.
- se a colisão é elástica e justifique sua resposta.

18. Velocidades das partículas após a colisão, a partir da condição inicial e dos ângulos de desvio. Um próton de massa  $m_p$  e velocidade inicial 900 m/s colide inelasticamente com um átomo de deutério de massa  $2m_p$ , que vinha em sua direção a uma velocidade de 300 m/s. O próton sofre um recuo no ângulo  $\theta_p = 45^\circ$  enquanto o deutério é espalhado em um ângulo  $\theta_D$ , cuja tangente vale 0,5, como mostra a figura. Na resposta ao item b, adote  $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$  kg (não use no item a).



Calcule

- as velocidades das partículas após a colisão.
- os impulsos (vetores,  $\mathbf{I} = \Delta \mathbf{p}$ ) sobre o próton e o deutério.

19. Velocidades das partículas após colisão exotérmica, da condição inicial e ângulos de desvio. Um núcleo de massa  $2m$  e velocidade  $\vec{v}$  colide com um núcleo estacionário de massa  $10m$ . Após a colisão, observa-se que o núcleo de massa  $2m$  tem uma velocidade  $\vec{v}_1$ , cuja direção é perpendicular à que ele tinha antes da colisão, e o núcleo de massa  $10m$  tem velocidade  $\vec{v}_2$ , cuja direção faz um ângulo  $\theta$  com a direção de  $\vec{v}$  tal que  $\sin \theta = 3/5$ .

Determine:

- as magnitudes de  $\vec{v}_1$  e  $\vec{v}_2$ .
- as velocidades em relação ao centro de massa.
- se a colisão é elástica.

20. Determinar o elemento desconhecido a partir da velocidade resultante da colisão com um próton

Em um acelerador de partículas, um feixe de prótons (massa  $m$ ) com velocidades iguais a  $1,50 \times 10^7$  m/s incide em um alvo de elemento desconhecido. O detector mostra que alguns prótons, depois de uma colisão com núcleos desse elemento desconhecido, são rebatidos diretamente para trás com velocidade igual a  $1,20 \times 10^7$  m/s. Ignore as velocidades iniciais dos núcleos do alvo e suponha que as colisões sejam elásticas.

Calcule

- a velocidade do núcleo do elemento desconhecido imediatamente após a colisão.
- a massa do núcleo do elemento desconhecido; expresse sua resposta em função da massa  $m$  do próton.

21. Interpretar a conservação da quantidade de movimento quando ela **não** importa. Explique porque o momento linear se conserva quando uma bola quica no chão.

22. Interpretar a conservação da quantidade de movimento quando ela **importa**. Em uma colisão entre dois corpos, no sistema de referência do centro de massa, as quantidades de movimento das partículas possuem intensidades iguais e sentidos opostos, tanto antes como após a colisão. A linha de movimento relativo é necessariamente igual antes e depois da colisão? Sob que condições as intensidades das velocidades dos corpos irão aumentar? Diminuir? Permanecer as mesmas como resultado da colisão?

23. Interpretar força média em uma colisão

Uma metralhadora dispara sobre uma placa de aço. A força média oriunda do impacto da bala quando a bala é refletida é maior ou menor do que a força quando a bala se amassa e fica colada na placa? Explique.