

## Quantidade de movimento e impulso nas colisões

Impulso na colisão .....	1
1. (RHK Q 6.4) Proteção por um airbag.....	1
Valores característicos da quantidade de movimento linear.....	1
2. (RHK E 6.2) Caráter vetorial da quantidade de movimento, formal I. ....	1
3. (RHK E 6.3) Caráter vetorial da quantidade de movimento, formal II. ....	2
Impulso, quantidade de movimento e força.....	2
4. (RHK E 6.14) Força produzida por um fluxo de partículas comparada com a causada por uma partícula.....	2
5. Os papéis da massa e da velocidade na quantidade de movimento.....	2
6. Força na mão do goleiro ao espalmar a bola – uma dimensão.....	2
7. Força na mão do goleiro ao espalmar a bola – duas dimensões.....	2
8. (RHK P 6.4) Força de um fluxo de partículas.....	3
9. (RHK E 6.9) Força na parede que rebate a bola.....	3
10. (RHK E 6.6 modificado) Força na tacada do golfe.....	3
11. Força da raquetada no jogo de tênis.....	3
12. Colisão explosiva na mesa de ar.....	3
13. Força no chute rasteiro.....	4
Conservação da quantidade de movimento e velocidade.....	4
14. Choque de bolas, uma das velocidades iniciais desconhecida, bem como a direção final do movimento.....	4
15. Movimento dos jogadores de disco no gelo, qualitativo.....	4
16. (RHK E 6.10) Velocidade na separação explosiva do módulo lunar.....	4

### Impulso na colisão

1. (RHK Q 6.4) Proteção por um airbag

Explique como um “airbag” de um automóvel pode ajudar a proteger um passageiro de se machucar seriamente no caso de uma colisão.

### Valores característicos da quantidade de movimento linear

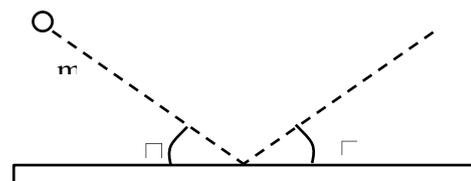
2. (RHK E 6.2) Caráter vetorial da quantidade de movimento, formal I.

Um caminhão de 20 ton, que trafega em direção ao norte a 40 km/h, vira para o leste e acelera para 50 km/h.

**Determine** a intensidade e a direção da variação da quantidade de movimento do caminhão.

3. (RHK E 6.3) Caráter vetorial da quantidade de movimento, formal II.

Um objeto com massa  $m = 4,88 \text{ kg}$  e velocidade  $3,14 \text{ m/s}$  atinge uma placa de aço a um ângulo  $\theta = 42,0^\circ$  conforme figura ao lado e ricocheteia com a mesma velocidade e o mesmo ângulo.



**Determine** a variação (intensidade e direção) da quantidade de movimento linear do objeto.

### Impulso, quantidade de movimento e força

4. (RHK E 6.14) Força produzida por um fluxo de partículas comparada com a causada por uma partícula

Um revólver de chumbinho atira 10 grãos por segundo à velocidade de  $483 \text{ m/s}$ , cada grão com  $2,14 \text{ g}$  de massa. Os grãos são parados por uma parede rígida, de modo que o tempo de contato de *cada* grão com a parede é  $1,25 \text{ ms}$ .

Determine

- o momento para cada grão.
- a força média exercida pelo **fluxo** de grãos sobre a **parede**.
- a força média que **cada** grão exerce sobre a parede - por que este valor é muito diferente do resultado do item **b**?

5. Os papéis da massa e da velocidade na quantidade de movimento.

Um atirador, com um rifle de  $2 \text{ kg}$  apoiado ao ombro, dispara uma bala de  $15 \text{ g}$ , cuja velocidade na extremidade de saída do cano é  $800 \text{ m/s}$ . O recuo é absorvido pelo ombro em  $0,05 \text{ s}$ .

Determine

- a velocidade inicial com que a arma recua.
- o impulso sobre o ombro do atirador.
- a força média exercida sobre o atirador.
- Explique por que, se o momento linear para a frente da bala é igual ao momento linear para trás da arma, por que não é tão perigoso ser atingido pelo recuo da arma quanto pela bala.

6. Força na mão do goleiro ao espalmar a bola – uma dimensão

O goleiro espalma a bola, com  $0,4 \text{ kg}$  de massa, que bate em sua mão vinda na direção horizontal a  $80 \text{ km/h}$  e retorna para o jogador que chutou a bola, horizontalmente e a  $30 \text{ km/h}$ . Nessa espalmada, a mão do goleiro recua  $30 \text{ cm}$ .

- Calcule a força média na bola devido à mão do goleiro.
- Determine a força média na mão do goleiro devido à bola.
- Discuta em que medida as hipóteses do quadro são realistas e se elas podem ser melhoradas.

Adote que a aceleração da bola durante a colisão é constante.  
Ignore a deformação da bola.

7. Força na mão do goleiro ao espalmar a bola – duas dimensões

O goleiro espalma a bola, com  $0,4 \text{ kg}$  de massa, que bate em sua mão vinda na direção horizontal a  $80 \text{ km/h}$  e retorna para o jogador que chutou a bola, mas formando um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal e a  $30 \text{ km/h}$ . O contato com a mão do goleiro dura  $0,05 \text{ s}$ . A bola acelera uniformemente durante a colisão.

**Determine** a força na mão do goleiro.

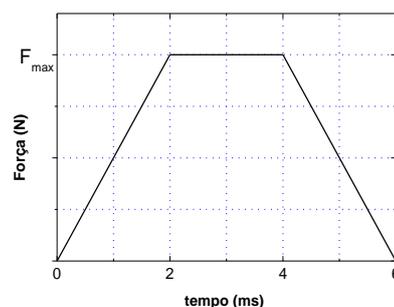
## 8. (RHK P 6.4) Força de um fluxo de partículas

Sabe-se bem que as balas e outros projéteis lançados contra o Super-homem simplesmente rebatem no seu peito. Suponha que um bandido lance no peito do Super-homem uma saraivada de balas de 3 g à taxa de 100 balas por min, cada uma a 500 m/s de velocidade. Suponha também que as balas rebatem na mesma direção que incidem, somente invertendo o sentido da velocidade.

**Mostre** que a força média exercida pelo fluxo de balas no peito do Super-homem é de apenas 5 N.

## 9. (RHK E 6.9) Força na parede que rebate a bola

A figura ao lado é um gráfico aproximado da força exercida durante o choque de uma bola de tênis com uma parede, em função do tempo. A massa da bola é 58 g e sua velocidade inicial era 32 m/s, numa direção perpendicular à parede; ela recua com velocidade de mesmo módulo, perpendicularmente à parede.



Calcule

- o momento inicial e final da bola e a variação do momento.
- o valor máximo da força,  $F_{\max}$ , durante a colisão, considerando que a força varia com o tempo conforme o gráfico.
- o impulso (intensidade e direção) transmitido.

## 10. (RHK E 6.6 modificado) Força na tacada do golfe

Um jogador lança uma bola de golfe de massa 50 g com velocidade inicial de 50 m/s em uma direção que forma  $30^\circ$  com a horizontal. O taco transmite o impulso à bola num percurso de 3 cm.

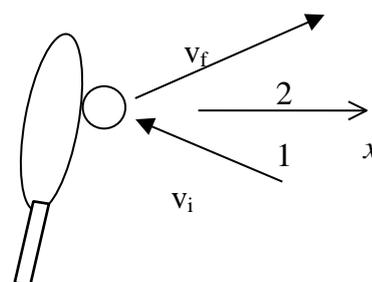
Calcule

- o impulso transmitido à bola.
- o impulso transmitido ao taco.
- a força média exercida na bola pelo taco.

A bola de golfe sempre está parada no momento da tacada.  
A bola sai formando  $60^\circ$  com a direção vertical.  
Lembre que impulso é um vetor.

## 11. Força da raquetada no jogo de tênis

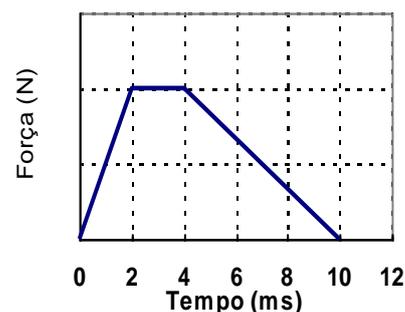
Uma jogadora de tênis bate na bola com a raquete enquanto a bola ainda está subindo, conforme a figura ao lado. A velocidade da bola antes do impacto com a raquete tem módulo 15 m/s e, após o impacto, 22 m/s, nas direções mostradas na figura, onde o eixo  $x$  tem a direção horizontal. A bola de 60 g fica em contato com a raquete por 0,05 s.



**Determine** a força média exercida pela raquete sobre a bola (módulo, direção e sentido).

## 12. Colisão explosiva na mesa de ar

A fim de realizar um experimento numa mesa sem atrito, prepara-se um disco capaz de armazenar energia interna, que é liberada assim que a batida ocorre, transferindo um impulso adicional a cada um dos discos que colidem. O módulo da força exercida durante o choque está representado no gráfico ao lado, que está em uma escala linear a ser determinada. A massa de cada disco é 30 g. Inicialmente, o disco A está parado e o outro, disco P, possui uma velocidade igual a 7 m/s. Em consequência da colisão, A saiu a 4 m/s em uma direção perpendicular à velocidade inicial de P.



Determine:

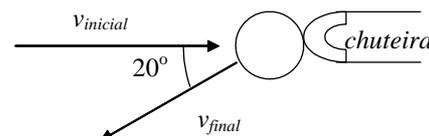
- o impulso (intensidade e direção) que P dá em A.
- a velocidade e a direção final do disco P.
- a variação da quantidade de movimento linear do disco A.
- módulo da força média durante a colisão ( $\Delta t = 10$  ms).
- o valor máximo da força durante a colisão, considerando o gráfico da questão.

Note:

As grandezas envolvidas são vetoriais.

### 13. Força no chute rasteiro

A bola, com massa 0,4 kg, desliza pelo gramado com uma velocidade de 12 m/s antes de ser chutada. Imediatamente após o impacto, a bola move-se na direção mostrada na figura a 18 m/s, deslizando sobre o gramado. A chuteira fica em contato com a bola por 0,04 s. A figura ilustra o movimento da bola sobre o gramado como é visto de cima.



Determine

- o módulo da força média.
- o ângulo formado pela força média com a direção da velocidade inicial.

### Conservação da quantidade de movimento e velocidade

14. Choque de bolas, uma das velocidades iniciais desconhecida, bem como a direção final do movimento

Num jogo de piscina, uma bola bate em outra de mesma massa que estava inicialmente parada. Depois do choque, a primeira move-se a 3,5 m/s ao longo de uma linha que forma  $60^\circ$  com a direção inicial do seu movimento. A segunda adquire velocidade de 6,0 m/s.

Aplique a conservação da quantidade de movimento e determine:

- o ângulo entre a direção do movimento da segunda bola e a direção do movimento original da primeira
- a velocidade inicial da primeira bola.

### 15. Movimento dos jogadores de disco no gelo, qualitativo

Uma patinadora está parada sobre o gelo. Um amigo lança para ela um disco.

Determine qual dos seguintes casos (i, ii, iii) há a maior transferência de momento para a patinadora e justifique a sua resposta.

- A patinadora apanha o disco e o mantém seguro.
- A patinadora apara momentaneamente o disco e o deixa cair na vertical.
- A patinadora apanha, por instantes, o disco, e o devolve a seu amigo.

### 16. (RHK E 6.10) Velocidade na separação explosiva do módulo lunar

Duas partes de uma espaçonave são separadas fazendo explodir os pinos que as uniam. As massas das duas partes são 1200 kg e 1800 kg. O módulo do impulso transmitido a cada uma é  $300 \text{ N} \cdot \text{s}$ .

**Determine** a velocidade relativa de afastamento das duas partes.