

# ***MOMENTO LINEAR E IMPULSO***

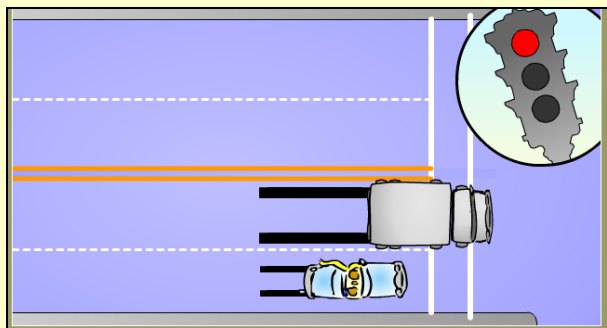
***TEORIA - AULA A-12***

***Física I***

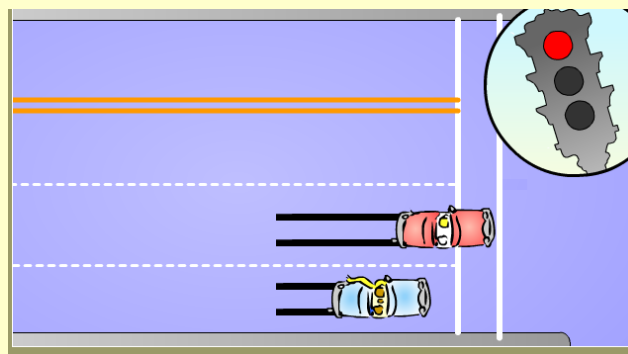
# Competências que você irá desenvolver nesta aula

1. Analisar a quantidade de movimento em fenômenos físicos.
2. Analisar a força de impacto em colisões.

# ***Momento Linear, $P$*** ***(observacional)***



**Compare o caminhão com o carro: massa maior => maior momento linear**



**Compare carros similares: carro vermelho está com velocidade maior => ele tem maior momento linear**

$$P = mv \text{ (kg.m/s)}$$

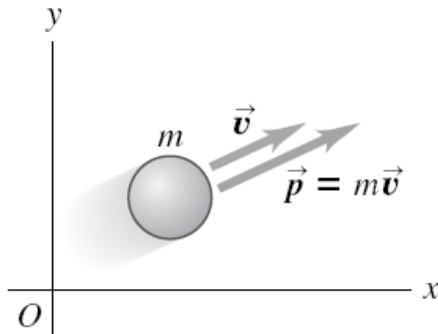
# Momento Linear

O momento linear é uma grandeza vetorial, definida como:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

No SI, a unidade desta grandeza é:

$$[p] = \text{kg m/s} = \text{N.s}$$



**O momento linear  $\vec{p}$  é uma grandeza vetorial;** o momento linear de uma partícula possui a mesma direção e sentido da sua velocidade  $\vec{v}$ .

**Figura 8.1** Os vetores de velocidade e de momento linear de uma partícula.

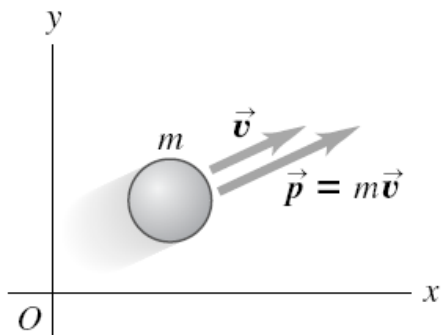
# Ordens de Grandeza – Momento Linear

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Objeto	$\mathbf{p}$ (kg.m/s)
Bola de Bilhar	3,0
Bala de rifle em movimento	10
Um ser humano caminhando	80
Carro na rodovia	$40 \times 10^3$

Fonte: Christoph Schiller-Motion Mountain - The adventure of Physics, vol. 1

# Relação entre Momento Linear e força resultante



O momento linear  $\vec{p}$  é uma grandeza vetorial; o momento linear de uma partícula possui a mesma direção e sentido da sua velocidade  $\vec{v}$ .

**Figura 8.1** Os vetores de velocidade e de momento linear de uma partícula.

O momento linear:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Considere uma partícula de massa  $m$  submetida a ação de forças, cuja resultante é  $\Sigma F$ .

Pela 2ª lei de Newton:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

e considerando  $m$  como constante,

$$\Sigma \vec{F} = \frac{dm\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

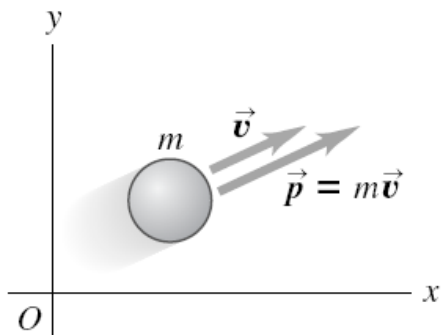
## *Momento Linear*



- O *skatista* mantém sua velocidade na direção  $x$ , mantendo o momento linear na direção  $x$
- O impulso que provoca com a perna na primeira posição, garante o salto na direção  $y$ .

<http://www.thephysicsfront.org/static/unit.cfm?sb=4&course=5>

# Relação entre Momento Linear e força resultante



O momento linear  $\vec{p}$  é uma grandeza vetorial; o momento linear de uma partícula possui a mesma direção e sentido da sua velocidade  $\vec{v}$ .

*A força resultante que atua sobre um sistema físico é igual a taxa de variação do momento linear em relação ao tempo.*

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

*A partir desta relação obtém-se uma das mais importantes leis da física, denominada de Lei da Conservação do Momento Linear, que será estudada e aplicada posteriormente*



## ***Teorema do impulso - momento linear***

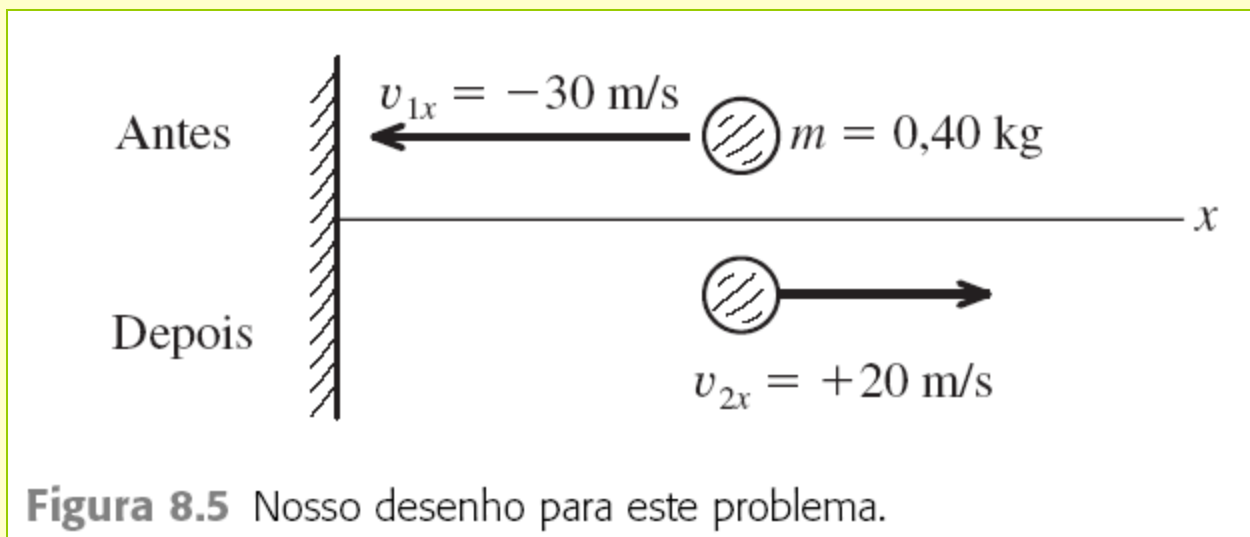
*Suponha que uma partícula esteja submetida a ação de uma força dependente do tempo durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ . O impulso da força é obtido integrando no tempo a Segunda Lei de Newton.*

$$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \Rightarrow \int d\vec{p} = \int \vec{F} dt$$

$$\vec{J} = \Delta \vec{p} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

***A variação do momento linear durante um intervalo de tempo  $\Delta t$  é igual ao impulso da força resultante  $F(t)$  que atua sobre a partícula durante esse intervalo de tempo.***

## Exemplo 8.2, p. 251



### Movimento Unidimensional

Dados iniciais:  $m=0,40 \text{ kg}$

Velocidade Inicial = - 30 m/s

Velocidade Final = + 20 m/s

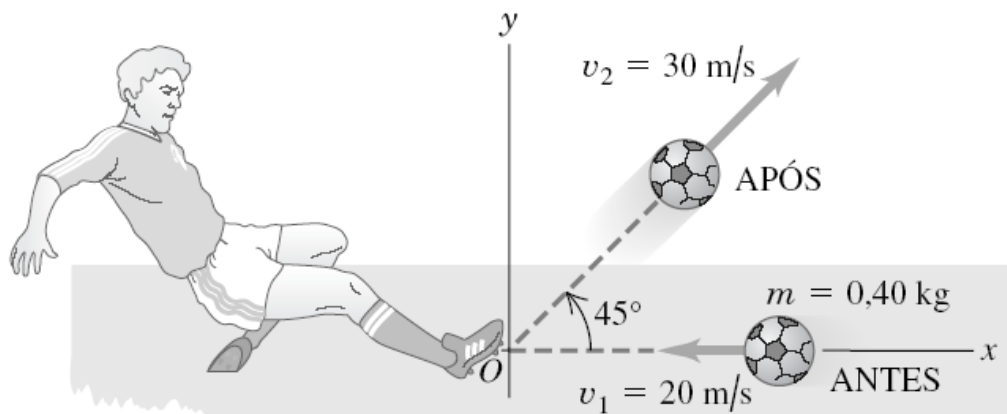
Note que precisamos adotar um sistema de referência (adotamos positivo no sentido  $Ox$ ).



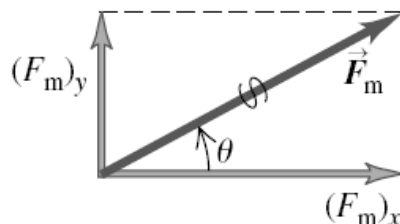


# Momento Linear e impulso – Exemplo 8.3

(a) Diagrama antes e após.



(b) Força média sobre a bola.



**Figura 8.7** (a) Chutando uma bola de futebol. (b) Determinação da força média por meio dos seus componentes.

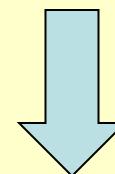
**Neste caso temos movimento no plano!!!**

**Dados:**

**$m=0,40 \text{ kg}$**

**$v_{ix}=-20 \text{ m/s}$   $v_{iy}=0$**

**Módulo de  $v_f = 30 \text{ m/s}$   
formando um ângulo de  
 $45^\circ$  com a horizontal.**



**Impulso é um vetor, então  
precisaremos  $J_x$  e  $J_y$ !!!!** 13





# Momento Linear e energia cinética



**Figura 8.4** A *energia cinética* de uma bola de beisebol arremessada é igual ao trabalho que o jogador realiza sobre a bola (força multiplicada pela distância que a bola percorre durante o arremesso). O *momento linear* da bola é igual ao impulso que o jogador imprime à bola (força multiplicada pelo tempo necessário para fazer a bola ganhar velocidade).

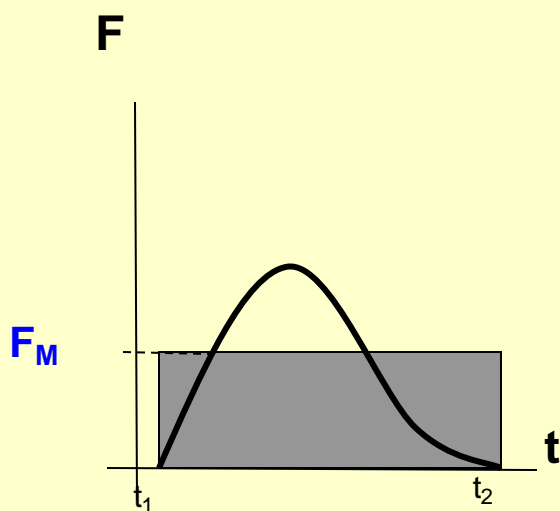


# *Impulso de uma força média*

*À partir do teorema do valor médio,*

$$f_M = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

*Calcula-se o valor do impulso da força média no intervalo de tempo  $\Delta t$ , como ilustrado na figura:*



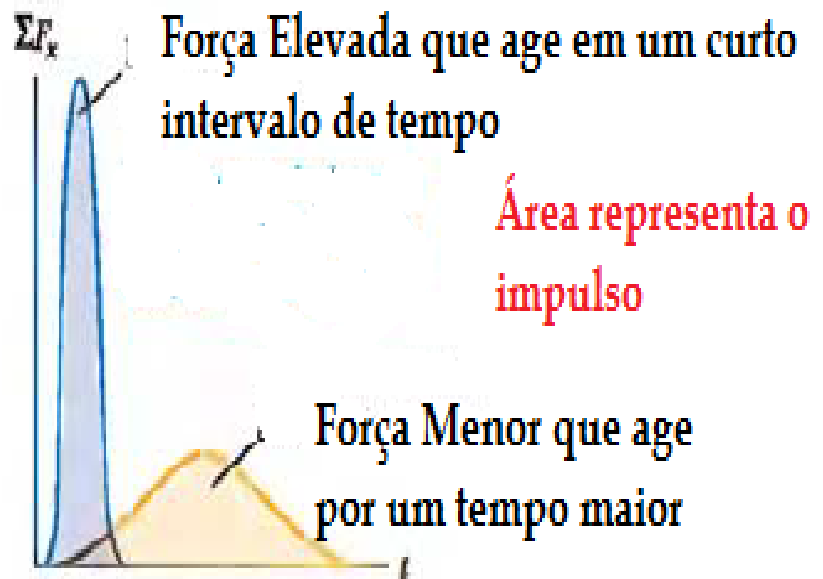
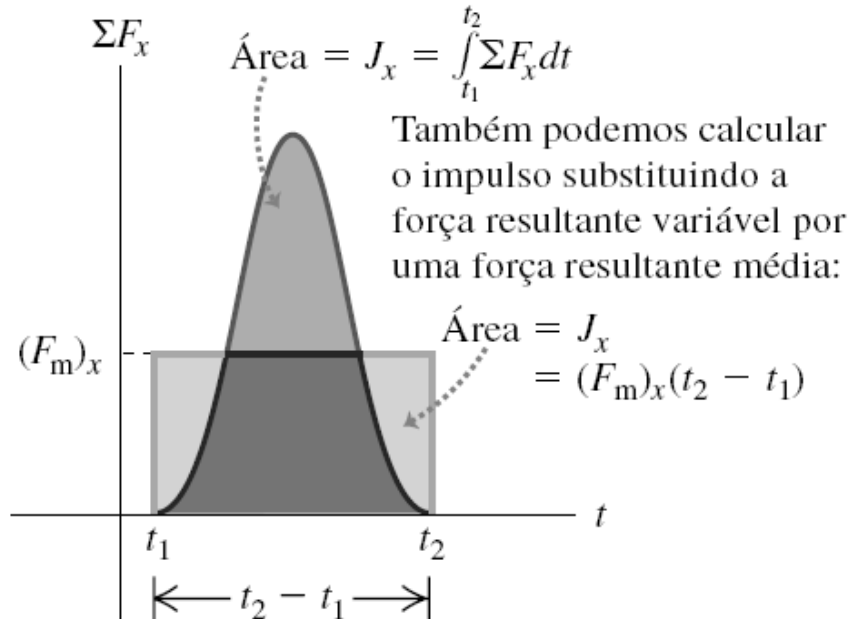
$$\vec{J} = \vec{F}_M \Delta t$$

*A estimativa da força média é um importante resultado, pois para muitos problemas práticos, a forma funcional da força  $F$  não é conhecida, fato que impede a solução da integral de impulso.*

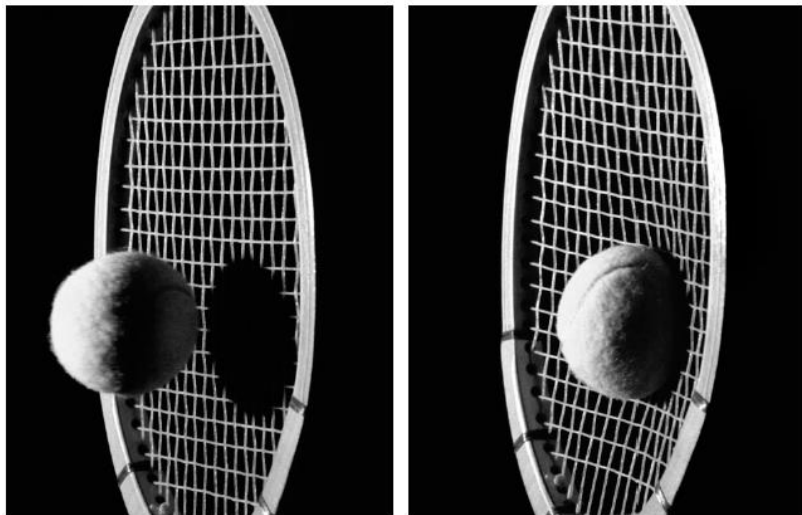
# Impulso de uma força média

(a)

A área sob a curva da força resultante *versus* tempo é igual ao impulso da força resultante:



## ***Momento Linear e impulso***

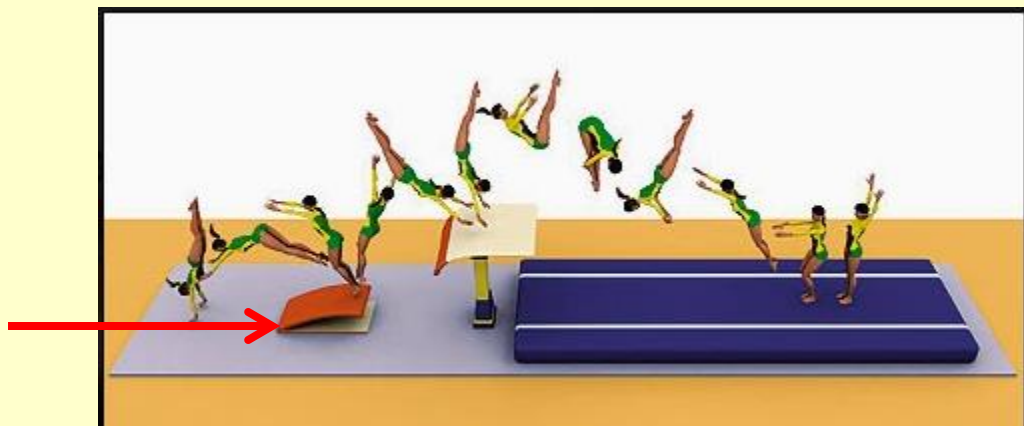


**Figura 8.6** Comumente, o intervalo de tempo durante o qual uma bola de tênis permanece em contato com uma raquete é aproximadamente igual a 0,01 s. A bola visivelmente se achata por causa da enorme força exercida pela raquete.



**Tempo de contato é da ordem de 0,03 s**

**Trampolim de Impulso**



## **Exercício 8.7:**

*Uma bola de golfe de  $0,0450\text{kg}$  que estava inicialmente em repouso passa a se deslocar a  $25,0\text{m/s}$  após receber um impulso do taco. Se o taco e a bola permanecerem em contato por  $2,00\text{ms}$ , qual é a força média do taco sobre a bola? O efeito do peso da bola durante seu contato com o taco é importante? Por que sim ou por que não?*



### **Exercício 8.10:**

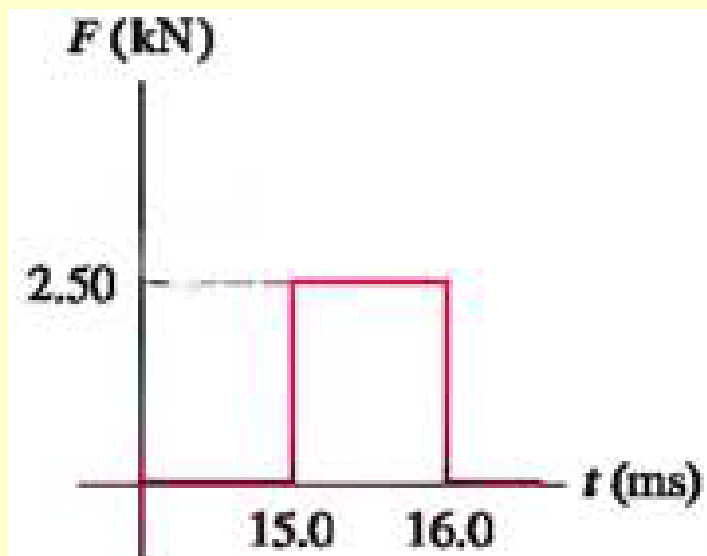
*O motor de um sistema de manobra orbital em um ônibus espacial exerce uma força igual a  $(26700\text{N}) \hat{j}$  durante 3,90s, ejetando uma quantidade de massa de combustível desprezível em relação à massa de 95000kg do ônibus espacial.*

- a) Qual é o impulso da força durante os 3,90s?*
- b) Qual é a variação do momento linear do ônibus espacial referente a esse impulso?*
- c) Qual é a variação da velocidade do ônibus espacial referente a esse impulso?*
- d) Por que não podemos calcular a variação da energia cinética do ônibus espacial?*



### Exercício 8.13:

*Uma pedra de 2,0kg está deslizando a 5,0m/s da esquerda para a direita sobre uma superfície horizontal sem atrito, quando é repentinamente atingida por um objeto que exerce uma grande força horizontal sobre ela, por um curto período de tempo. O gráfico na figura mostra o módulo dessa força em função do tempo. a) Qual é o impulso que essa força exerce sobre a pedra? b) Imediatamente após a força cessar, ache o módulo, a direção e o sentido da velocidade da pedra se a força atuar (i) para a direita (ii) para a esquerda.*







### **Exercício 8.6:**

*Dois veículos se aproximam de um cruzamento.*

*Um deles é uma caminhonete*

*de 2500 kg que se desloca a  $14,0 \frac{m}{s}$*

*do leste para oeste (no sentido negativo de  $x$ ),*

*e o outro é um carro de passeio de 1500 kg*

*que segue do sul para o norte*

*(no sentido positivo de  $y$ , a  $23,0 \text{ m/s}$ ).*

*(a) Ache os componentes  $x$  e  $y$  do momento linear resultante desse sistema.*

*(b) Quais são o módulo, a direção e o sentido do momento linear resultante?*



### **Exercício 8.8:**

*Uma bola de beisebol possui massa igual a 0,145 kg.*

*a) Sabendo que a velocidade da bola*

*arremessada é de  $45,0 \frac{m}{s}$*

*e a velocidade da bola rebatida*

*é de  $55,0 \frac{m}{s}$  na mesma direção,*

*mas em sentido contrário.*

*a) calcule o módulo*

*da variação do momento linear*

*e do impulso aplicado pelo bastão sobre a bola.*

*b) Se o bastão e a bola permanecem em contato*

*durante 2,0 ms, qual é o módulo*

*da força média do bastão sobre a bola?*



### **Exercício 8.63:**

*Uma bola de aço de massa igual a  $40,0\text{ g}$  é solta de uma altura de  $2,0\text{ m}$  sobre uma barra de aço horizontal.*

*A bola é rebatida até uma altura de  $1,60\text{ m}$ .*

*a) Calcule o impulso comunicado para a bola durante a colisão.*

*b) Sabendo que a bola permanece em contato com a barra durante  $2,0\text{ ms}$ , calcule a força média exercida sobre a bola durante a colisão.*



### **Exercício 8.65:**

*Imediatamente antes de colidir com a raquete, uma bola de tênis pesando 0,560 N possui uma velocidade igual a*

$$(20,0 \text{ m/s})\hat{i} - \left(4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\hat{j}.$$

*Durante os 3,0 ms em que a raquete ficou em contato com a bola, a força resultante é constante e igual a*

$$-(380 \text{ N})\hat{i} + (110 \text{ N})\hat{j}.$$

- a) Quais são os componentes x e y do impulso da força resultante que atuam sobre a bola?*
- b) Quais são os componentes x e y da velocidade final da bola?*



