

# **Física I**

## **Semana 07 - Aula 2**

### **Resistência de um fluido e velocidade terminal**

**Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria**

# Força de resistência de fluido

- **Experiência:** colocar a mão para fora da janela de um carro que se move com alta velocidade.
- Ficará evidente a existência da resistência de um fluido.

# Força de resistância de fluido

- **Experiência:** colocar a mão para fora da janela de um carro que se move com alta velocidade.
- Ficará evidente a existência da resistância de um fluido.
- O corpo que se move exerce uma força sobre o fluido para afastá-lo do seu caminho.
- Pela terceira lei de Newton, o fluido exerce sobre o corpo uma força igual e contrária.

# Força de resistência de fluido

- A força da resistência de um fluido possui direção e sentido sempre contrários aos da velocidade do corpo em relação ao fluido.

# Força de resistência de fluido

- A força da resistência de um fluido possui direção e sentido sempre contrários aos da velocidade do corpo em relação ao fluido.
- Para baixas velocidades, o módulo  $f$  da força da resistência de um fluido é aproximadamente proporcional à velocidade do corpo  $v$ .

# Força de resistência de fluido

- A força da resistência de um fluido possui direção e sentido sempre contrários aos da velocidade do corpo em relação ao fluido.
- Para baixas velocidades, o módulo  $f$  da força da resistência de um fluido é aproximadamente proporcional à velocidade do corpo  $v$ .

$$f = kv$$

$k$ : fator de proporcionalidade que depende da forma e do tamanho do corpo e das propriedades do fluido.

# Força de resistência de fluido

- Quando o movimento ocorre no ar para velocidade de uma bola de tênis lançada ou para velocidades maiores que esta, a força é aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade em vez de  $v$ .

# Força de resistência de fluido

- Quando o movimento ocorre no ar para velocidade de uma bola de tênis lançada ou para velocidades maiores que esta, a força é aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade em vez de  $v$ .
- Força chamada de arraste do ar, ou simplesmente arraste.

# Força de resistência de fluido

- Quando o movimento ocorre no ar para velocidade de uma bola de tênis lançada ou para velocidades maiores que esta, a força é aproximadamente proporcional ao quadrado da velocidade em vez de  $v$ .
- Força chamada de arraste do ar, ou simplesmente arraste.

$$f = Dv^2$$

$D$ : depende da forma e do tamanho do corpo e da densidade do ar.

# Força de resistência de fluido

- Devido aos efeitos da resistência do fluido, um objeto caindo em um fluido **não terá aceleração constante.**

# Força de resistência de fluido

- Devido aos efeitos da resistência do fluido, um objeto caindo em um fluido **não terá aceleração constante**.
- **Não podemos** usar as fórmulas do movimento com aceleração constante.

# Força de resistência de fluido

- Devido aos efeitos da resistência do fluido, um objeto caindo em um fluido **não terá aceleração constante**.
- **Não podemos** usar as fórmulas do movimento com aceleração constante.
- É necessário fazer nova solução aplicando a segunda lei de Newton.

# Força de resistência de fluido

(a) Uma pedra caindo na água.



**Figura 5.24** Uma pedra que cai em um fluido (água).

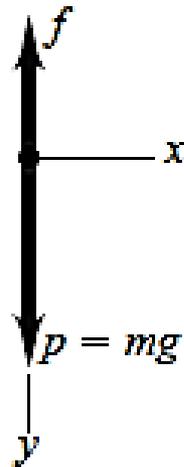
**Fonte:** Sears e Zemansky

# Força de resistênciã de fluido

(a) Uma pedra cãindo na água.



(b) Diagramã do corpo livre para a pedra na água.



**Figura 5.24** Uma pedra que cai em um fluido (água).

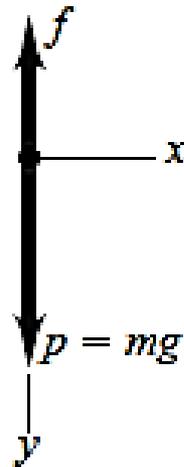
**Fonte:** Sears e Zemansky

# Força de resistência de fluido

(a) Uma pedra caindo na água.



(b) Diagrama do corpo livre para a pedra na água.



$$\sum F_y = mg + (-kv_y) = ma_y$$

**Figura 5.24** Uma pedra que cai em um fluido (água).

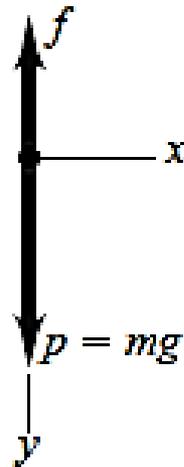
**Fonte:** Sears e Zemansky

# Força de resistência de fluido

(a) Uma pedra caindo na água.



(b) Diagrama do corpo livre para a pedra na água.



$$\sum F_y = mg + (-kv_y) = ma_y$$

Quando a Força resistiva se torna igual ao peso:

$$mg = kv_y$$

**Figura 5.24** Uma pedra que cai em um fluido (água).

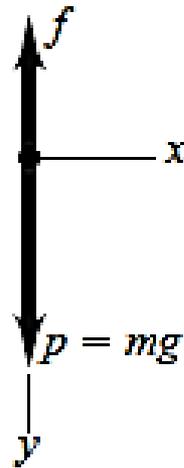
**Fonte:** Sears e Zemansky

# Força de resistência de fluido

(a) Uma pedra caindo na água.



(b) Diagrama do corpo livre para a pedra na água.



$$\sum F_y = mg + (-kv_y) = ma_y$$

Quando a Força resistiva se torna igual ao peso:

$$mg = kv_y$$

$$v_y = \frac{mg}{k}$$

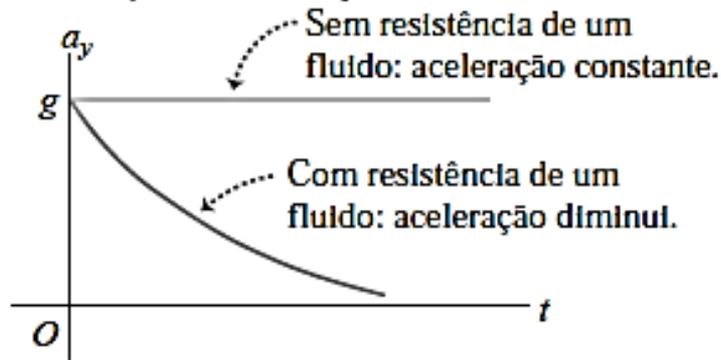
Velocidade terminal

**Figura 5.24** Uma pedra que cai em um fluido (água).

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Objeto em movimento no fluido

Aceleração *versus* tempo.



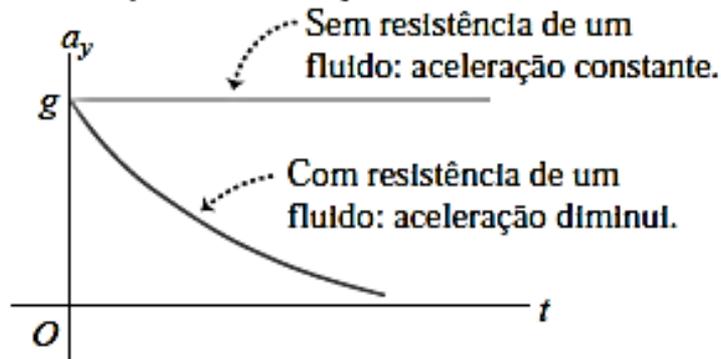
$$a_y = ge^{-(k/m)t}$$

**Figura 5.25** Gráficos do movimento de um corpo que cai sem a resistência de um fluido e com a resistência de um fluido proporcionalmente à velocidade escalar.

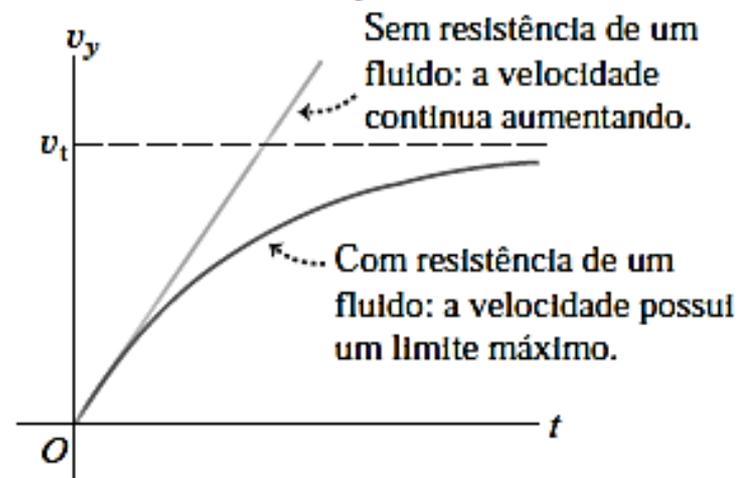
**Fonte:** Sears e Zemansky

# Objeto em movimento no fluido

Aceleração *versus* tempo.



Velocidade *versus* tempo.



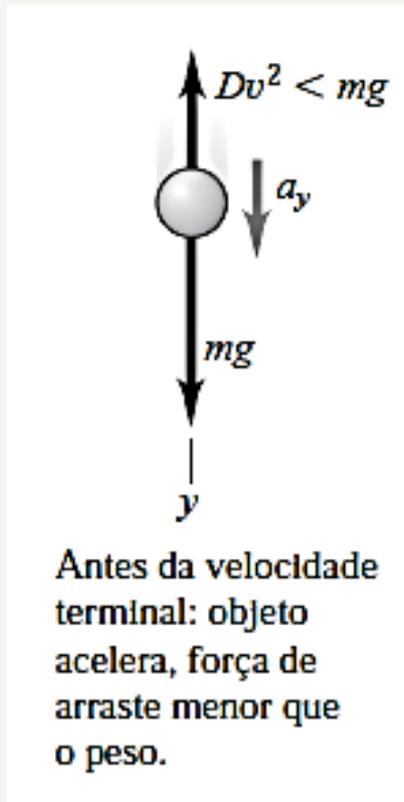
$$a_y = ge^{-(k/m)t}$$

$$v_y = v_t[1 - e^{-(k/m)t}]$$

**Figura 5.25** Gráficos do movimento de um corpo que cai sem a resistência de um fluido e com a resistência de um fluido proporcionalmente à velocidade escalar.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Objeto caindo no ar: força de arraste

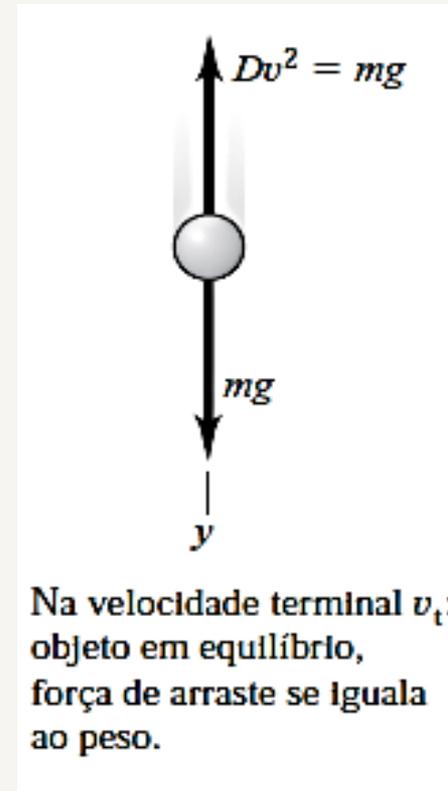
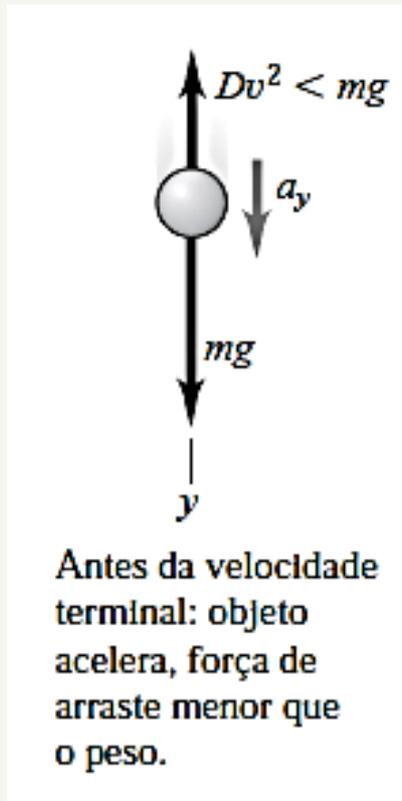


$$\sum F_y = mg + (-Dv^2) = ma_y$$

**Figura 5.26** Arraste do ar e velocidade terminal.

**Fonte:** Sears e Zemansky

# Objeto caindo no ar: força de arraste



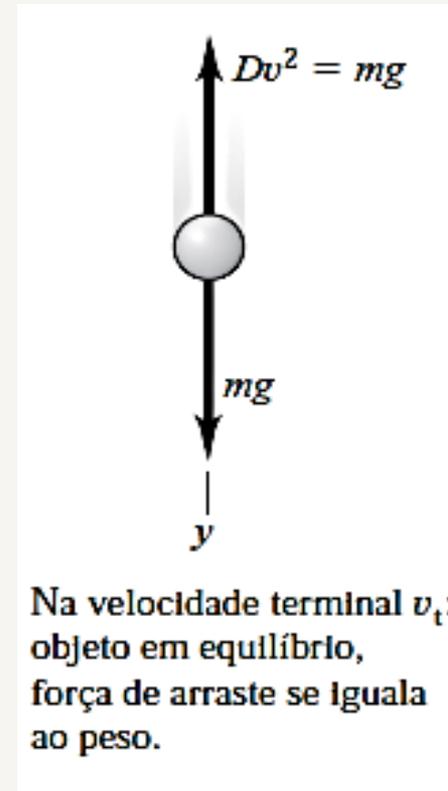
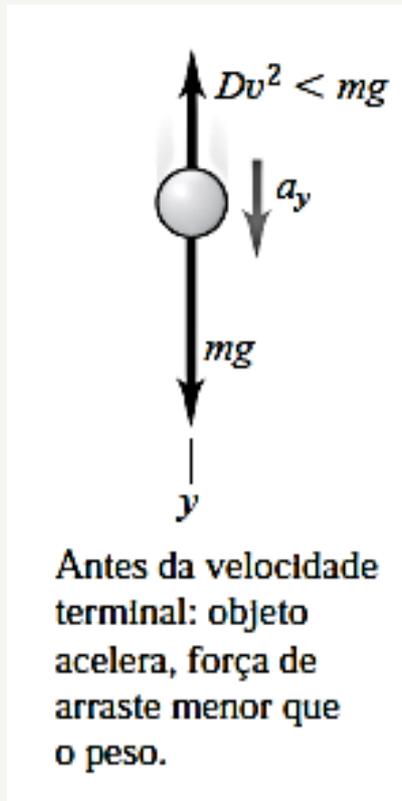
$$\sum F_y = mg + (-Dv^2) = ma_y$$

$$mg = Dv^2$$

Figura 5.26 Arraste do ar e velocidade terminal.

Fonte: Sears e Zemansky

# Objeto caindo no ar: força de arraste



$$\sum F_y = mg + (-Dv^2) = ma_y$$

$$mg = Dv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$

Figura 5.26 Arraste do ar e velocidade terminal.

Fonte: Sears e Zemansky

# Objeto caindo no ar: força de arraste

- Essa expressão da velocidade terminal explica por que um objeto mais pesado tende a cair com uma velocidade maior do que a de um objeto mais leve.

$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$

# Objeto caindo no ar: força de arraste

- Essa expressão da velocidade terminal explica por que um objeto mais pesado tende a cair com uma velocidade maior do que a de um objeto mais leve.

$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$

- Uma folha de papel cai mais rapidamente quando é amassada em forma de bola.
- A massa  $m$  é a mesma, porém, o tamanho menor produz um valor de  $D$  menor e uma velocidade terminal maior.

## Exemplo 5.19

VELOCIDADE TERMINAL DE UM PÁRA-QUEDISTA Para um corpo humano caindo no ar em posição horizontal, o valor da constante  $D$  é aproximadamente igual a  $0,25 \text{ kg/m}$ . Considerando um pára-quedista de  $50,0 \text{ kg}$ , ache a sua velocidade terminal.



## Exemplo 5.19

VELOCIDADE TERMINAL DE UM PÁRA-QUEDISTA Para um corpo humano caindo no ar em posição horizontal, o valor da constante  $D$  é aproximadamente igual a  $0,25 \text{ kg/m}$ . Considerando um pára-quedista de  $50,0 \text{ kg}$ , ache a sua velocidade terminal.



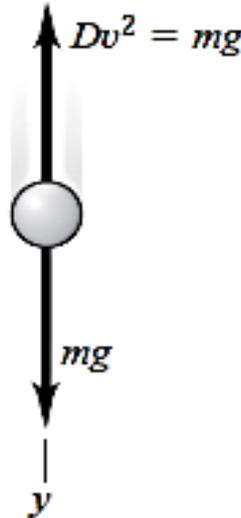
$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$

## Exemplo 5.19

VELOCIDADE TERMINAL DE UM PÁRA-QUEDISTA Para um corpo humano caindo no ar em posição horizontal, o valor da constante  $D$  é aproximadamente igual a  $0,25 \text{ kg/m}$ . Considerando um pára-quedista de  $50,0 \text{ kg}$ , ache a sua velocidade terminal.



$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$

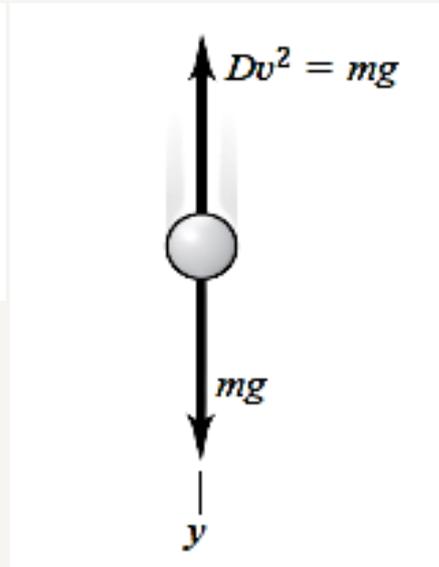


## Exemplo 5.19

VELOCIDADE TERMINAL DE UM PÁRA-QUEDISTA Para um corpo humano caindo no ar em posição horizontal, o valor da constante  $D$  é aproximadamente igual a  $0,25 \text{ kg/m}$ . Considerando um pára-quedista de  $50,0 \text{ kg}$ , ache a sua velocidade terminal.



$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$



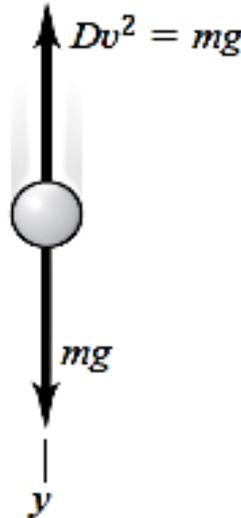
$$v = \sqrt{\frac{50 \times 9,8}{0,25}}$$

## Exemplo 5.19

VELOCIDADE TERMINAL DE UM PÁRA-QUEDISTA Para um corpo humano caindo no ar em posição horizontal, o valor da constante  $D$  é aproximadamente igual a  $0,25 \text{ kg/m}$ . Considerando um pára-quedista de  $50,0 \text{ kg}$ , ache a sua velocidade terminal.



$$v = \sqrt{\frac{mg}{D}}$$



$$v = \sqrt{\frac{50 \times 9,8}{0,25}}$$

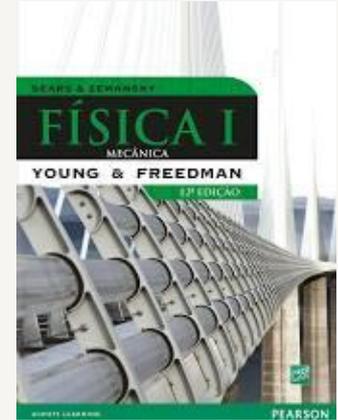
$$v = 44 \text{ m/s}$$

$$\cong 169 \text{ km/h}$$

# Referências

1. H.D. YOUNG, R.A. FREEDMAN, Sears e Zemansky, Física I – Mecânica, Addison Wesley Ed, São Paulo, 12a Edição, 2008. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/270>



2. M. ALONSO e, E.J. FINN, Física: Um Curso Universitário. v.1, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1999. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/158847>



# Contatos



[profhenriquefaria.com](http://profhenriquefaria.com)



henrique.faria@unesp.br