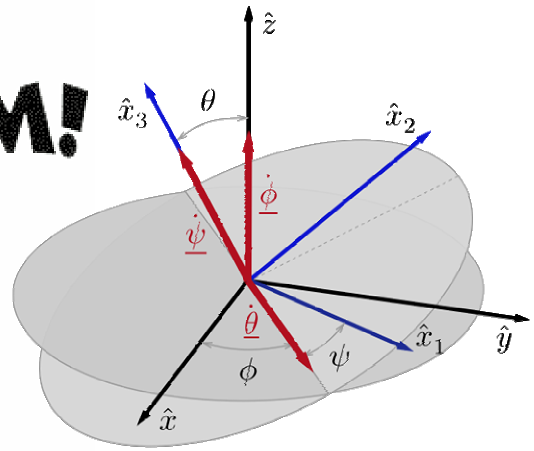
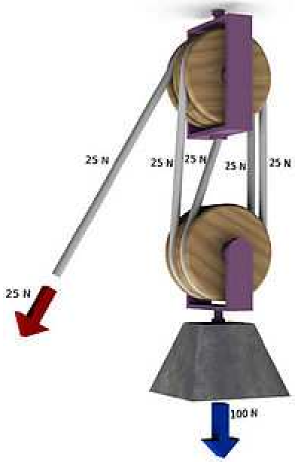
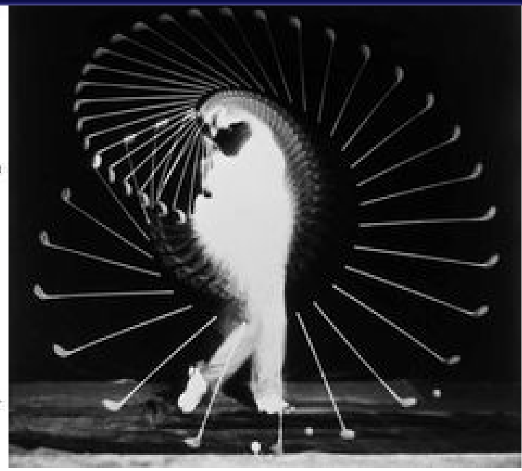
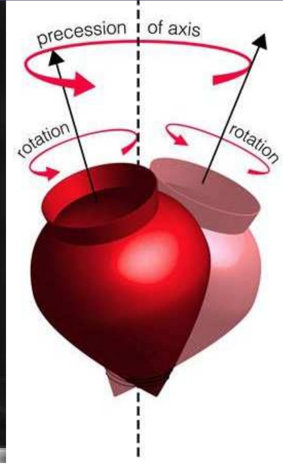
Centro de Ciências Naturais e Humanas
Universidade Federal do ABC

BJC0204
Fenômenos Mecânicos









Aula 2
Movimento Unidimensional – Parte III

Profa. Dra. Romarly Fernandes da Costa
(romarly.costa@ufabc.edu.br)

20/09/2018

→ Movimento em uma dimensão
(Conceitos fundamentais)

- **Aceleração média**: é definida como a variação da velocidade instantânea num dado intervalo de tempo, ou seja:

$$a_{x,med}(t) = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i}$$

→ Movimento em uma dimensão
(Conceitos fundamentais)

- Aceleração média: é definida como a variação da velocidade instantânea num dado intervalo de tempo, ou seja:

$$a_{x,med}(t) = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{v_{xf} - v_{xi}}{t_f - t_i}$$

- **Aceleração instantânea**: é definida como a razão entre Δv_x e Δt quando $\Delta t \rightarrow 0$, isto é:

$$a_x(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{dv_x}{dt}$$

$$a_x(t) = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

→ Casos especiais

(A partícula com aceleração constante)

- As equações fundamentais que descrevem o movimento de uma partícula que se desloca com aceleração constante são dadas por:

$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xf} + v_{xi})t$$

$$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$$

→ Casos especiais

(A partícula com aceleração constante)

- As equações fundamentais que descrevem o movimento de uma partícula que se desloca com aceleração constante são dadas por:

$$v_{xf} = v_{xi} + a_x t$$

$$x_f = x_i + \frac{1}{2}(v_{xf} + v_{xi})t$$

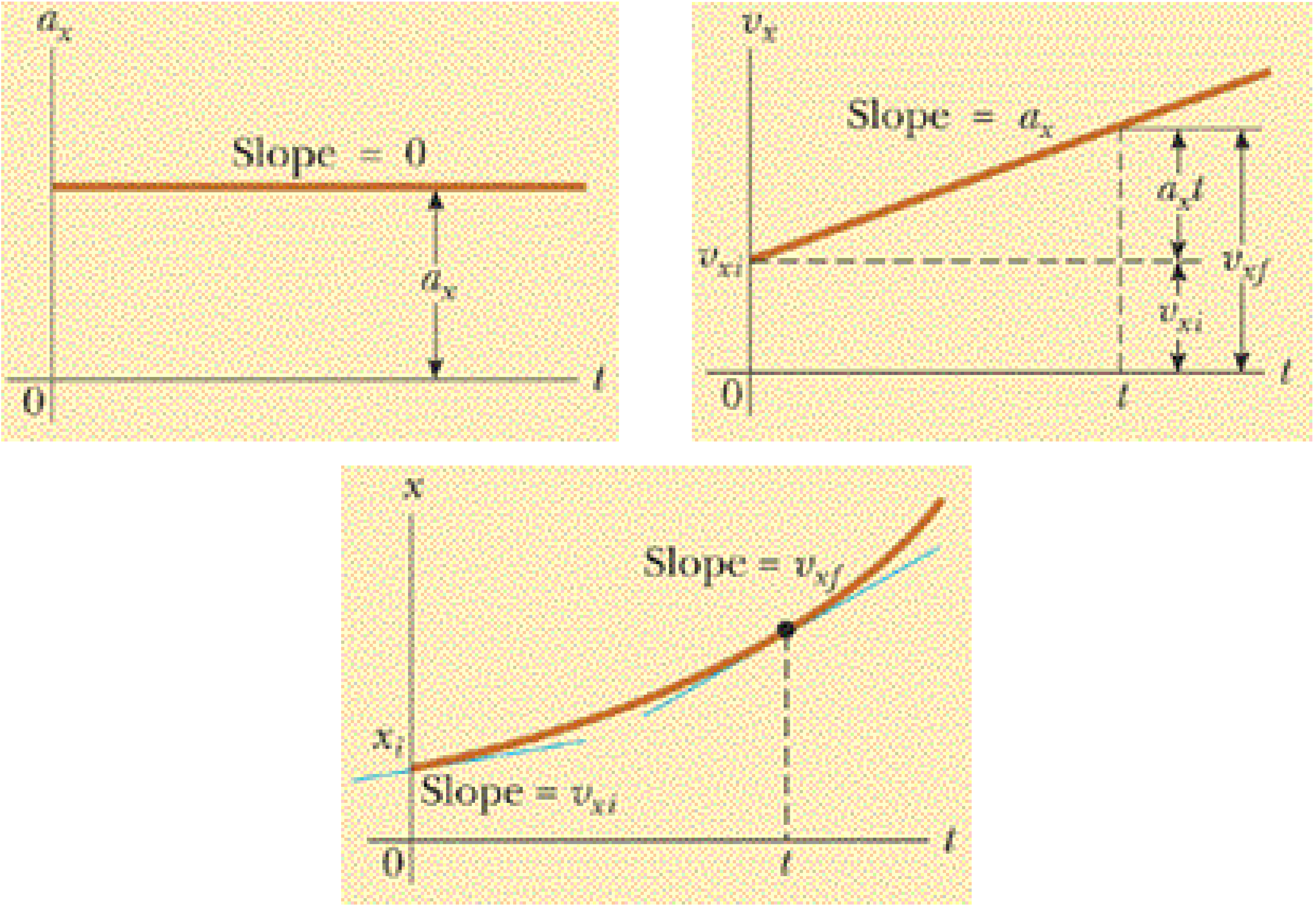
$$x_f = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2$$

$$v_{xf}^2 = v_{xi}^2 + 2a_x(x_f - x_i)$$

- Se $a_x \rightarrow 0$, obtemos os resultados para o movimento com velocidade constante, como era de se esperar !!!

→ Casos especiais

(A partícula com aceleração constante)



O que vamos ver hoje ?

- **Casos particulares de movimento 1D;**
  - Queda livre;
  - Aceleração da gravidade;
  - Exemplos de aplicação.

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

- É um fato bem estabelecido que todos os corpos, quando soltos, aceleram em linha reta em direção à Terra;

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- É um fato bem estabelecido que todos os corpos, quando soltos, aceleram em linha reta em direção à Terra;

- **Corpos lançados verticalmente para cima, desaceleram até parar e, então, aceleram em direção à Terra.**

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- É um fato bem estabelecido que todos os corpos, quando soltos, aceleram em linha reta em direção à Terra;

- Corpos lançados verticalmente para cima, desaceleram até parar e, então, aceleram em direção à Terra. **Novamente, todo o processo se dá ao longo de uma linha reta;**

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- É um fato bem estabelecido que todos os corpos, quando soltos, aceleram em linha reta em direção à Terra;

- Corpos lançados verticalmente para cima, desaceleram até parar e, então, aceleram em direção à Terra. Novamente, todo o processo se dá ao longo de uma linha reta;

- **Próximo à superfície, a aceleração com a qual a Terra atrai os corpos é constante e não depende da altura a partir da qual o corpo é liberado ou lançado;**

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

- É um fato bem estabelecido que todos os corpos, quando soltos, aceleram em linha reta em direção à Terra;

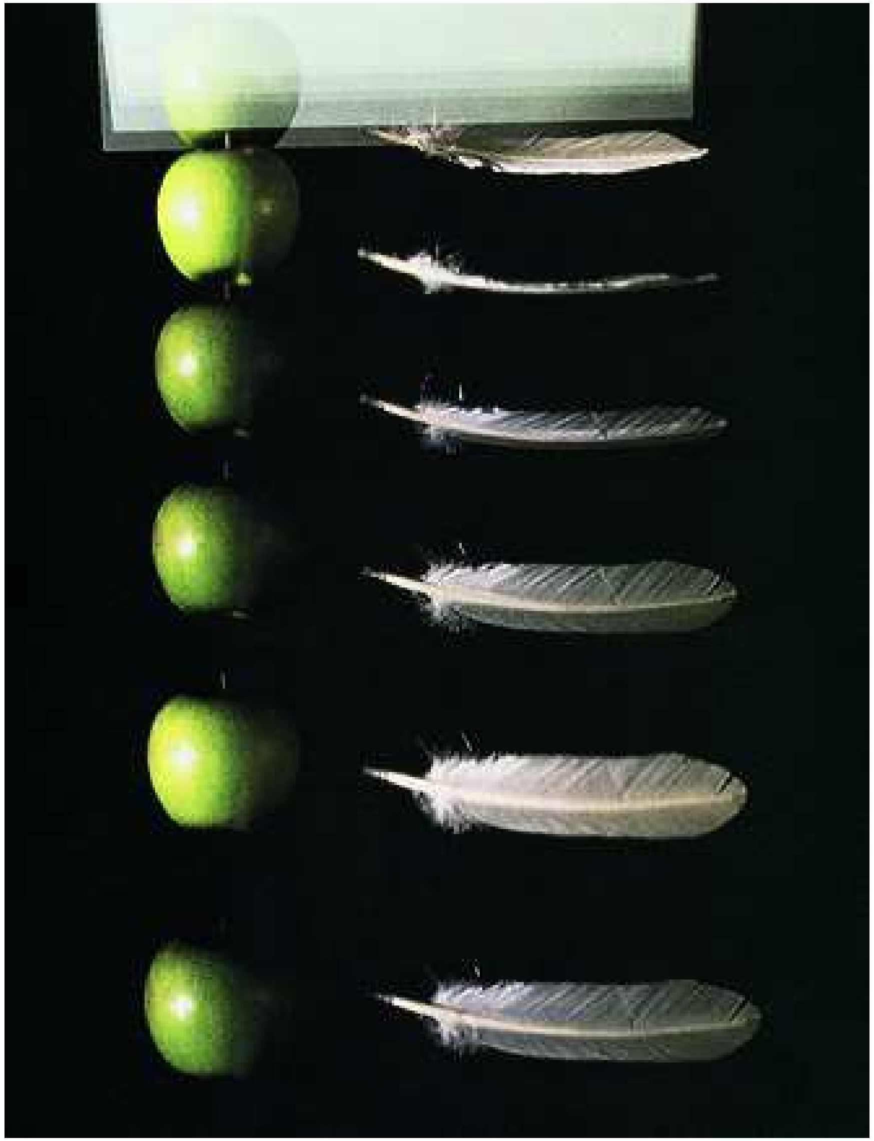
- Corpos lançados verticalmente para cima, desaceleram até parar e, então, aceleram em direção à Terra. Novamente, todo o processo se dá ao longo de uma linha reta;

- Próximo à superfície, a aceleração com a qual a Terra atrai os corpos é constante e não depende da altura a partir da qual o corpo é liberado ou lançado;

- **No caso em que os efeitos de resistência do ar podem ser desprezados, esta aceleração também é independente da massa, densidade ou formato do objeto.**

→ Casos especiais

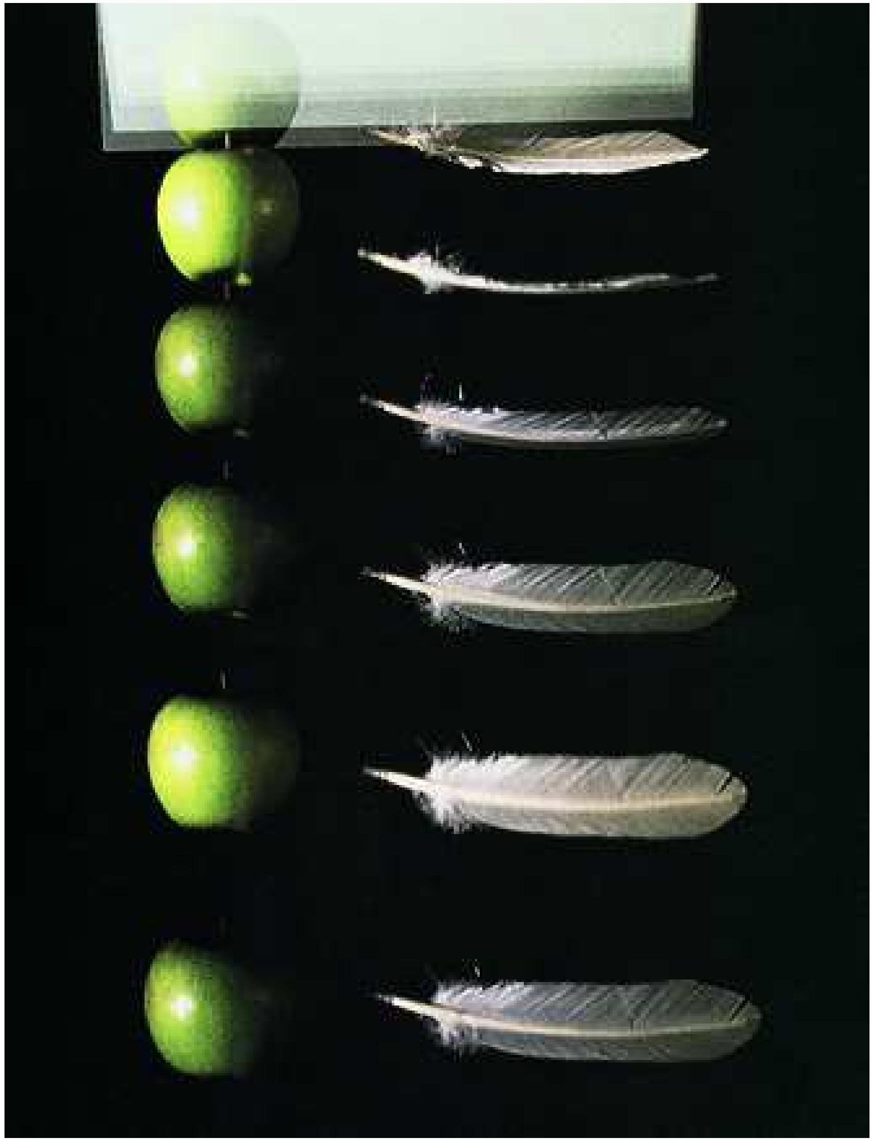
(Corpos em queda livre)



- De fato, conforme observa-se na figura ao lado, uma maçã e uma pena, soltas a partir do repouso em uma câmara de vácuo, caem juntas, independente das suas massas;

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)



- De fato, conforme observa-se na figura ao lado, uma maçã e uma pena, soltas a partir do repouso em uma câmara de vácuo, caem juntas, independente das suas massas;

⬇

Difícil de acreditar ???
Então, veja o vídeo a seguir...

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

**Brian Cox visits the world's biggest vacuum chamber
Human Universe: Episode 4 Preview - BBC Two**

https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

- **Nestas circunstâncias, valem as equações que regem o movimento unidimensional de uma partícula que se desloca com aceleração constante !**

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- Nestas circunstâncias, valem as equações que regem o movimento unidimensional de uma partícula que se desloca com aceleração constante !

- **A diferença é que, agora, o movimento se dá ao longo da direção vertical (eixo y).**

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

- Nestas circunstâncias, valem as equações que regem o movimento unidimensional de uma partícula que se desloca com aceleração constante !

- A diferença é que, agora, o movimento se dá ao longo da direção vertical (eixo y). **Por conveniência, vamos escolher a orientação positiva do eixo y apontando para cima;**

→ Casos especiais

(Corpos em queda livre)

- Nestas circunstâncias, valem as equações que regem o movimento unidimensional de uma partícula que se desloca com aceleração constante !

- A diferença é que, agora, o movimento se dá ao longo da direção vertical (eixo y). Por conveniência, vamos escolher a orientação positiva do eixo y apontando para cima;

- **A magnitude (módulo) desta aceleração, denominada como aceleração da gravidade, é g = 9,8 m/s^2.**

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- Nestas circunstâncias, valem as equações que regem o movimento unidimensional de uma partícula que se desloca com aceleração constante !

- A diferença é que, agora, o movimento se dá ao longo da direção vertical (eixo y). Por conveniência, vamos escolher a orientação positiva do eixo y apontando para cima;

- A magnitude (módulo) desta aceleração, denominada como aceleração da gravidade, é $g = 9{,}8\ m/s^2$. **Porém, como escolhemos a orientação positiva do eixo y "para cima", devemos utilizar uma aceleração negativa, o que indica de forma adequada o sentido deste vetor.**

→ Casos especiais
(Corpos em queda livre)

- Ou seja, para descrever o movimento de uma partícula em queda livre, utilizaremos as seguintes equações:

$$v_{yf} = v_{yi} + a_y t$$

$$y_f = y_i + \frac{1}{2}(v_{yf} + v_{yi})t$$

$$y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2$$

$$v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2a_y(y_f - y_i)$$

com a_y = -9,8 m/s^2.

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

- **Em 1993, um homem chamado Dave Munday, construiu um barril almofadado:**

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

- Em 1993, um homem chamado Dave Munday, construiu um barril almofadado:

e resolveu descer as cataratas do Niágara do lado canadense...

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

...igualzinho nos desenhos animados !!!

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

(a) Sabendo que a altura da queda foi de aproximadamente 48 m, calcule o tempo que o indivíduo levou para cair ao longo da referida catarata;

(b) Qual era a sua velocidade neste instante ?

(c) Determine a sua posição e a sua velocidade a cada um segundo.

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

(a) Sabendo que a altura da queda foi de aproximadamente 48 m, calcule o tempo que o indivíduo levou para cair ao longo da referida catarata;

(b) Qual era a sua velocidade neste instante ?

(c) Determine a sua posição e a sua velocidade a cada um segundo.

Resolução:

(a) Considerando a orientação positiva do eixo y para cima e tomando a origem no ponto mais alto da trajetória temos, de acordo com o enunciado do problema que y_i = 0 m e y_f = -48 m;

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

No início do movimento de queda livre, o barril parte do repouso e, portanto, $v_{yi} = 0$.

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

No início do movimento de queda livre, o barril parte do repouso e, portanto, $v_{yi} = 0$. **Substituindo estes resultados na expressão para a posição vertical do barril em função do tempo e levando em conta que $a_y = -g$, temos que:**

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

No início do movimento de queda livre, o barril parte do repouso e, portanto, $v_{yi} = 0$. Substituindo estes resultados na expressão para a posição vertical do barril em função do tempo e levando em conta que $a_y = -g$, temos que:

$$y_f = \cancel{y_i}^{\,0} + \cancel{v_{yi}t}^{\,0} + \frac{1}{2}a_y t^2 \Rightarrow y_f = -\frac{1}{2}gt^2$$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

No início do movimento de queda livre, o barril parte do repouso e, portanto, $v_{yi} = 0$. Substituindo estes resultados na expressão para a posição vertical do barril em função do tempo e levando em conta que $a_y = -g$, temos que:

$$y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \Longrightarrow y_f = -\frac{1}{2}gt^2$$

e, portanto:

$$t = \pm\sqrt{-\frac{2y_f}{g}} = \pm\sqrt{-\frac{2(-48\ \text{m})}{9{,}8\ \text{m/s}}} = \pm\ 3{,}1\ \text{s}$$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

No início do movimento de queda livre, o barril parte do repouso e, portanto, $v_{yi} = 0$. Substituindo estes resultados na expressão para a posição vertical do barril em função do tempo e levando em conta que $a_y = -g$, temos que:

$$y_f = y_i + v_{yi}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \;\Rightarrow\; y_f = -\frac{1}{2}gt^2$$

e, portanto:

$$t = \pm\sqrt{-\frac{2y_f}{g}} = \pm\sqrt{-\frac{2(-48\ m)}{9{,}8\ m/s}} = \pm\ 3{,}1\ s$$

Concluímos que o tempo de queda é de 3,1 s (note que a raiz negativa não tem significado físico).

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = v_{yi} + a_y t$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = \cancelto{0}{v_{yi}} + a_y t \Rightarrow v_{yf} = a_y t = (-9{,}8\ m/s^2)(3{,}1\ s)$

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = v_{yi} + a_y t \Rightarrow v_{yf} = a_y t = (-9,8\ m/s^2)(3,1\ s)$

e, portanto:

$$v_{yf} \approx -31\ m/s$$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = v_{yi} + a_y t \Rightarrow v_{yf} = a_y t = (-9{,}8\ m/s^2)(3{,}1\ s)$

e, portanto:

$$v_{yf} \approx -31\ m/s$$

(ii) $v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2a_y(y_f - y_i)$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = v_{yi} + a_y t \Rightarrow v_{yf} = a_y t = (-9,8\ m/s^2)(3,1\ s)$

e, portanto:

$$v_{yf} \approx -31\ m/s$$

(ii) $v_{yf}^2 = \cancel{v_{yi}^2}^{\,0} + 2a_y(y_f - y_i)$

$$= 2a_y(y_f - y_i) = 2(-9,8\ m/s^2)(-48\ m - 0\ m)$$

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

Existem duas maneiras diferentes para encontrar a velocidade final com a qual o barril chega no final da descida pela catarata:

(i) $v_{yf} = v_{yi} + a_y t \Longrightarrow v_{yf} = a_y t = (-9{,}8\ m/s^2)(3{,}1\ s)$

e, portanto:

$$v_{yf} \approx -31\ m/s$$

(ii) $v_{yf}^2 = v_{yi}^2 + 2a_y(y_f - y_i)$

$$= 2a_y(y_f - y_i) = 2(-9{,}8\ m/s^2)(-48\ m - 0\ m)$$

e, enfim:

$$\mathbf{v_{yf} \approx \pm\ 31\ m/s}$$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Escolhemos como resposta final a raiz com sinal de menos, pois a velocidade aponta em sentido contrário à orientação adotada como positiva para o eixo y.

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Escolhemos como resposta final a raiz com sinal de menos, pois a velocidade aponta em sentido contrário à orientação adotada como positiva para o eixo y. **Ou seja:**

$$v_{yf} \approx -\, 31\ m/s$$

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Escolhemos como resposta final a raiz com sinal de menos, pois a velocidade aponta em sentido contrário à orientação adotada como positiva para o eixo y. Ou seja:

$$v_{yf} \approx -31\ m/s$$

(c) Como o tempo de queda é de 3,1 s, podemos determinar a posição e a velocidade do barril nos instantes de tempo t = 0, 1, 2 e 3 s.

→ Corpos em queda livre

(Exemplo 1)

Escolhemos como resposta final a raiz com sinal de menos, pois a velocidade aponta em sentido contrário à orientação adotada como positiva para o eixo y. Ou seja:

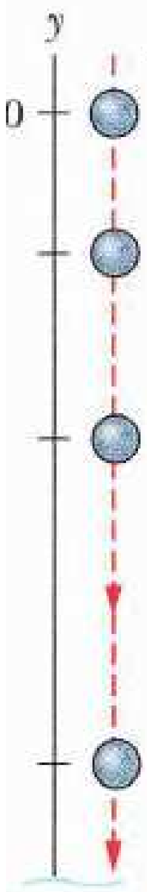
$$v_{yf} \approx -31 \text{ m/s}$$

(c) Como o tempo de queda é de 3,1 s, podemos determinar a posição e a velocidade do barril nos instantes de tempo t = 0, 1, 2 e 3 s. **Para tanto, basta utilizarmos as expressões obtidas nos itens (a) e (b) que são dadas, respectivamente, por:**

$$y_f = -\frac{1}{2}gt^2 \qquad \text{e} \qquad v_{yf} = a_y t$$

→ Corpos em queda livre
(Exemplo 1)

Os resultados são resumidos na tabela abaixo:



t (s)	y (m)	v (m/s)	a (m/s^2)
0	0	0	–9.8
1	–4.9	–9.8	–9.8
2	–19.6	–19.6	–9.8
3	–44.1	–29.4	–9.8

Na próxima aula...

- **Movimento em duas e três dimensões**
  - Vetores posição e deslocamento;
  - Vetores velocidade média e instantânea;
  - Vetores aceleração média e aceleração instantânea

- **Movimento de projéteis;**

- **Aplicações práticas;**

Bibliografia

Bibliografia básica

Tipler, P.A.; Mosca, G.; Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica, vol.1, 6.Ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006. (Seções 2.3-2.4)

Bibliografia complementar

Halliday, D.; Resnick, R.; WALKER, J.; Fundamentos de Física. vol. 1, 8.Ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009. (Seções 2.9-2.10)

Serway R.A.; Jewett, Jr. J.W.; Princípios de Física: Mecânica Clássica, 1.Ed., São Paulo: Cengage Learning, 2001. (Seção 2.7)