Capítulo
4

Leis de Newton

Paula Ferreira: psfer@pos.if.ufrj.br

4.1. Terceira Lei de Newton

Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B (uma 'ação'), então, o corpo B exerce uma força sobre o corpo A(uma 'reação'). Essas duas forças têm o mesmo módulo e a mesma direção mas possuem sentidos contrários. Elas atuam em corpos diferentes.

- As duas forças de um par ação e reação nunca atuam sobre o mesmo corpo!
- 2ª Lei: somente as forças que atuam sobre um corpo determinam seu movimento.

4.1.1. Exemplo conceitual (4.9 Young & Freedman)

Figuras no livro.

(a) Duas forças agindo em corpos diferentes: não constitui par ação e reação.

(b) $\vec{F}_{MT} = -\vec{F}_{TM}$: par ação e reação.

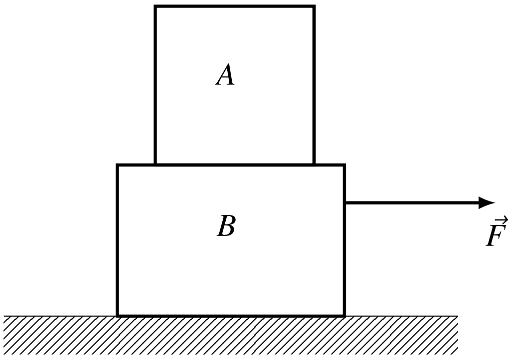
(c) $\vec{F}_{\text{maçã sobre a mesa}} = -\vec{F}_{\text{mesa sobre a maçã}}$: par ação e reação.

(d) $\vec{F}_{\text{mesa sobre a maçã}}$ e $\vec{F}_{\text{Terra sobre a maçã}}$: não é par ação e reação.

4.2. Diagramas de corpo livre

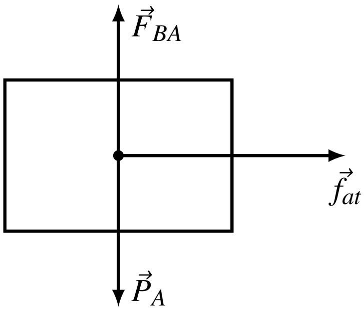
- só forças que atuma sobre o corpo!
- não colocar forças que esse corpo exerce sobre outro.
- não colocar para ação e reação.

Exemplo: Exercício 4.28 Young & Freedman.



- mesa sem atrito
- há atrito entre A e B

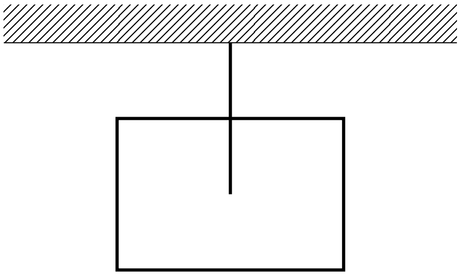
Diagrama de corpo livre de A:



4.3. Aplicações das leis de Newton

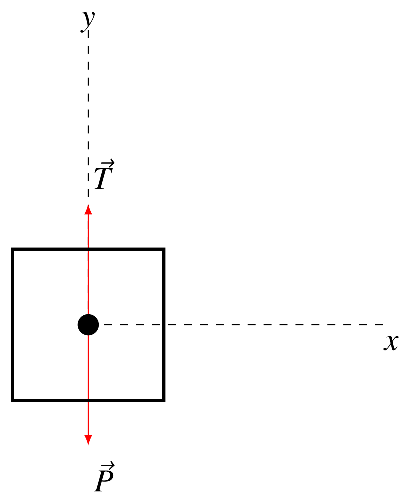
4.3.1. 1ª Lei de Newton

Um bloco de massa m pendurado por fio ideal está parado. Quanto vale a tensão na corda?



- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como está em repouso a esse referencial a 1ª Lei de Newton é aplicável.
- Conheço: m, $\vec{g}$ (implícito)

Diagrama de forças:



Pela 1ª Lei de Newton

$$\sum_i \vec{F}_i = 0$$
$$\vec{T} + \vec{P} = 0$$
$$\vec{P} = m\vec{g} = -mg\hat{\mathbf{j}}$$
$$T\hat{\mathbf{j}} - mg\hat{\mathbf{j}} = 0$$
$$\therefore T = mg$$

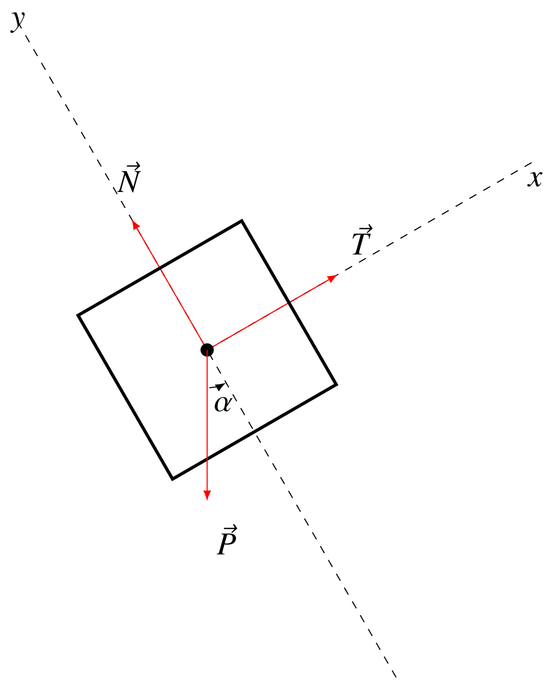
$\vec{T}$ e $\vec{P}$ não são par ação e reação, são forças atuando num mesmo corpo.

4.3.1.1. Exemplo em 2D

Bloco de peso P, parada um uma rampa que tem inclinação α e preso a um fio. Qual a tensão do fio?

- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como está em repouso a esse referencial a 1ª Lei de Newton é aplicável.
- Conheço: P e α

Diagrama de corpo livre:



1ª Lei:

$$\sum_i \vec{F}_i = 0$$
$$\vec{N} + \vec{T} + \vec{P} = 0$$
$$\vec{N} + \vec{T} + P(-\sin\alpha\hat{\mathbf{i}} - \cos\alpha\hat{\mathbf{j}}) = 0$$
$$N\hat{\mathbf{j}} + T\hat{\mathbf{i}} + P(-\sin\alpha\hat{\mathbf{i}} - \cos\alpha\hat{\mathbf{j}}) = 0$$

Eixo x:

$$T - P\sin\alpha = 0$$
$$\therefore T = P\sin\alpha$$

Portanto $\vec{T} = P\sin\alpha\,\hat{\mathbf{i}}$.

Eixo y:

$$N - P\cos\alpha = 0$$
$$\therefore N = P\cos\alpha$$

4.3.2. 2ª Lei

Exemplo em 1D:

Bloco de massa m possui aceleração $\vec{a} = a\hat{\mathbf{i}}$. Existe atrito ($\vec{f}_{at}$) entre o bloco e a superfície. Quanto vale F?

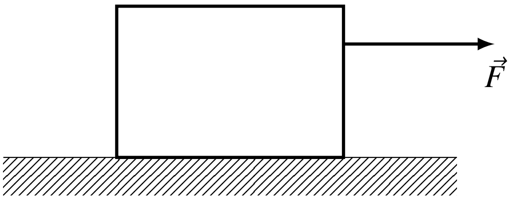
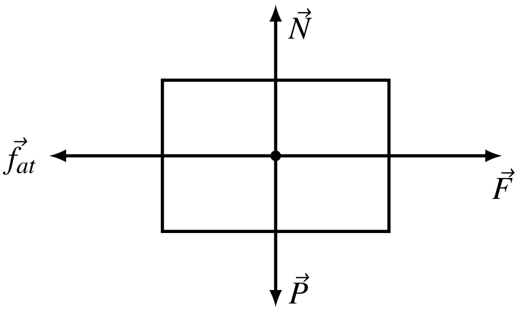


Diagrama de corpo livre:



- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como ele está acelerado: 2ª Lei de Newton.
- Conheço: m, $\vec{a}$, $\vec{g}$, $\vec{f}_{at}$.

Pela 2ª Lei:

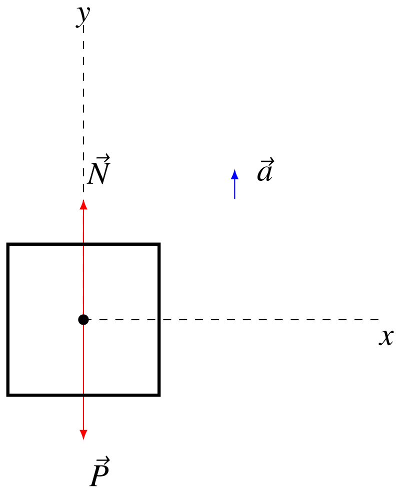
$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\vec{f}_{at} + \vec{N} + \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$$
$$f_{at}(-\hat{\mathbf{i}}) + N\hat{\mathbf{j}} + F\hat{\mathbf{i}} + mg(-\hat{\mathbf{j}}) = ma\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo x:

$$F - f_{at} = ma$$
$$\therefore F = ma + f_{at}$$

4.3.2.1. Peso aparente

Pessoa num elevador que tem aceleração para cima.



Quando $\vec{a} = -\vec{g}$, temos a impressão que não há $\vec{g}$.

- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como ele está acelerado: 2ª Lei de Newton.

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\vec{N} + \vec{P} = m\vec{a}$$
$$N\hat{\mathbf{j}} + P(-\hat{\mathbf{j}}) = ma(-\hat{\mathbf{j}})$$
$$\therefore N = m(a+g)$$

$N = m(a+g)$ é denominado peso aparente. Quando $\vec{a} = -\vec{g}$, $N = 0$, análogo ao *space walk*.

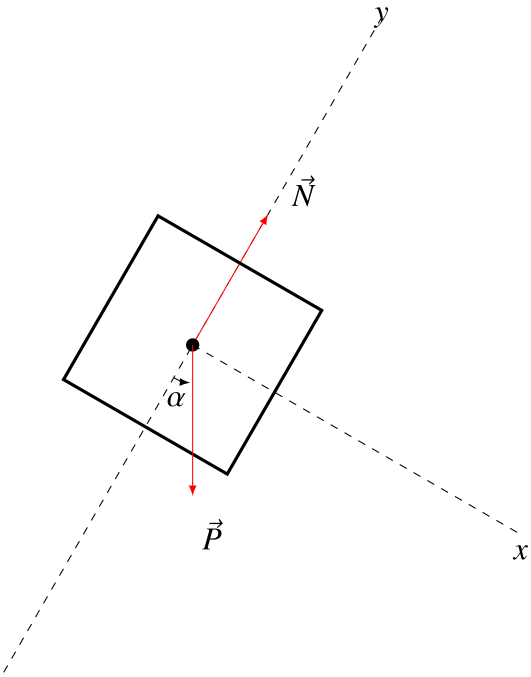
4.3.2.2. 2ª Lei em 2D

Figura 5.12 Young & Freedman.

Qual a aceleração?

- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como está em repouso a esse referencial a 1ª Lei de Newton é aplicável.
- Conheço: m, $\vec{g}$ e α.

Diagrama de corpo livre:



Pela 2ª Lei de Newton:

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$
$$\vec{P} + \vec{N} = m\vec{a}$$
$$mg(\hat{\mathbf{i}}\sin\alpha - \hat{\mathbf{j}}\cos\alpha) + N\hat{\mathbf{j}} = m\vec{a} = ma\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo y:

$$N - mg\cos\alpha = 0$$
$$\therefore N = mg\cos\alpha$$

Eixo x:

$$\cancel{m}g\sin\alpha = \cancel{m}a$$
$$\therefore a = g\sin\alpha$$

4.3.2.3. Exemplo 5.12 Young & Freedman

2 corpos com mesma aceleração de massas m_1 e m_2. m_1 está numa superfície horizontal sem atrito e m_2 pendurada por fio ideal que conecta m_1 com uma polia ideal (sem atrito, massa desprezível). Calcule a aceleração de cada bloco.

- Considerando que um bloco está num referencial inercial.
- Como ele está acelerado: 2ª Lei de Newton.

- Conheço: $\vec{g}$, m_1 e m_2.

  Como a polia é ideal:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2|$$
$$|\vec{a}_1| = |\vec{a_2}| = a$$

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a} \tag{1}$$

Em m_1:

$$\vec{N} + \vec{P}_1 + \vec{T}_1 = m_1\vec{a}_1$$
$$N\hat{\mathbf{j}} + m_1 g(-\hat{\mathbf{j}}) + T\hat{\mathbf{i}} = ma\hat{\mathbf{i}}$$

Eixo y em m_1:

$$N - mg = 0$$
$$N = m_1 g$$

Eixo x em m_1:

$$T = m_1 a_1 = m_1 a \tag{2}$$

Em m_2:

$$\vec{T}_2 + \vec{P}_2 = m_2\vec{a}_2 \tag{3}$$
$$T\hat{\mathbf{j}} - m_2 g\hat{\mathbf{j}} = m_2 a_2(-\hat{\mathbf{j}}) \tag{4}$$
$$T = m_2(g - a_2) = m_2(g - a) \tag{5}$$

Usando (2) e (5) e que $a_1 = a_2 = a$:

$$m_1 a = m_2(-a + g)$$
$$(m_1 + m_2)a = m_2 g$$
$$\therefore a = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$$
$$\vec{a}_1 = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}\hat{\mathbf{i}}, \vec{a}_2 = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}(-\hat{\mathbf{j}})$$

Referências

[1] Herch Moysés Nussenzveig. *Curso de fisica básica: Mecânica (vol. 1)*. Vol. 394. Editora Blucher, 2013.

[2] Hugh D Young, A Lewis Ford e Roger A Freedman. *Fısica I Mecânica*. 2008.