

Força e movimento

Flaviano Williams Fernandes

Instituto Federal do Paraná
Campus Irati

24 de Maio de 2021

Sumário

- 1 Primeira Lei de Newton
- 2 Segunda Lei de Newton
- 3 Terceira Lei de Newton
- 4 Algumas forças específicas
- 5 Apêndice

Mecânica newtoniana

- ✓ A mecânica newtoniana consiste no estudo do movimento através as três Leis de Newton, que exprime a relação entre a força e a aceleração produzida por essa força;
- ✓ A mecânica newtoniana pode ser aplicado no estudo dos mais diversos objetos;
- ✓ A mecânica newtoniana não se aplica a todos os casos:
 - ✗ Para velocidades muito elevadas, se comparadas a velocidade da luz, a mecânica newtoniana é substituída pela teoria da relatividade restrita;
 - ✗ Para objetos muito pequenos, de dimensões subatômicas, a mecânica newtoniana é substituída pela mecânica quântica.

Conceitos de força e aceleração

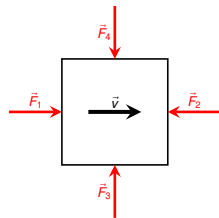
Primeira Lei de Newton

Se nenhuma força resultante atua sobre um objeto, a velocidade não pode mudar, ou seja, o objeto não pode sofrer aceleração.

Na figura ao lado, se $F_1 = F_2$ e $F_3 = F_4$ temos que a força resultante será zero, portanto o objeto permanecerá com a mesma velocidade \vec{v} .

Corollary

Mesmo que um objeto esteja submetido a várias forças, se a resultante das forças for zero, o objeto não sofrerá aceleração.



Forças atuando em um objeto se movendo com velocidade constante.

Movimento relativo

Podemos definir o vetor posição da partícula P como

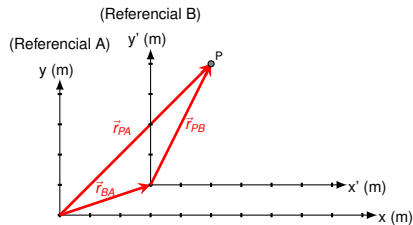
$$\vec{r}_{PA} = \vec{r}_{PB} + \vec{r}_{BA}.$$

Derivando temos a velocidade da partícula nos dois referenciais A e B (\vec{v}_{PA} e \vec{v}_{PB}),

$$\vec{v}_{PA} = \vec{v}_{PB} + \vec{v}_{BA}.$$

Derivando novamente temos a aceleração,

$$\vec{a}_{PA} = \vec{a}_{PB} + \vec{a}_{BA}.$$

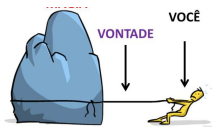


Vetores posição da partícula P nos referenciais A e B.

Referenciais inerciais

Referencial inercial

Referencial no qual as Leis de Newton são válidas.



Objeto com maior inércia.

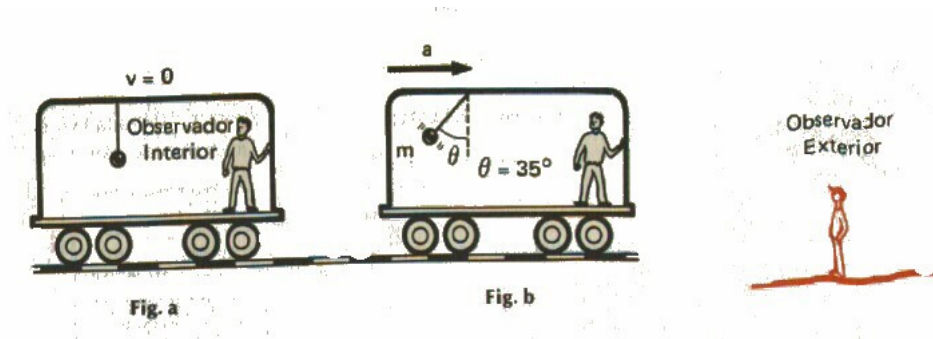


Objeto com menor inércia.

Corollary

A taxa de variação do estado de movimento de um objeto depende da massa desse objeto, definido como a inércia do movimento.

Referenciais não inerciais



O trem e a pessoa dentro dele são considerados referenciais não-inerciais para o observador exterior. Por isso a pessoa que está no vagão vê a bola inclinada, como se existisse uma força fictícia empurrando ela para trás, contradizendo as Leis de Newton do movimento.

Conceito da Segunda Lei de Newton

Segunda Lei de Newton

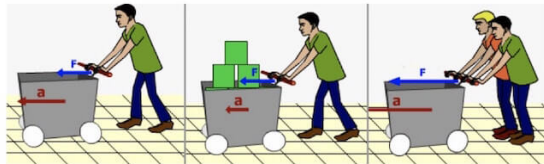
A força resultante que age sobre um objeto é igual ao produto da massa do objeto pela aceleração. Em termos matemáticos, podemos escrever como

$$\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a}.$$

Corollary

No SI a unidade de medida da força é Newton (N),

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$$



Relação entre força, massa e aceleração.

Diagrama de objeto isolado

Sabendo que a segunda lei de Newton é uma equação vetorial, é conveniente separá-la em três equações, uma para cada eixo do sistema de coordenadas xyz,

$$\vec{F}_{\text{res},x} = ma_x, \quad \vec{F}_{\text{res},y} = ma_y, \quad \vec{F}_{\text{res},z} = ma_z,$$

A componente da aceleração em relação a um dado eixo é causada apenas pela soma das componentes das forças em relação a esse eixo e não por componentes de forças em relação a qualquer outro eixo.

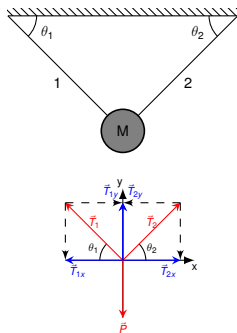


Diagrama de objeto isolado da esfera M.

Ação e reação

Terceira Lei de Newton

Quando dois objetos (1 e 2) interagem, as forças que cada objeto exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos,

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}.$$

Corollary

A somatória das forças no sistema é zero.



Sistema carregador+caixa e representação da terceira lei de Newton.

Força gravitacional

Considere o objeto de massa m caindo em queda livre. Nesse caso a única força atuando nele é a força da gravidade. Relacionando com a segunda lei de Newton ($\vec{F} = m\vec{a}$) temos

$$\vec{F} = m\vec{g}.$$

Considerando que o deslocamento que o objeto realiza é insignificante ao tamanho da Terra, podemos dizer que \vec{g} é praticamente constante.

Aceleração da gravidade em diferentes latitudes.

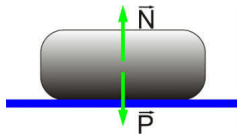
Latitude	$g(m/s^2)$
0	9,7803
30	9,7932
45	9,8017
60	9,8191
90	9,8322

Corollary

O peso P de um objeto é igual ao módulo da força gravitacional que age sobre o objeto, aplicando nele uma aceleração igual a g .

Força Normal

Considere um bloco de massa m pressionando uma mesa para baixo devido a força da gravidade \vec{F}_g . Pela terceira lei de Newton, a mesa irá empurrar o bloco para cima aplicando uma força \vec{F}_N com a mesma intensidade.



Forças peso \vec{P} e normal \vec{N} .

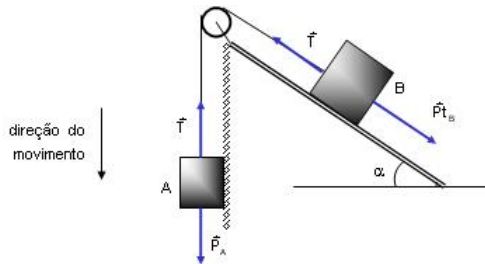
Corollary

- ✓ Quando um objeto exerce uma força sobre uma superfície, a superfície (ainda que aparentemente rígida) se deforma e empurra o objeto com uma força normal que é perpendicular à superfície;
- ✓ A força normal será sempre perpendicular a superfície de contato.

Tração

Quando uma corda é presa a um objeto e esticada, a corda aplica ao objeto uma força \vec{T} orientada na direção da corda. Essa força é chamada força de tração.

- ✓ A corda é frequentemente considerada sem massa;
- ✓ As forças nas duas extremidades da corda são iguais em módulo.



Tração atuando na corda e nos blocos A e B.

Força de atrito

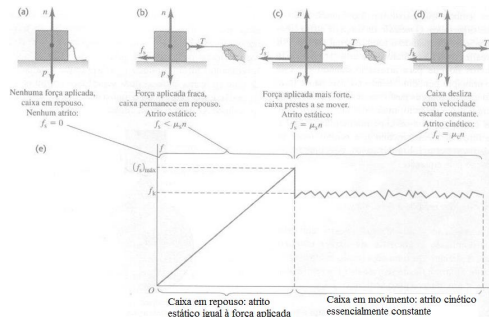
A experiência mostra que, quando um objeto não lubrificado pressiona uma superfície nas mesmas condições, a força de atrito possui três propriedades:

- ✓ Se o objeto não se move, a força de atrito se iguala em módulo a força \vec{F} ;
- ✓ A força de atrito possui valor máximo de $f_{max} = \mu_s N$, onde μ_s é o coeficiente de atrito estático e N o módulo da força normal;
- ✓ Se o objeto começa a deslizar na superfície, o módulo da força de atrito diminui rapidamente para um valor dado por $f_k = \mu_k N$, onde μ_k é o coeficiente de atrito cinético, $\mu_k < \mu_s$.

Relação entre força de atrito e a força atuando no objeto (continuação)

- ✓ A força de atrito é zero se não há outras forças atuando no objeto;
- ✓ A força de atrito é igual a força externa se o objeto está em repouso;
- ✓ A força de atrito máxima é igual a $\mu_s N$.
- ✓ Se o objeto está em movimento a força de atrito é igual a $\mu_k N$.

Variação da força de atrito com a força aplicada



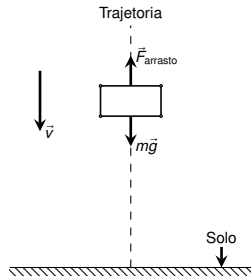
Relação entre força de atrito e a tração na corda.

Força de arrasto

Quando um objeto se movimenta na presença de um fluido como o ar, ele experimenta uma força de resistência ao seu movimento chamada força de arrasto dado por

$$F_{arrasto} = bv^2,$$

onde b é o coeficiente de arrasto que depende da densidade do ar e da área de contato do objeto. $F_{arrasto}$ aumenta com o quadrado da velocidade, portanto à medida que o objeto acelera $F_{arrasto}$ aumenta.



Força de arrasto atuando em um objeto em queda.

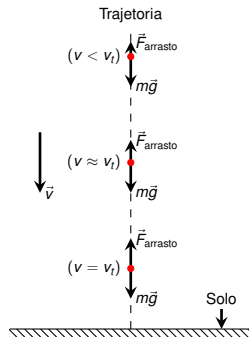
Força de arrasto (continuação)

A força de arrasto é contrária a força da gravidade, portanto à medida que $F_{arrasto}$ aumenta a aceleração diminui. Portanto, a velocidade atinge um limite chamado velocidade terminal v_t . Aplicando a segunda lei de Newton,

$$bv^2 - F_g = 0.$$

Velocidade terminal

$$v_t = \sqrt{\frac{F_g}{b}}.$$

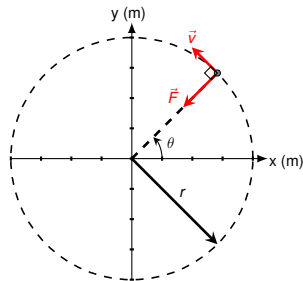


Velocidade terminal.

Força centrípeta

Vimos que um objeto que descreve uma trajetória circular de raio r está sujeito a uma aceleração apontada para o centro da circunferência chamada aceleração centrípeta, $a = v^2/r$. Pelas leis de Newton, a aceleração em um objeto é devido a uma força resultante, portanto podemos dizer que existe uma força sendo aplicada no caso do movimento circular. Essa força é chamada de força centrípeta,

$$F = m \frac{v^2}{r}.$$



Força centrípeta e velocidade tangencial em um movimento circular.

Transformar um número em notação científica

Corollary

Passo 1: Escrever o número incluindo a vírgula.

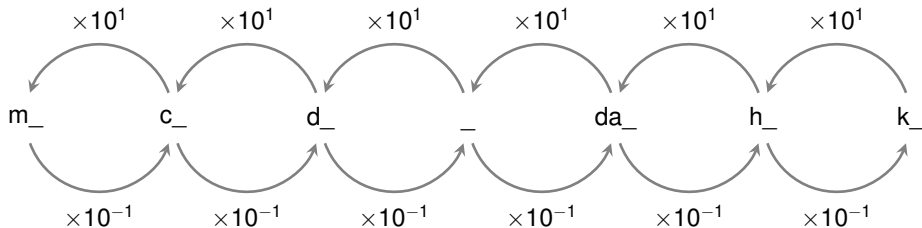
Passo 2: Andar com a vírgula até que reste somente um número diferente de zero no lado esquerdo.

Passo 3: Colocar no expoente da potência de 10 o número de casas decimais que tivemos que "andar" com a vírgula. Se ao andar com a vírgula o valor do número diminuiu, o expoente ficará positivo, se aumentou o expoente ficará negativo.

Exemplo

$$6\,590\,000\,000\,000\,000,0 = 6,59 \times 10^{15}$$

Conversão de unidades em uma dimensão

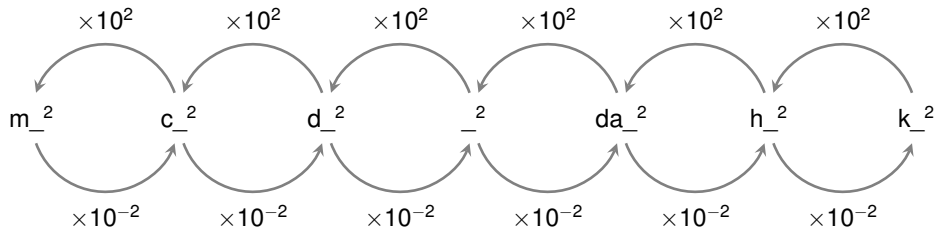


$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{(-1) \times 2} \text{ dm} \rightarrow 1 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

$$2,5 \text{ kg} = 2,5 \times 10^{(1) \times 6} \text{ mg} \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mg}$$

$$10 \text{ ms} = 10 \times 10^{(-1) \times 3} \text{ s} \rightarrow 10 \times 10^{-3} \text{ s}$$

Conversão de unidades em duas dimensões

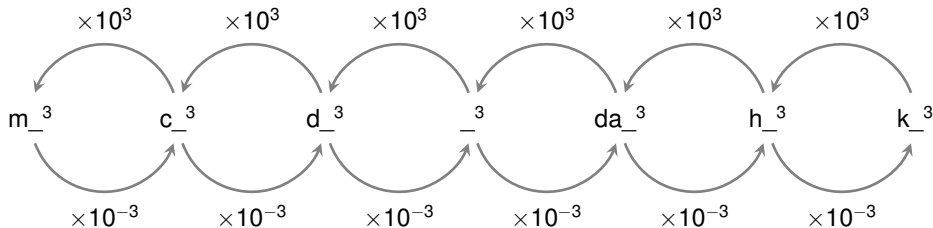


$$1 \text{ mm}^2 = 1 \times 10^{(-2) \times 2} \text{ dm}^2 \rightarrow 1 \times 10^{-4} \text{ dm}^2$$

$$2,5 \text{ m}^2 = 2,5 \times 10^{(2) \times 3} \text{ mm}^2 \rightarrow 2,5 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$10 \text{ ms}^2 = 10 \times 10^{(-2) \times 3} \text{ s}^2 \rightarrow 10 \times 10^{-6} \text{ s}^2$$

Conversão de unidades em três dimensões



$$1 \text{ mm}^3 = 1 \times 10^{(-3) \times 2} \text{ dm}^3 \rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ dm}^3$$

$$2,5 \text{ m}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 3} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

$$2,5 \text{ km}^3 = 2,5 \times 10^{(3) \times 6} \text{ mm}^3 \rightarrow 2,5 \times 10^{18} \text{ mm}^3$$

Alfabeto grego

Alfa	A	α	Ni	N	ν
Beta	B	β	Csi	Ξ	ξ
Gama	Γ	γ	ômicon	O	o
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsílon	E	ϵ, ε	Rô	P	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	η	Tau	T	τ
Teta	Θ	θ	Ípsilon	Υ	v
Iota	I	ι	Fi	Φ	ϕ, φ
Capa	K	κ	Qui	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mi	M	μ	Ômega	Ω	ω

Observações¹

Esta apresentação está disponível para download no endereço
<https://flavianowilliams.github.io/education>

¹ Este material está sujeito a modificações. Recomenda-se acompanhamento permanente.

Referências

 D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Fundamentos de física. Mecânica, v.1, 10. ed., Rio de Janeiro, LTC (2016)