

# **FÍSICA**

**1ª SÉRIE**

**2ª LEI DE NEWTON**

**AULA 24**



# MISSÕES ESPACIAIS

**Ficção:** em Star Wars, fãs e especialistas, afirmam que, George Lucas, autor da trilogia, se inspirou em muitos conceitos físicos. Em alguns casos, a **Física explica**, em outros, a **Física corrige!** Como nas viagens à velocidade da luz ( $300 \text{ mil km/s}$ ), que ainda é uma impossibilidade.



**Realidade:** a NASA\* em parceria com empresas privadas, planeja tripular uma nave para Marte até 2040. Claro que, não a velocidade da luz, pois, afinal, até hoje não se chegou a um décimo desse valor.

\* NASA → Agência Nacional da Aeronáutica e do Espaço Norte-americana)

# PRATICANDO 1

**Imagine a seguinte situação:**

Você é um dos astronautas designado para compor a equipe que irá explorar Marte. Antes da viagem, uma reunião com toda equipe é marcada para discutir o seguinte problema:

**Não há espaço para o volume de combustível necessário à toda viagem.**



Um dos membros sugeriu desligar os motores em alguns trechos, para diminuir o gasto energético. **Você concorda?**

# RESOLUÇÃO 1

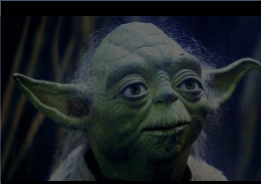
Desligar os motores em alguns trechos, para diminuir o gasto energético. É a melhor solução?



**Sim, é uma proposta viável! Como no espaço sideral não há atrito, segundo a lei da inércia, no momento que desligar os motores, a tendência da nave é continuar em MRU.**

**Na década de 1960, as naves que exploraram a Lua também utilizaram essa estratégia.**



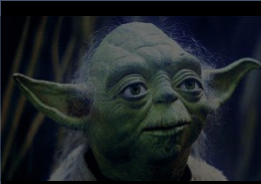


# SEGUNDA LEI DE NEWTON

## Lei fundamental dos movimentos

A segunda lei de Newton trata dos sistemas que não estão em equilíbrio, ou seja, aqueles em que a velocidade varia.

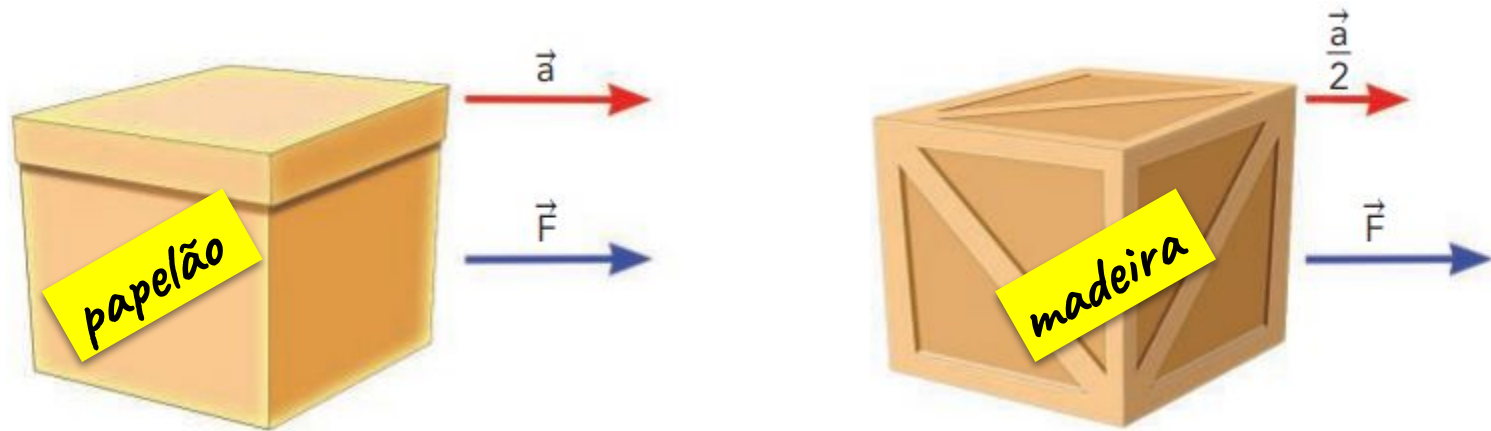
Ela estabelece uma relação de causa e efeito: uma força aplicada gera uma aceleração. Quanto maior a força, maior a aceleração — desde que a massa seja constante. No entanto, a aceleração também depende da massa do corpo: quanto maior a massa, menor a aceleração para uma mesma força.



# SEGUNDA LEI DE NEWTON

## Lei fundamental dos movimentos

Observe as figuras a seguir, que representam as relações estabelecidas.



a diferença entre empurrar uma caixa de papelão e empurrar uma caixa de madeira; ao aplicar a mesma força nos dois objetos, a caixa de papelão pode ganhar aceleração, enquanto a caixa de madeira pode não se mover. Esse fato está associado à massa inercial, que conhecemos também apenas como massa ( $m$ ). A aceleração de um corpo é inversamente proporcional à sua massa.



# SEGUNDA LEI DE NEWTON

## Lei fundamental dos movimentos

Originalmente,  
Newton a enunciou  
da seguinte maneira:

Anota aí!

Força é a grandeza física capaz de alterar o *momentum* (inércia) de um corpo.

Matematicamente:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{Q}}{\Delta t}$$

**Variação da quantidade  
de movimento (kg.m/s)**

**Força (N)**

**Intervalo de tempo (s)**



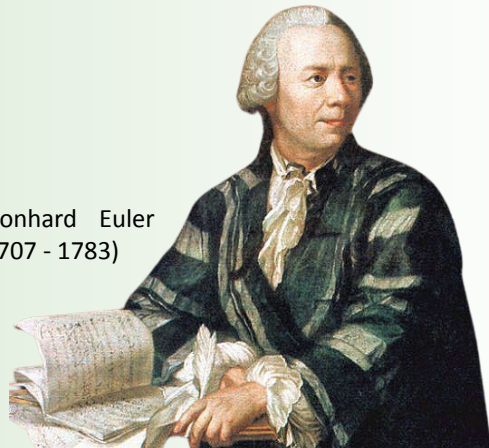
Isaac Newton (1643 - 1727)



# SEGUNDA LEI DE NEWTON

## Lei fundamental dos movimentos

Um pouco mais tarde, o matemático Leonhard Euler apresentou uma reescrita da equação da Segunda Lei de Newton.



Leonhard Euler  
(1707 - 1783)

Ele a reescreveu, tomando como base, a quantidade de movimento. Observe:

*Anota aí!*

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{Q}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = \frac{m \cdot \Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

**Aceleração**

E assim, chegamos a expressão matemática mais conhecida da 2ª lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$



# PRATICANDO 2

## Saindo da inércia

Ao sair de um terminal, um ônibus biarticulado com 270 passageiros, com massa de 60 toneladas, produz uma aceleração de  $1 \text{ m/s}^2$  (corresponde a variação de velocidade de 0 a 18 km/h em 5s). Determine a força aplicada pelo motor nessa situação.



1) Retirar os dados:

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

$$F = ?$$

$$m = 60 \text{ toneladas} \rightarrow 60\,000 \text{ kg}$$

# RESOLUÇÃO 1

Ao sair de um terminal, um ônibus biarticulado com 270 passageiros, com massa de 60 toneladas, produz uma aceleração de  $1 \text{ m/s}^2$  (corresponde a variação de velocidade de 0 a 18 km/h em 5s). Determine a força aplicada pelo motor nessa situação.



1) Retirar os dados:

## 1) Dados:

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

$$F = ?$$

$$m = 60 \text{ toneladas} \rightarrow 60\,000 \text{ kg}$$

2) Com base nos dados, ver qual expressão matemática utilizar:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{Q}}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

3) Calcular:

$$\vec{F} = 60\,000 \cdot 1$$

$$\vec{F} = 60\,000 \text{ N}$$

# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

Nos sistemas mecânicos, os elementos estão ligados entre si, trocando esforços e transmitindo movimentos. Para compreender esses sistemas, emprega-se a estratégia de determinar todas as forças que agem em cada componente, isoladamente, e de aplicar a segunda lei de Newton para cada um deles.

Acompanhe o exemplo a seguir:

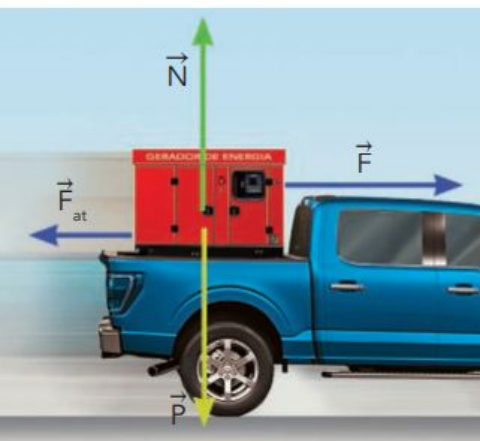
# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

Um motorista leva na carroceria de uma caminhonete de 2 500 kg um gerador de energia com 500 kg de massa. Para que o gerador não escorregue, o motorista precisa controlar a aceleração.



Qual deve ser a aceleração máxima imposta ao conjunto para que o gerador não escorregue? Para isso deve ser feita a construção de um diagrama de corpo livre em que conste cada elemento do sistema:

# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE



## Informações do problema:

$a$  = aceleração do sistema;

$g$  = aceleração da gravidade  $\approx 10 \text{ m/s}^2$ ;

$\mu$  = coeficiente de atrito estático = 0,8;

$m$  = massa do gerador = 500 kg;

$M$  = massa da caminhonete = 2 500 kg.

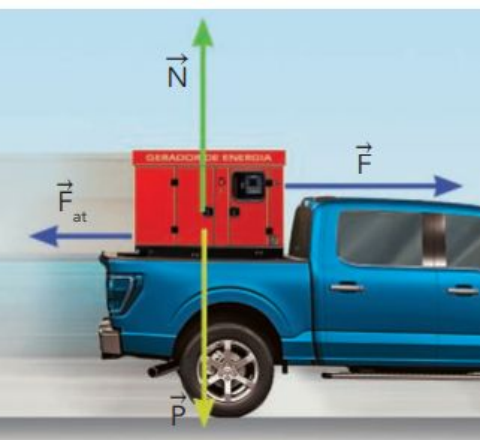
Vamos começar a analisar a direção vertical. Nesta direção temos o seguinte equilíbrio de forças:

$$N - P_{gr} = 0$$

$$N = P_{gr}$$

$$N = m \cdot g$$

# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE



Para que o gerador não escorregue, a força resultante sobre ele deve ser nula. Portanto, na direção horizontal, temos:

$$F_{\text{sobre o gerador}} = F_{\text{atrito}}$$

$$F_{\text{gr}} = F_{\text{at}}$$

Porém,  $F_{\text{at}} = \mu \cdot N$ , pois o gerador está na iminência de escorregar. Portanto, a força que prende o gerador à carroceria equivale a:

$$F_{\text{gr}} = F_{\text{at}}$$

$$m \cdot a = \mu \cdot N$$

$$m \cdot a = \mu \cdot m \cdot g$$

$$a = \mu \cdot g$$

$$a = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ m/s}^2$$

## Informações:

$$a = ?;$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2;$$

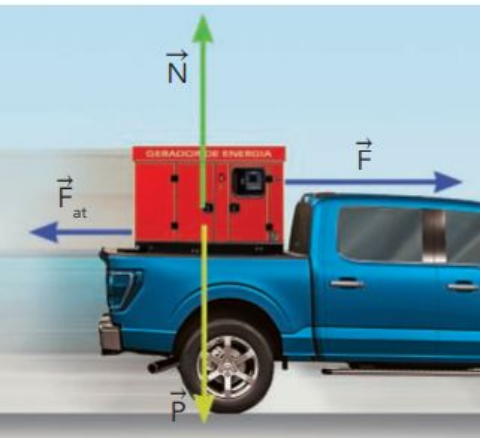
$$\mu = 0,8;$$

$$m = 500 \text{ kg};$$

$$M = 2\,500 \text{ kg}.$$



# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE



Portanto, a aceleração máxima da caminhonete para que o gerador não escorregue é de  $8 \text{ m/s}^2$ .

Qual o módulo da força de atrito?

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

$$F_{at} = \mu \cdot m \cdot g$$

$$F_{at} = 0,8 \cdot 500 \cdot 10$$

$$F_{at} = 4\,000 \text{ N}$$

## Informações:

$$a = 8 \text{ m/s}^2;$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2;$$

$$\mu = 0,8;$$

$$m = 500 \text{ kg};$$

$$M = 2\,500 \text{ kg}.$$

# DIAGRAMA DE CORPO LIVRE



Qual deve ser a força exercida pelo motor na caminhonete para que o sistema se mova sem que o gerador deslize sobre a carroceria?

Com base na segunda lei de Newton, podemos determinar que:

$$F = F_{\text{motor}} = (M + m) \cdot a$$

$$F = (2500 + 500) \cdot 8$$

$$F = 24\,000 \text{ N}$$

## Informações :

$$a = 8 \text{ m/s}^2;$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2;$$

$$\mu = 0,8;$$

$$m = 500 \text{ kg};$$

$$M = 2\,500 \text{ kg}.$$