Parte I Mecânica

MÓDULO 14

O Princípio da Inércia (1ª Lei de Newton)

Lei da Inércia

Aristóteles afirmava que **o estado natural do corpo era o repouso**, ou seja, quando um corpo adquire velocidade, sua tendência natural é voltar ao repouso (daí a explicação dos antigos filósofos de que os corpos celestes deviam ser empurrados por anjos...).

Em oposição ao que afirmava Aristóteles, Galileu elaborou a hipótese de que não há necessidade de forças para manter um corpo com velocidade constante, pois uma aceleração nula está necessariamente associada a uma força resultante nula:

$$\vec{R} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = \text{constante} \begin{cases} \vec{v} = \vec{0} \text{ (repouso ou equilíbrio estático)} \\ \vec{v} \neq \vec{0} \text{ (MRU ou equilíbrio dinâmico)} \end{cases}$$

Nos *Diálogos sobre os dois principais sistemas do mundo*, Galileu formulou pela primeira vez a **Lei da Inércia**: Numa situação ideal (como o caso de uma esfera lançada sobre um plano horizontal perfeitamente polido), **o corpo adquire um movimento retilíneo e uniforme**.

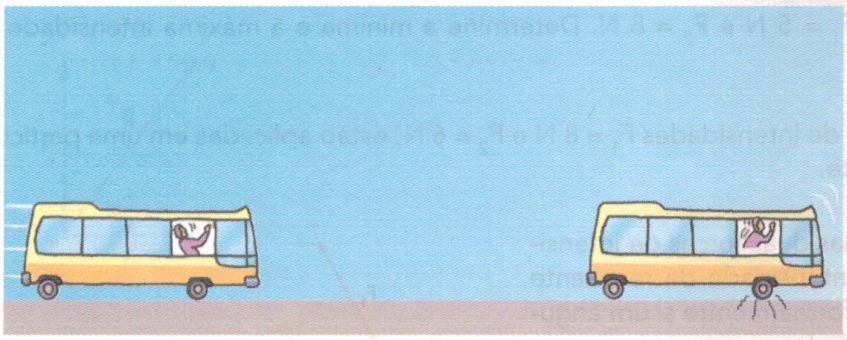
Nesse caso, o movimento seria **perpétuo**.

Galileu não chegou a comprovar experimentalmente sua hipótese, pois, na prática, a situação por ele imaginada é difícil de realizar-se. Uma comprovação experimental pode ser feita em laboratório, com discos de bases polidas, que deslizam em movimento retilíneo e uniforme, sobre camadas de ar ou gás carbônico.

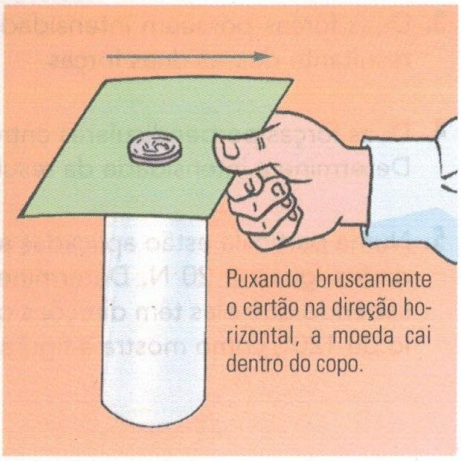
Mas podemos pensar num caso quase ideal, como, por exemplo, a patinação no gelo: quando o patinador é empurrado, seu movimento tende a persistir durante razoável intervalo de tempo.

Em *Os princípios*, Newton formulou as três leis básicas do movimento*, sendo a **Lei da Inércia** a primeira: **Todo corpo tende a manter seu estado de repouso ou de movimento retilíneo e uniforme, a menos que forças externas provoquem variação nesse movimento.**

As figuras a seguir ilustram algumas aplicações dessa lei.



Quando o ônibus parte, o motorista e os passageiros *tendem* a continuar em repouso em relação ao solo. Quando o ônibus freia, o motorista e os passageiros *tendem* a continuar em movimento em relação ao solo.



Puxando bruscamente o cartão na direção horizontal, a moeda cai dentro do copo.

* As leis da Mecânica são válidas em referenciais inerciais, ou seja, para observadores em repouso ou MRU, um em relação ao outro.

Hovercrafts

O *hovercraft*, inventado por Cristopher Cockerell (que se valeu de um aspirador de pó e latas vazias para demonstrar seu princípio de funcionamento), é um veículo que se eleva sobre um colchão de ar. Turbinas forçam o ar para baixo, enquanto hélices como as de aviões proporcionam o deslocamento horizontal.

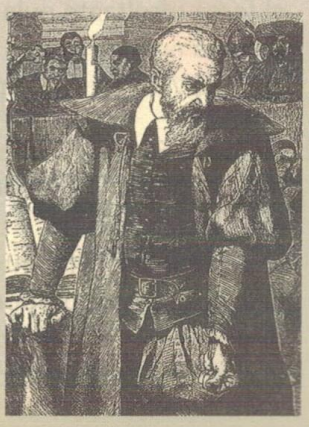
Aproximadamente 86% da potência dos motores dos *hovercrafts* é usada para elevá-los; os 14% restantes respondem pela propulsão.

Eles são veículos anfíbios, que podem mover-se sobre a água e sobre pântanos, gelo, areia ou, mesmo, corredeiras; no mar alto, seu desempenho fica comprometido.

Barcos do tipo Hoverspreed Great Britain, utilizados no canal da Mancha, aliam o tamanho médio à alta velocidade e têm grande potencial de uso no transporte de passageiros e veículos, como no mar Báltico, Mediterrâneo e entre as ilhas japonesas. No caso específico do canal da Mancha, só eles podem competir em velocidade com a travessia por automóvel pelo túnel ligando Inglaterra e França.

Os *hovercrafts* desempenham à perfeição o papel de veículos anfíbios de assalto. Este carrega tanques e carros blindados.

Galileu Galilei



Nascido em 15 de fevereiro de 1564, em Pisa, Itália, com dezessete anos Galileu inscreveu-se na Faculdade de Medicina, a qual abandonou quatro anos depois, para aprofundar-se nos estudos de Matemática e Física. Em 1589 tornou-se professor de Matemática da Universidade de Pisa, onde permaneceu até 1591. No ano seguinte, transferiu-se para a Universidade de Pádua, onde encontrou liberdade para suas pesquisas; entretanto, os salários eram baixos e Galileu foi obrigado a dar aulas particulares.

Tomou contato com a luneta, que não era conhecida na Itália, e a construiu; assim passou por seu inventor e foi recebido com honras em Florença, onde fixou residência.

Suas observações levaram-no a considerar como verdadeiro o sistema heliocêntrico de Copérnico, não aceito pela Inquisição. Pressionado a abandonar sua crença nessa teoria, Galileu afirmou: "Quem não sabe a verdade é simplesmente um cretino. Mas quem sabe a verdade e diz que ela é mentira, esse é mesmo criminoso!"

Os religiosos, preocupados com o abalo da fé cristã que as descobertas de Galileu iriam provocar, procuraram forçá-lo a abandonar suas pesquisas. Perseguido pela Inquisição, Galileu presenciou a ascensão do cardeal Barverini ao papado, com o nome de Urbano VIII. Barverini era matemático e amigo pessoal de Galileu.

Pressionado a permitir o processo e a tortura de Galileu, Urbano VIII fez com que os instrumentos de tortura lhe fossem mostrados. Isso foi o suficiente para que Galileu abjurasse e negasse completamente o sistema de Copérnico, embora, nesse momento, tenha sussurrado algumas palavras sobre o movimento da Terra, que se tornaram famosas: "Contudo, ela se move!"

Passou, então, a viver em prisão domiciliar, sob vigilância constante, e foi graças a um de seus alunos que seus manuscritos conseguiram sair da Itália e puderam ser divulgados para o mundo.

Resolva

1. A Lei da Inércia é válida para qualquer referencial? Faça uma pesquisa, com orientação do professor, sobre referenciais na Física.

2. Indique a diferença entre o raciocínio de Aristóteles e o de Galileu, que levou à descoberta da Lei da Inércia.

3. Newton, ao enunciar suas leis, deu razão a Aristóteles ou a Galileu? Justifique.

4. Por que, na prática, o Princípio da Inércia é de difícil comprovação?

5. Os lançamentos espaciais se baseiam rigorosamente nas leis de Newton. O êxito desses lançamentos solidifica a crença nessas leis?

6. Por que é importante que os assentos dos veículos tenham encosto?

7. Qual a importância do uso do cinto de segurança nos automóveis?

8. Um pára-quedista desce verticalmente, próximo à superfície da Terra, com velocidade constante. Qual a resultante das forças que agem sobre o conjunto?

9. Uma gota de chuva desce verticalmente com velocidade crescente. Quando atinge a altura de 150 m, a resultante das forças sobre a gota passa a ser nula. Nesse instante a gota possui uma velocidade de 7 m/s. Sabendo que a resultante permanece nula até a gota atingir o solo, determine com que velocidade a gota chega ao solo.

10. (Ucsal-BA) Uma mesa, em movimento uniforme retilíneo, só pode estar sob a ação de uma:
a) força resultante não-nula na direção do movimento.
b) única força horizontal.
c) força resultante nula.
d) força nula de atrito.
e) força vertical que equilibre o peso.

11. (Fiube-MG) Uma partícula se desloca ao longo de uma reta com aceleração nula. Nessas condições, podemos afirmar corretamente que sua velocidade escalar é:
a) nula.
b) constante e diferente de zero.
c) inversamente proporcional ao tempo.
d) diretamente proporcional ao tempo.
e) diretamente proporcional ao quadrado do tempo.

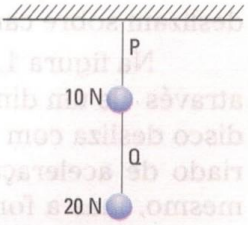
12. (Fatec-SP) Uma moto se move a 72 km/h numa estrada horizontal plana. A resultante de todas as forças que agem na moto é zero. Nessas condições, a velocidade da moto:
a) diminuirá de forma constante.
b) diminuirá de forma variável.
c) aumentará de forma constante.
d) aumentará de forma variável.
e) continuará a ser de 72 km/h.

13. (Fatec-SP) Um pára-quedista desce com velocidade constante de 4 m/s. Sendo a massa do conjunto de 80 kg e a aceleração da gravidade de 10 m/s^2, a força de resistência do ar é de:
a) 76 N.
b) 80 N.
c) 800 N.
d) 480 N.
e) 48 N.

14. (Unitau-SP) Uma pedra gira em torno de um apoio fixo, presa por uma corda. Em um dado momento, corta-se a corda, ou seja, cessam de agir forças sobre a pedra. Pela Lei da Inércia, conclui-se que:
a) a pedra se mantém em movimento circular.
b) a pedra sai em linha reta, segundo a direção perpendicular à corda no instante do corte.
c) a pedra sai em linha reta, segundo a direção da corda no instante do corte.
d) a pedra pára.
e) a pedra não tem massa.

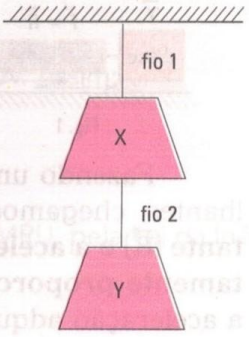
15. (EFOA-MG) Dos corpos destacados [em itálico], o que está em equilíbrio é:
a) a *Lua* movimentando-se em torno da Terra.
b) uma *pedra* caindo livremente.
c) um *avião* que voa em linha reta com velocidade constante.
d) um *carro* descendo uma rua íngreme, sem atrito.
e) uma *pedra* no ponto mais alto, quando lançada verticalmente para cima.

16. (Vunesp-SP) Dois corpos, de pesos 10 N e 20 N, estão suspensos por dois fios, **P** e **Q**, de massas desprezíveis, da maneira mostrada na figura. As intensidades (módulos) das forças que tracionam os fios **P** e **Q** são, respectivamente:



a) 10 N e 20 N.
b) 10 N e 30 N.
c) 30 N e 10 N.
d) 30 N e 20 N.
e) 30 N e 30 N.

17. (Fiube-MG) Dois corpos de massas iguais estão suspensos por fios inextensíveis e de massas desprezíveis, como representado na figura. **F** e **G** são, respectivamente, os módulos das forças de tração nos fios 1 e 2. A relação entre **F** e **G** é:



a) F = G.
b) F = 2G.
c) $F = \frac{G}{2}$.
d) F = 4G.
e) $\frac{G}{4}$.

Sugestões de atividade

1. Com um pedaço de cartolina, tape a boca de um copo e coloque uma moeda sobre ela. Puxe bruscamente o cartão para fora do copo e veja se consegue comprovar a 1ª Lei de Newton.

2. Faça uma pilha com seis ou sete moedas. Com o auxílio de uma régua, bata forte na moeda de baixo e veja se consegue fazer com que apenas ela se desloque horizontalmente. Depois, explique o resultado por escrito, apresentando-o à classe.

3. Quando estiver em um ônibus ou em um automóvel que se desloca em uma estrada retilínea com velocidade constante, jogue um objeto para cima verticalmente. Ao descer, o objeto retorna às suas mãos? Discuta com os seus colegas, com base na Lei da Inércia, por que o objeto não cai atrás de você. Repita a experiência quando o veículo estiver fazendo uma curva com velocidade constante e anote suas observações relacionando-as com a Lei da Inércia.

Parte I Mecânica

MÓDULO 15

O Princípio Fundamental (2ª Lei de Newton)

A Lei Fundamental

O que acontece a um corpo quando a resultante sobre ele não é nula?

Para responder a essa pergunta, vamos analisar as experiências feitas com discos que deslizam sobre camadas de ar ou gás.

Na figura 1, a força resultante ($\vec{R}$) é medida através de um dinamômetro, e verificamos que o disco desliza com movimento uniformemente variado de aceleração $\vec{\gamma}$. Na figura 2, o disco é o mesmo, mas a força resultante foi dobrada ($2\vec{R}$); verificamos, então, que a aceleração adquirida pelo corpo também dobrou ($2\vec{\gamma}$).

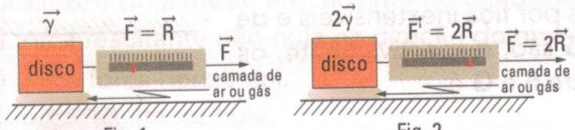


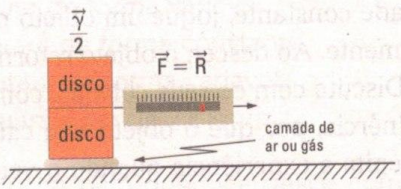
Fig. 1 Fig. 2

Fazendo uma série de experiências semelhantes, chegamos à conclusão de que **a resultante ($\vec{R}$) e a aceleração ($\vec{\gamma}$) são grandezas diretamente proporcionais**. Levando em conta que a aceleração adquirida apresenta sempre a mesma direção e o mesmo sentido da força aplicada, podemos escrever:

$$\vec{R} = k\vec{\gamma}$$

Mas, qual o significado físico da constante de proporcionalidade **k**?

É mais difícil acelerar uma locomotiva que um automóvel, e esse fato pode ser verificado idealizando outra experiência, como a da figura:



A força resultante, neste caso, é a mesma da figura 1, mas aplicada a **dois discos idênticos e superpostos**. Em conseqüência, a aceleração fica reduzida à metade.

Podemos dizer, portanto, que o coeficiente **k** está relacionado com a **inércia** do corpo, ou seja, com a dificuldade que o corpo apresenta para ser acelerado.

Assim, **k** recebe o nome de **massa inercial (m)** do corpo.

Experiências desse tipo permitiram o surgimento da mais importante relação matemática da Mecânica, denominada **Equação Fundamental da Dinâmica**, que é a formalização matemática da 2ª Lei de Newton:

$$\vec{R} = m\vec{\gamma}$$

As características de $\vec{\gamma}$ são:

direção: a mesma de $\vec{R}$
sentido: o mesmo de $\vec{R}$
intensidade: $\gamma = \frac{R}{m}$

Devemos lembrar também que:

$$\vec{\gamma} = \vec{a_t} + \vec{a_c}$$

Nos movimentos retilíneos:

$$\vec{\gamma} = \vec{a_t} \Rightarrow |\vec{\gamma}| = |\vec{a_t}| = |a|$$

No movimento circular uniforme:

$$|\vec{\gamma}| = |\vec{a_c}| = \frac{v^2}{r}$$

sendo **r** o raio da trajetória.

A formalização dessa lei data de 1736, quando o matemático suíço Euler (1707-1783) elaborou o primeiro tratado científico do ponto material. Seu enunciado é: **A resultante $\vec{R}$ produz num corpo de massa m uma aceleração $\vec{\gamma}$ na mesma direção e sentido da resultante e de intensidade proporcional a $\vec{R}$** (Lei Fundamental da Dinâmica).

De acordo com essa equação, no SI, 1 N corresponde à intensidade da força resultante que, aplicada num corpo com 1 kg de massa, produz uma aceleração de 1 m/s²:

$$1\ N = 1\ kg \cdot 1\ m/s^2$$

Exercícios resolvidos

1. Sobre um corpo de 10 kg de massa agem duas forças constantes, que formam entre si um ângulo de 90° e cujas intensidades são respectivamente iguais a 6 N e 8 N. Sabendo que o corpo se encontrava inicialmente em repouso, determine:

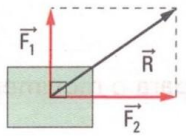
a) a aceleração do corpo;

b) sua velocidade escalar após 5s;

c) o movimento do corpo a partir do instante t = 5s, quando as forças deixam de agir.

Resolução:

a) Para calcular a aceleração do corpo, encontramos inicialmente a resultante $\vec{R}$ das forças que agem sobre ele:



$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \Rightarrow R = \sqrt{6^2 + 8^2} \Rightarrow \boxed{R = 10\ N}$$

Como $\vec{R} = m\vec{\gamma}$ e m = 10 kg, vem:

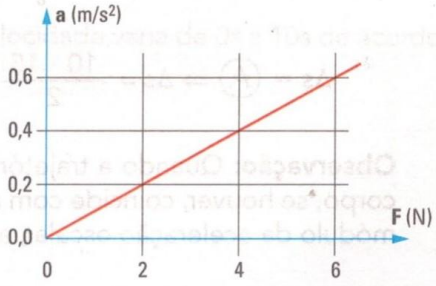
$$\gamma = \frac{R}{m} = \frac{10}{10} \Rightarrow \boxed{\gamma = 1\ m/s^2}$$

b) Como o corpo se encontrava inicialmente em repouso ($v_0 = 0$), ele adquire um MRUV. Assim:

$$\begin{cases} v = v_0 + at \\ a \approx \gamma \end{cases} \Rightarrow v = 0 + 1 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{v = 5\ m/s}$$

c) A partir de t = 5s, como as forças deixam de agir, o corpo passará a se deslocar em MRU, pela Lei da Inércia, com v = 5 m/s.

2. (Vunesp-SP) Um corpo de massa **m** pode se deslocar ao longo de uma reta horizontal sem encontrar nenhuma resistência. O gráfico representa a aceleração, **a**, desse corpo, em função do módulo (intensidade), **F**, da força aplicada, que atua sempre na direção da reta horizontal.



A partir do gráfico, é possível concluir que a massa **m** do corpo, em kg, é igual a:

a) 10.

b) 6,0.

c) 2,0.

d) 0,4.

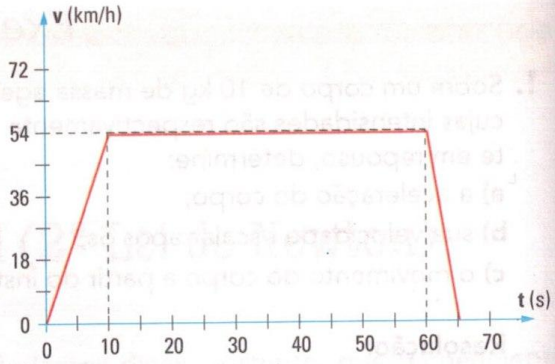
e) 0,1.

Resolução:

De acordo com as condições apresentadas no problema, R = mγ, sendo R = F e γ = a. Quando F = 6 N e a = 0,6 m/s², temos:

$$6 = m \cdot 0{,}6 \Rightarrow \boxed{m = 10\ kg}$$

3. A velocidade escalar de um automóvel de massa m = 800 kg numa avenida retilínea entre dois sinais luminosos é dada pelo gráfico ao lado.



a) Qual é a força resultante sobre o automóvel em t = 5s, t = 40s e t = 62s?

b) Qual é a distância entre os dois sinais luminosos?

Resolução:

a) A aceleração escalar do movimento pode ser calculada pelo gráfico em cada um dos instantes pedidos. Em módulo (54 km/h = 15 m/s):

$$t = 5{,}0s \Rightarrow |a| = \left|\frac{\Delta v}{\Delta t}\right| = \frac{15}{10} = 1{,}5\ m/s^2$$

$$t = 40s \Rightarrow a = 0$$

$$t = 62s \Rightarrow |a| = \left|\frac{-15}{5}\right| = 3\ m/s^2$$

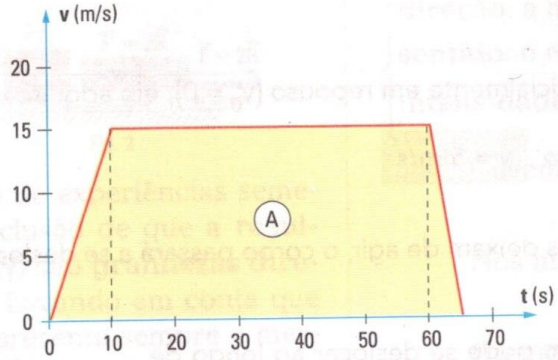
Sendo a trajetória retilínea e aplicando a Equação Fundamental da Dinâmica para o movimento, obtêm-se:

$t = 5s \Rightarrow R = m|a| = 1\ 200\ N$

$t = 40s \Rightarrow R = m|a| = 0$

$t = 62s \Rightarrow R = m|a| = 2\ 400\ N$

b) A distância entre os dois sinais luminosos pode ser calculada pela área sob o gráfico:



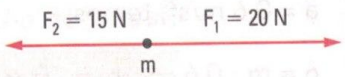
$$\Delta s = (A) \Rightarrow \Delta s = \frac{10 \cdot 15}{2} + 50 \cdot 15 + \frac{15 \cdot 5}{2} \Rightarrow \Delta s = 862{,}5\ m$$

Observação: Quando a trajetória é retilínea, a aceleração centrípeta ($\vec{a}_c$) é nula, portanto a aceleração do corpo, se houver, coincide com a aceleração tangencial ($\vec{\gamma} = \vec{a}_t$). Como a intensidade de $\vec{a}_t$ coincide com o módulo da aceleração escalar, a intensidade da resultante pode ser escrita na forma:

$$R = m|a|$$

Resolva

1. (Unifor-CE) Um corpo de massa m = 0,5 kg está sob a ação das duas forças colineares indicadas na figura. De acordo com a 2ª Lei de Newton, a aceleração resultante, em m/s², é de:

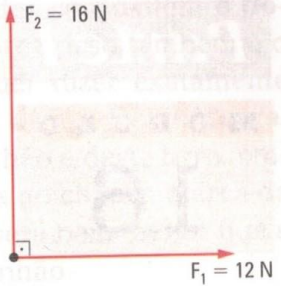


a) 0.
b) 10.
c) 30.
d) 40.
e) 70.

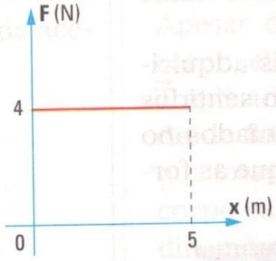
2. Duas forças, $\vec{F_1}$ e $\vec{F_2}$, aplicadas a um mesmo ponto, são perpendiculares entre si. Sabendo que suas intensidades são respectivamente iguais a 12 N e 16 N, determine:

a) a intensidade da resultante;

b) a aceleração da partícula, que tem 4 kg de massa.



3. (UECE) Um corpo de massa igual a 2 kg encontra-se inicialmente em repouso sobre uma superfície horizontal sem atrito. Aplica-se uma força horizontal sobre o corpo (conforme o gráfico).



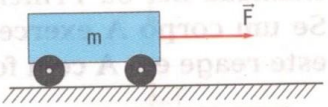
A velocidade do corpo, após percorrer 4 m, será de:

a) 3 m/s. b) 4 m/s. c) 5 m/s. d) 6 m/s.

4. (UEL-PR) Sob a ação exclusiva de duas forças, $\vec{F_1}$ e $\vec{F_2}$, de mesma direção, um corpo de 6,0 kg de massa adquire aceleração de módulo igual a 4,0 m/s². Se o módulo de $\vec{F_1}$ vale 20 N, o módulo de $\vec{F_2}$, em newtons, só pode valer:

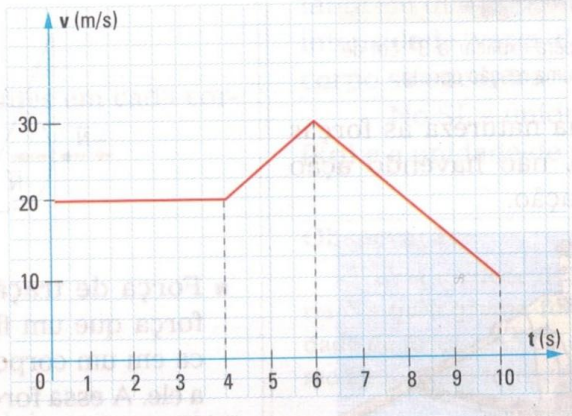
a) 0. b) 4,0. c) 40. d) 44. e) 4,0 ou 44.

5. (UFAL) Um carrinho de massa m = 25 kg é puxado por uma força resultante horizontal F = 50 N, conforme a figura ao lado. De acordo com a 2ª Lei de Newton, a aceleração resultante no carrinho será, em m/s², igual a:



a) 1 250. b) 50. c) 25. d) 2. e) 0,5.

6. Um automóvel de 1 200 kg desloca-se em uma trajetória retilínea e sua velocidade varia de 0s a 10s de acordo com o gráfico. Determine:



a) a intensidade da resultante sobre o automóvel de 0s a 4s; de 4s a 6s; de 6s a 10s.

b) o deslocamento do automóvel de 0s a 10s.

Parte I Mecânica

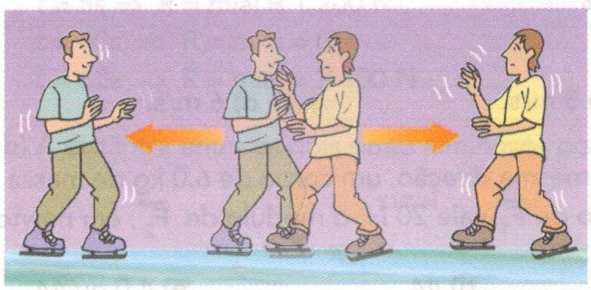
MÓDULO 16

O Princípio da Ação e Reação (3ª Lei de Newton)

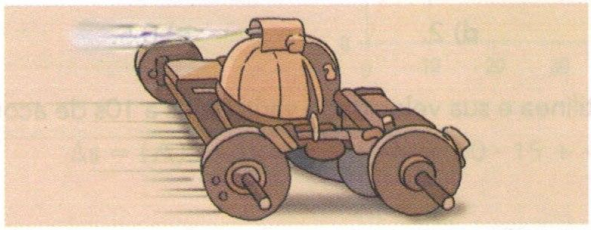
Lei da Ação e Reação

Imagine dois patinadores, de massas inerciais iguais, parados um em frente ao outro numa superfície horizontal de gelo.

Se um empurrar o outro, os dois adquirirão movimento na mesma direção e em sentidos opostos, e os deslocamentos serão efetuados no mesmo intervalo de tempo, sugerindo que as forças aplicadas são opostas.



Essa situação ilustra a 3ª Lei de Newton, chamada **Lei** ou **Princípio da Ação e Reação**: **Se um corpo A exerce força em um corpo B, este reage em A com força oposta.**



Tipo de máquina a vapor, construída para explicar a 3ª Lei de Newton: a qualquer ação corresponde uma reação oposta.

Essa lei sugere que na natureza as forças ocorrem sempre aos pares, não havendo ação sem uma correspondente reação.

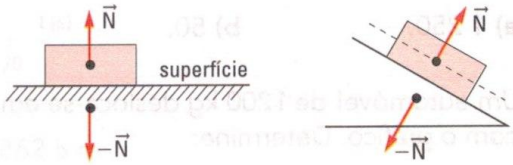
O remo troca forças com a água.

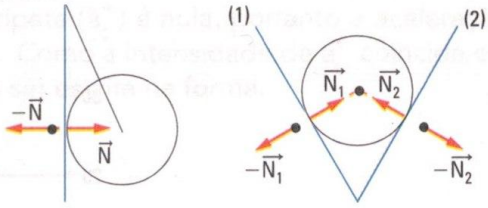
Os gases provenientes da explosão do combustível empurram as paredes internas da nave que, por sua vez, empurram os gases em sentido contrário.

É importante observar que as forças de ação e reação nunca se equilibram, pois estão aplicadas em corpos diferentes.

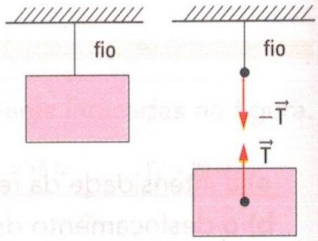
Vamos analisar duas situações, identificando as forças de reação aplicadas num determinado corpo:

- **Força normal ($\vec{N}$)**: toda força trocada entre superfícies sólidas que se comprimem. Sua direção é perpendicular à linha que tangencia as superfícies no ponto de apoio:





- **Força de tração ($\vec{T}$)**: força que um fio aplica em um corpo preso a ele. A essa força corresponde uma reação $-\vec{T}$, aplicada no fio:



Força peso

Dissemos no módulo 13 que a força peso ($\vec{P}$) é uma força de campo, pois ocorre pela **ação a distância** entre os corpos.

Imagine, então, a seguinte situação: duas bolas, de massas m_1 e m_2, foram abandonadas do repouso no mesmo nível e estão em queda livre vertical próximo à superfície da Terra.

Nesta situação, a única força que atua sobre cada bola é a força gravitacional $\vec{P}$.

A intensidade de $\vec{P}$ pode ser calculada multiplicando a massa **m** pela intensidade da aceleração da gravidade $\vec{g}$:

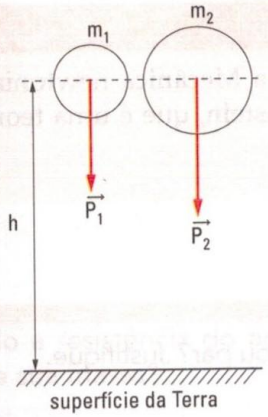
$$P = mg$$

Vetorialmente, temos:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

De acordo com a Lei Fundamental da Dinâmica, a força $\vec{P}$ é resultante e tem a mesma direção e o mesmo sentido da aceleração $\vec{g}$.

Observe a figura.



Sendo $\vec{P_1}$ e $\vec{P_2}$ as resultantes em cada corpo, temos:

$$\begin{cases} \vec{P_1} = m_1\vec{\gamma_1} = m_1\vec{g} \Rightarrow \vec{\gamma_1} = \vec{g} \\ \vec{P_2} = m_2\vec{\gamma_2} = m_2\vec{g} \Rightarrow \vec{\gamma_2} = \vec{g} \end{cases}$$

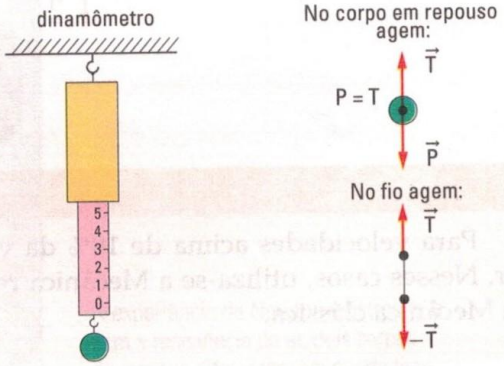
Logo:

$$\vec{\gamma_1} = \vec{\gamma_2} = \vec{g}$$

Embora as massas dos dois corpos sejam diferentes, verificamos experimentalmente que suas acelerações são iguais a $\vec{g}$, desprezando-se a resistência do ar. Se um dos corpos tem o dobro da massa do outro, a força peso também é o dobro. Ser mais pesado quer dizer exatamente **ser mais puxado** ou **mais atraído pela Terra**. Na queda livre de um caminhão e deste livro, embora ambos cheguem juntos ao chão, a marca da colisão do livro com o solo será bem menor que a marca imprimida pelo caminhão.

Uma forma prática de determinar a intensidade do peso é com o dinamômetro.

No caso da figura a seguir, o corpo pende estacionário de um fio conectado ao dinamômetro. Apesar de a Terra continuar aplicando peso no corpo, ele é impedido de cair pela força de tração $\vec{T}$ aplicada pelo fio, **que tem a mesma intensidade da força peso** (se a força de tração fosse menos intensa que a força peso, o fio se romperia e o corpo cairia). É importante saber que a escala do dinamômetro apresenta a intensidade da **força de tração**, e não a da força peso.



O **peso** de um corpo também não deve ser confundido com sua **massa**: enquanto a massa é uma propriedade da matéria e seu valor é constante em qualquer lugar, o peso é uma força e sua intensidade varia dependendo do local onde o corpo se encontra.

No SI, a unidade de massa é o **quilograma (kg)** e a unidade de peso é o **newton (N)**.

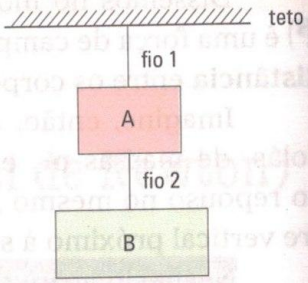
Observação:

Uma unidade de força muito utilizada na engenharia é o **quilograma-força (kgf)**, definido como a intensidade da força peso de um corpo de 1 kg de massa, próximo à superfície terrestre:

$$1\ kgf = 9{,}8\ N$$

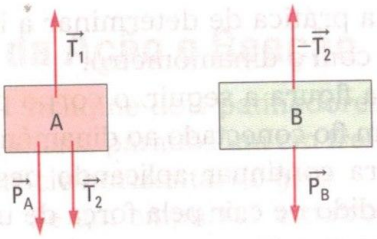
Exercício resolvido

A figura representa dois corpos **A** e **B** em equilíbrio, pendurados no teto de uma sala. Marque as forças aplicadas nos corpos e suas respectivas reações.



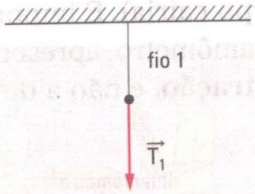
Resolução:

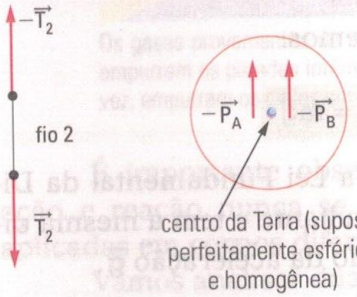
Isolando os corpos, temos:



em que
- $\vec{T}_1$: força aplicada pelo fio 1
- $\vec{T}_2$: força aplicada pelo fio 2
- $\vec{P}_A$: força aplicada pela Terra no corpo **A**
- $\vec{P}_B$: força aplicada pela Terra no corpo **B**

As reações são:





Você sabia?

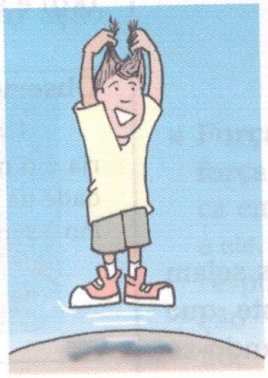
Para velocidades acima de 10% da velocidade da luz no vácuo, a Mecânica newtoniana começa a falhar. Nesses casos, utiliza-se a Mecânica relativística elaborada por Einstein, que é uma teoria mais geral que a Mecânica clássica.

Resolva

1. Num determinado instante, o número total de forças no universo é ímpar ou par? Justifique.

2. Por que as forças de ação e reação não podem ser adicionadas?

3. Você consegue se elevar verticalmente, puxando seus próprios cabelos? Justifique.



4. A resultante das forças aplicadas num corpo possui reação? Justifique.

5. Aproximadamente, em um ponto próximo da superfície da Terra, pode-se dizer que um corpo de 1 kg é atraído por uma força gravitacional de 10 N. Isso caracteriza a intensidade do campo gravitacional naquele ponto: $g = 10 \frac{N}{kg}$. Nessas condições:

a) Qual a intensidade do peso de um corpo de massa 6 kg colocado naquele ponto?

b) Considerando que a massa não depende do local, se o corpo for transportado para a superfície da Lua, onde a intensidade do campo gravitacional é 6 vezes menor que a da Terra, qual será a intensidade do peso do corpo?

6. Leia este texto:

Aceleração e campo gravitacional*

Na queda de corpos muito leves ou de baixa densidade, a influência do ar é tão importante a ponto de atrasá-los na queda. Por isso, alguns anos depois de Galileu, Newton imaginou um tubo de cujo interior o ar fosse retirado. Não havendo ar, podemos ver uma pena e uma pedrinha caírem juntas. Isso acontece também na Lua, onde não existe atmosfera.

A aceleração com que os corpos caem caracteriza o campo gravitacional. Nos lugares em que os corpos caem mais depressa, isto é, com maior aceleração, dizemos que o campo gravitacional é mais intenso.

A experiência de Newton mostrou que, sem a resistência do ar, dois corpos de massas diferentes, em queda livre a partir do repouso, chegam juntos.

Desprezando a resistência do ar, a aceleração de um corpo abandonado próximo da superfície da Terra depende de sua massa?

Sugestão de atividade

Com pregos e ímãs, faça a seguinte experiência:

a) Fixe o ímã sobre uma superfície e aproxime pregos. Anote o que acontece com os pregos.

b) Fixe os pregos e aproxime o ímã. Anote o que acontece com o ímã.

Com base nessa experiência, o que você pode concluir sobre o que ocorreu entre o ímã e os pregos e entre os pregos e o ímã? Esta experiência comprova alguma lei da Física? Qual?

Discuta com seus colegas as suas conclusões e faça uma pesquisa para descobrir outras experiências que sugiram a veracidade da lei em questão.

* Adaptado de: CANIATO, Rodolpho, *O céu*, São Paulo, Ática, 1990, p. 67.