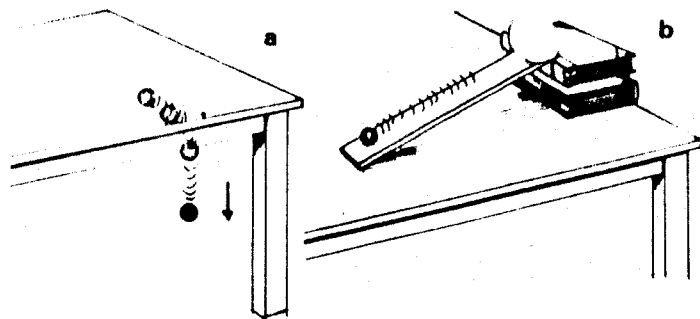


1

na situação (a) como  
situação (b), o berlinde  
por cair.



Experimenta com berlindes iguais de vidro, de borracha e de metal.

Com a ajuda de um cronómetro anota, para cada experiência (diferentes inclinações e substâncias), o tempo que o berlinde demora a chegar a um ponto de referência sobre a mesa.

O que observas?

Porque é que os berlindes caem, tanto na situação (a) como na situação (b)?

Existirá alguma força actuando sobre eles que os faz cair?  
Será o peso do ar por cima deles que os faz cair?

Qual dos dois corpos, um berlinde ou um pedacinho de papel, pensas que atingirá primeiro o solo, se os deixarmos cair da mesma altura?

## Experiência 1 Tubo de Newton



Isaac Newton  
(1642-1727).

Para responderes às questões anteriores, vamos realizar uma experiência utilizando um tubo de vidro fechado numa das extremidades por meio duma torneira, de forma que se possa extrair o ar do seu interior, com o auxílio de uma máquina de fazer vácuo (máquina pneumática).

A este tubo chama-se, geralmente, tubo de Newton, em honra do físico inglês Isaac Newton.

Este tubo tem dentro três corpos diferentes: uma pena, uma moeda e uma pequena bola de papel.

Invertamos o tubo e verifiquemos como caem os corpos.

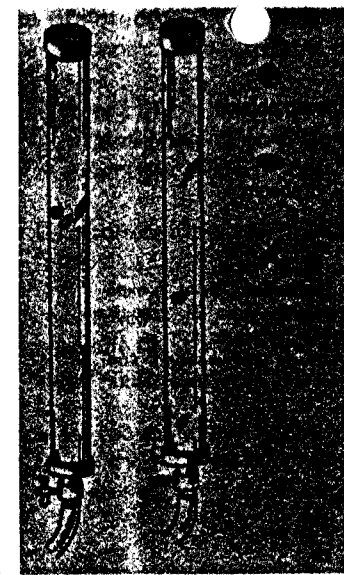
Em seguida extrai-se o ar, ligando a extremidade do tubo com a torneira a uma máquina de vácuo.

Invertamos o tubo de forma a que os corpos caiam.

O que é que se nota na queda dos corpos dentro do tubo com ar e sem ar?

Fig. 2

(a) tubo de Newton; (b) esquemas da queda dos corpos dentro do tubo de Newton, sem ar e com ar, respectivamente.



No ar, ou dentro do tubo com ar, a moeda cai mais rapidamente do que a pena, mas quando se retira o ar do tubo, os três corpos caem, surpreendentemente, ao mesmo tempo, isto é, atingem o fundo do tubo no mesmo instante.

Não há dúvida de que o ar tem algo a ver com este diferente comportamento dos corpos a cair.

Mas, se, mesmo na ausência do ar, os corpos continuam a cair e caíram todos ao mesmo tempo, qualquer que fosse o seu peso e tamanho, é porque a causa da sua queda não foi o peso do ar por cima deles.

Então, é porque actuou sobre eles uma força que os atrai para a Terra.

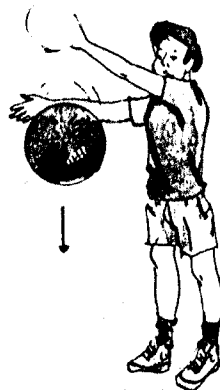
A esta força chama-se **força da gravidade**.

Todos sentimos esta força. É devido a ela que temos peso e permanecemos à superfície da Terra.

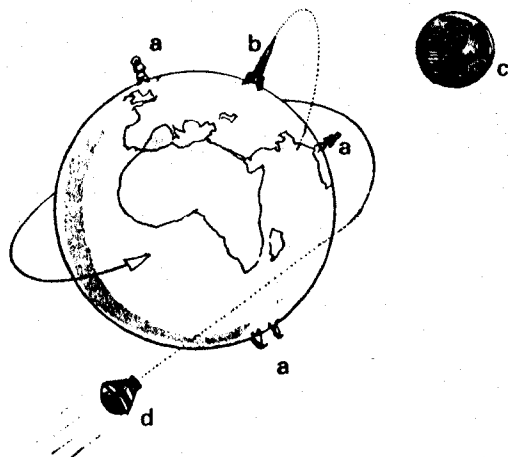
É ainda esta força que faz com que as maçãs caiam das árvores, ou a bola caia no solo quando a largamos, fig. 3 ou qualquer outro corpo caia para a Terra.

Esta força faz-se sentir menos intensamente à medida que nos afastamos da Terra.

## Força da gravidade



A força da gravidade é responsável por alguns factos do nosso conhecimento, fig. 4.



É comum, hoje em dia, ouvir-se dizer (sobretudo acerca de viagens espaciais) que «a nave saiu fora do campo gravítico terrestre». Isto significa que a nave saiu fora da região do espaço à volta da Terra onde se faz sentir a sua acção atractiva.

Logo que as cápsulas entram neste *campo*, começam a «acelerar» em direcção à Terra devido à existência da força da gravidade.

Foi Isaac Newton quem propôs, pela primeira vez, a existência de forças de atracção entre dois corpos quaisquer.

Em geral, as forças de atracção entre dois corpos são muito pequenas, mas se pelo menos a massa de um dos corpos for muito grande, é o caso da Terra, essa força tem um valor apreciável.

## Força gravitacional

A força atractiva — força gravitacional — existe entre todos os corpos do Universo, e depende das suas massas e da distância entre eles.

Na Lua, por exemplo, cuja massa é muito menor do que a da Terra, a força atractiva que ela exerce sobre os corpos colocados próximo da sua superfície é também muito menor.

*Nota:* a variação da força da gravidade na Lua não tem nada a ver com a constituição ou ausência de atmosfera na Lua.

O peso de um corpo na Lua corresponde, aproximadamente, a 1/6 do seu peso na Terra.

Se observares fotografias ou filmes sobre viagens espaciais, podes verificar que um astronauta na Lua tem uma forma diferente de se deslocar; os seus movimentos parecem mais lentos.

Na Lua, fig. 5, ele pode até mover-se por saltos, visto que a força da gravidade na Lua é menor, por ser menor a massa da Lua.

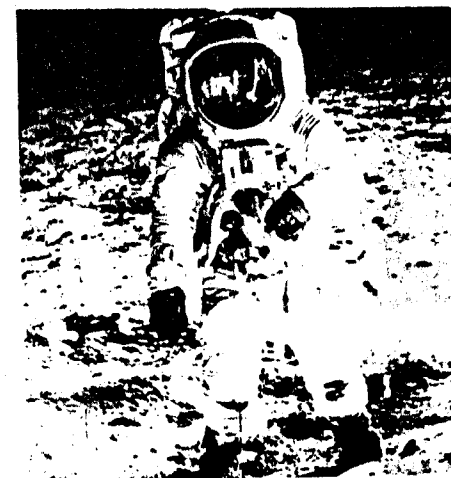


Fig. 5  
Na Lua, devido à fraca atracção, o menor passo pode transformar-se em salto.

Para compensar este inconveniente, o fato do astronauta é muito pesado. Mesmo com este fato «pesado», os «records» olímpicos de salto poderiam ser batidos.

Quando um corpo cai, o ar exerce sobre ele uma força contrária à da gravidade.

No caso da queda dos corpos no tubo de Newton com ar, ou simplesmente ao caírem no ar, a força que o ar exerce sobre eles, de baixo para cima, opõe-se à força da gravidade, fazendo com que os corpos não caiam ao mesmo tempo.

Se, por exemplo, deixarmos cair da mesma altura duas folhas de papel iguais, mas uma delas amachucada em forma de bola, verifica-se que esta atinge o solo em primeiro lugar.

Porque é que, ou como, podemos dizer se uma força é maior ou menor do que a outra?  
O que é que na força é maior ou menor?

## Experiência 2

### Deformação de uma mola em hélice

Coloca uma mola em hélice suspensa de um suporte, como se indica na fig. 6 (a).

Puxa a extremidade livre da mola com a tua mão.  
O que observas?



Fig. 6  
A mola elástica deforma-se quando nela se aplica uma força.

A mola deforma-se. E deforma-se tanto mais quanto mais a esticarmos, isto é, quanto maior for a **intensidade** da força que aplicamos sobre a mola.

Da mesma maneira, a intensidade da força que a mola exerce sobre a mão aumenta também (tu sentes na mão esta força).

Nota: se a mola não estiver fixa no suporte, ela não se deformaria. Para que haja deformação, são necessárias as forças; no ponto de suspensão o suporte exerce também uma força sobre a mola.

Quando, por exemplo, jogas ao jogo da corda ou ao «medir forças» com um colega, fig. 7 e, no final, ninguém «ganha», concluis que tanto tu como o teu colega fizeram a «mesma força», isto é, a intensidade das forças aplicadas é a mesma, embora sejam aplicadas em sentidos contrários.

Quando afirmamos que uma força é maior ou menor do que outra, estamos a comparar as suas intensidades.

Fig. 7  
Quem ganhará este jogo? O rapaz exerce «mais» ou «menos» força?



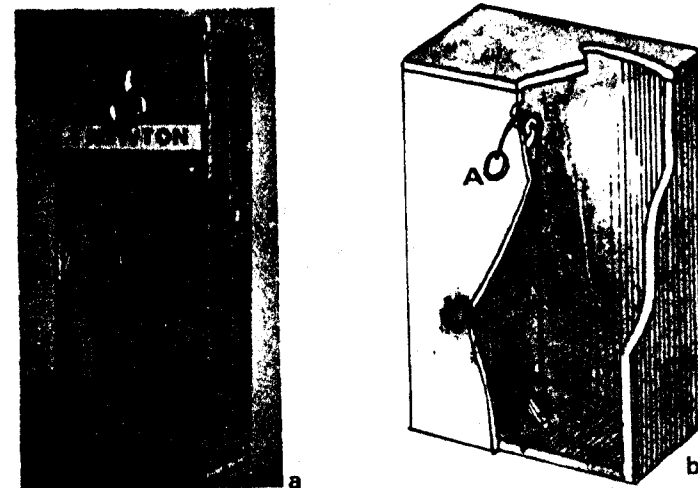
Uma vez definida a força, para ela poder ser, de facto, considerada como grandeza física, é necessário medir a sua intensidade. E para medi-la temos de compará-la com a intensidade de outra força tomada como padrão.

O **newton** (símbolo **N**) é a unidade SI de força

A unidade de intensidade de força, no Sistema Internacional, chama-se **newton** (do nome do físico Newton), e exprime-se pelo símbolo **N**.

Na fig. 8 (a) e (b), está representada uma caixa que pretende materializar esta unidade.

Fig. 8  
Caixa de madeira utilizada para materializar a força de intensidade 1 N (a), e esquema respectivo (b).



Ao puxarmos a argola **A**, que passa através de uma roldana **B**, o corpo **C**, cuja massa é 102 g, sobe. Se puxarmos a argola de modo que o corpo suba com velocidade constante,

estamos a aplicar uma força cuja intensidade é igual a 1 newton: 1 N. Ou seja, um corpo de massa 102 g é atraído pela Terra com a força de intensidade igual a 1 N.

Dizemos que o corpo **C** pesa 1 N.

Como sabes, uma grandeza física representa-se pelo produto do valor numérico pela unidade respectiva.

Assim, escrever:

$$F = 4 \text{ N}$$

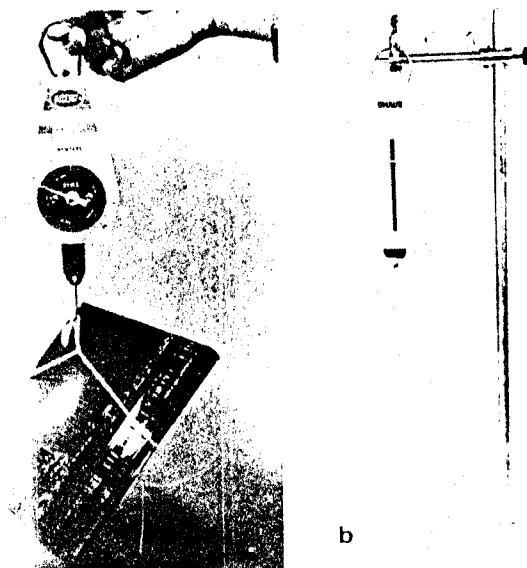
significa que estamos a aplicar uma força cuja intensidade é 4 vezes maior do que a força cuja intensidade é igual a 1 N.

Na Natureza podemos observar forças com intensidades muito variadas, quadro 1.

Os aparelhos medidores das intensidades das forças chamam-se **dinamómetros**, dos quais estão representados dois tipos, na fig. 9.

Qual é o valor da intensidade da força que o livro exerce sobre a mola do dinamómetro?

E qual o valor da intensidade da força que a maçã exerce sobre a mola?



a

b

9.  
o livro pesa 4,4 N;  
a maçã pesa 1 N.



Mas como funcionam os dinamómetros?

Como sabemos se uma força tem a intensidade de 1 N ou de 4 N?

Veremos a resposta a esta questão na secção seguinte.

Quadro 1 Intensidades relativas (valores médios) de algumas forças

	Força de atracção universal: $2 \times 10^{-7} \text{ N}$ a $4 \times 10^{-7} \text{ N}$		Força de atracção eléctrica: $0,79 \times 10^{-7} \text{ N}$
	Força de atracção universal: $3 \times 10^{21} \text{ N}$		Peso de um homem: 500 N a 900 N
	Força exercida pelo vento (vento forte) em cada $\text{m}^2$ de vela: 100 N		Peso médio de um elefante: da ordem de $10^4 \text{ N}$
	Força exercida pelo dedo na câneta: 2,5 N		Força de tracção de um cavalo puxando uma carroça: 700 N
	Força exercida pelo atleta sobre o haltere: 1000 N a 2000 N		Força exercida por um motor de reacção de um avião: $10^5 \text{ N}$ a $3 \times 10^6 \text{ N}$
	Força exercida pelo esquiador sobre o cabo em tracção: algumas centenas de N		Força exercida por uma grua: $25 \times 10^4 \text{ N}$
	Força de tracção de uma locomotiva: $10^4 \text{ N}$ a $10^6 \text{ N}$		Força de tracção de um tractor: $3 \times 10^4 \text{ N}$
	Força exercida por um electroimán industrial: 100 000 N até alguns milhões de N		

A criança puxa com *maior* ou *menor* força, o que poderá ser traduzido pelo maior ou menor comprimento do vector representado.

O facto de o brinquedo ser puxado para cima, ou para a direita, ou para a esquerda, será traduzido pelo **sentido** da seta.

## Os elementos

### Características de uma força:

- ponto de aplicação
- direcção
- sentido
- intensidade

*Nota:* linha de acção da força é a linha suporte do vector força. Forças com linhas de acção paralelas têm a mesma direcção.

## Grandezas vectoriais

Uma força é uma **grandeza vectorial** e representa-se pelo símbolo  $\vec{F}$

Assim, as características do vector  $\vec{F}$  são:

- ponto de aplicação** — ponto do corpo onde a força actua;
- direcção** — linha segundo a qual, ou ao longo da qual, a força actua ou qualquer recta paralela;
- sentido** — o sentido de actuação da força dado pelo sentido da seta, isto é, de onde e para onde a força actua;
- intensidade ou módulo** — valor numérico expresso em unidades de força.

Grandezas físicas que, tal como a *força*, se representam por meio de vectores, isto é, necessitam de uma direcção e de um sentido para ficarem perfeitamente definidas, chamam-se **grandezas físicas vectoriais**.

A grandeza força representa-se por meio de uma letra maiúscula,  $F$ , com uma pequena seta em cima:  $\vec{F}$ .

A sua intensidade, ou módulo, ou valor numérico, representa-se por

$$|\vec{F}| \text{ ou } F$$

Outras grandezas tuas conhecidas, tal como o volume, o comprimento, a diferença de potencial, a resistência de um condutor, etc., que apenas necessitam de um valor numérico e de uma unidade para ficarem definidas, chamam-se **grandezas físicas escalares**.

## Grandezas escalares

A palavra *força* é um termo de utilização corrente cujo sentido só é claro em função do contexto em que está inserido.

Por exemplo:

- «Uma força eléctrica» quer dizer uma acção mecânica do tipo eléctrico, isto é, exercida entre corpos electrizados.
- «Uma força  $\vec{F}$ » quer dizer o vector força  $\vec{F}$ .
- «Uma força de 5 N» quer dizer que a intensidade da força aplicada é de 5 unidades SI de força.

Deveremos então utilizar a palavra «força» quando não oferecer confusão, caso contrário será necessário usar os termos correctos para cada situação: acção mecânica, vector força, intensidade da força, etc.

Na linguagem comum, a palavra «força» designa quer a acção mecânica, quer o vector força a ela associado, quer a intensidade da força.

Apliquemos, a algumas situações concretas, o que temos vindo a dizer sobre a representação vectorial das forças.

### 1.º — O agraphador

Vamos analisar e representar vectorialmente o que se passa quando utilizamos um agraphador.

Repara na fig. 10

Quando se carrega, a nossa mão exerce uma força vertical, de cima para baixo, comprimindo a mola, (a) e (b). Quando se larga, a mola elástica distende-se sob a acção da força de tensão dirigida de baixo para cima (c).

Neste caso não está indicada a intensidade da força, embora estejam representados vectores de comprimentos diferentes.

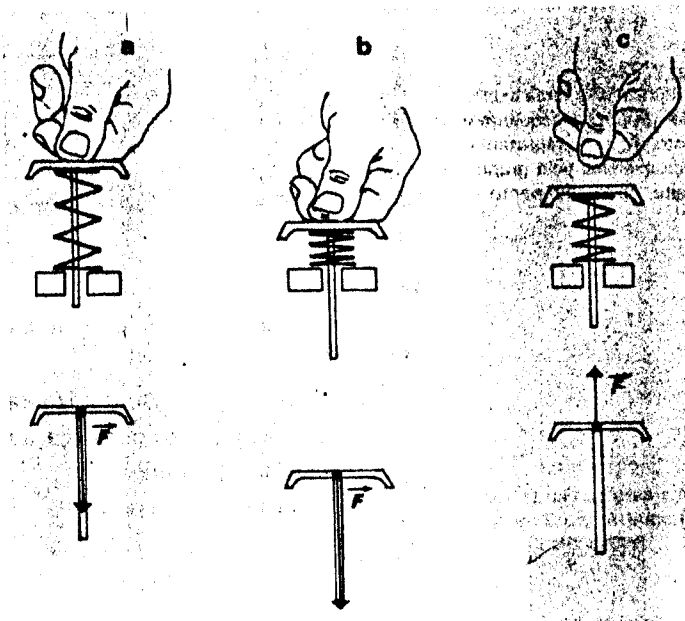
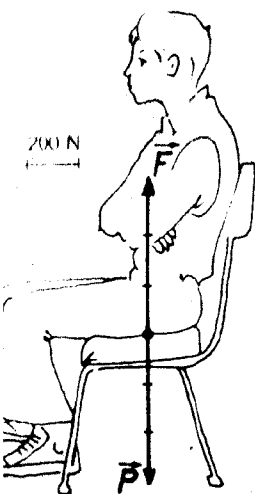


Fig. 10  
Representação esquemática das forças que actuam durante a utilização do agraphador.



## 2.º — Uma pessoa sentada

Vamos analisar o caso de uma pessoa com o peso de 600 N, sentada, fig. 11.

Neste caso, o rapaz exerce uma força  $\vec{P}$ , aplicada na cadeira, cuja intensidade é igual à do seu próprio peso, 600 N, segundo uma direcção vertical, no sentido de cima para baixo.

Por sua vez, a cadeira exerce uma força de reacção,  $\vec{F}$ , aplicada no rapaz.

Repara que para representarmos a intensidade das forças  $\vec{P}$  e  $\vec{F}$  nos servimos de uma escala em que cada «unidade» representa 200 N. Poderia ter-se escolhido outra escala qualquer.

fig. 11  
A força  $\vec{P}$  está aplicada na cadeira; a força  $\vec{F}$  está aplicada no rapaz.

## 3.º — O jogo da corda

Analisemos o caso do jogo da corda, representado na fig. 12.

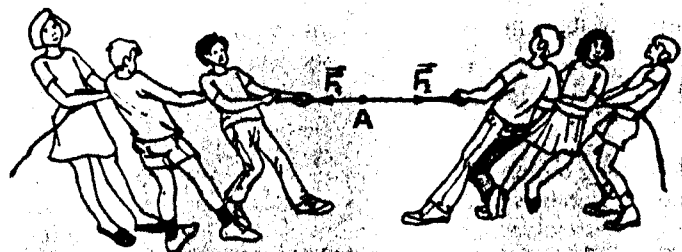


fig. 12  
F1 representa a força exercida pelo grupo da esquerda no ponto A; F2 representa a força exercida pelo grupo da direita, no mesmo ponto.

As forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  podem caracterizar-se da seguinte maneira:

- a mesma direcção: horizontal;
- o mesmo ponto de aplicação, A;
- sentidos contrários;
- intensidades diferentes.

Quem ganharia o jogo?  
Porquê?

# O peso e a massa de um corpo

Força, massa e peso são três termos que correspondem a três grandezas com um significado distinto em Física.

Vamos tentar compreender a diferença existente entre essas grandezas.

## O peso como exemplo de uma força: variáveis de que depende

Falámos, de um tipo de forças muito importante na Natureza — a força gravitacional.

Esta força de atracção existe entre quaisquer dois corpos do Universo, dependendo da massa dos corpos e da distância a que aqueles se encontram um do outro.

Um exemplo desta lei da Atracção Universal é o caso da força da gravidade, que faz com que os corpos caiam para a Terra.

É devido à existência desta força da gravidade entre a Terra e os corpos situados na sua proximidade que esses corpos têm peso.

Peso de um corpo é a força que actua no corpo, como consequência da atracção entre a Terra e o corpo

Os corpos caem para a Terra segundo uma direcção vertical — a vertical do lugar — fig. 13, e sempre no sentido de cima para baixo.

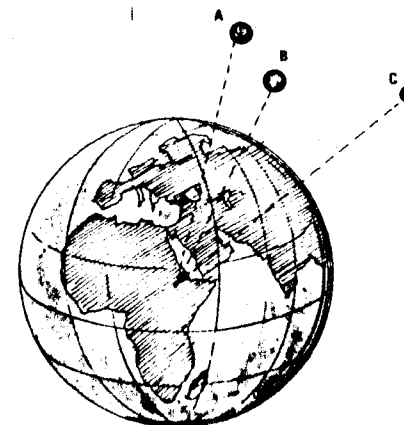


Fig. 13

Os corpos A, B e C caem segundo a direcção da vertical do lugar e no sentido do centro da Terra.

Nota: O raio de uma esfera é perpendicular à superfície desta.



É por esta razão que se usa o fio-de-prumo para saber se uma parede, por exemplo, está «direita», isto é, vertical; os pedreiros usam o fio-de-prumo nas construções dos edifícios para alinharem as paredes.

Uma vez que o peso de um corpo é uma força, também a sua unidade de medida, no SI, é o newton, N. O valor do peso de um corpo avalia-se por meio de dinamómetros.

Existe outra unidade de força, que é o quilograma-força, símbolo kgf.

O kgf define-se como sendo a intensidade da força com que a Terra atrai um corpo com 1 kg de massa.

Se suspendermos num dinamómetro, fig. 15 (a) e (b), ou colocarmos numa balança-dinamómetro, fig. 15 (c), um corpo de massa 1 kg, o valor indicado é de 1 kgf.

9. 14  
O fio de prumo é constituído por um fio suspenso com um «peso» na extremidade livre.

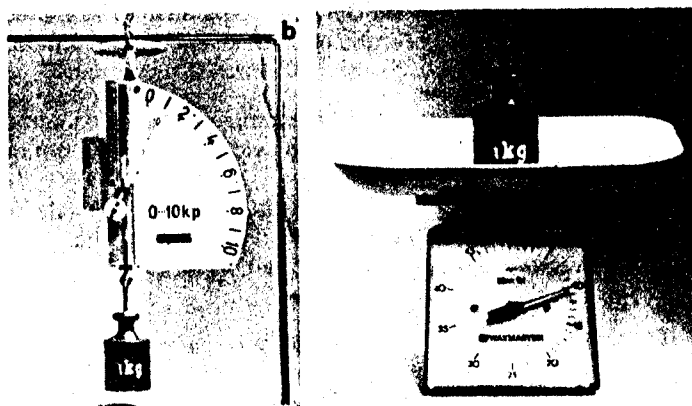
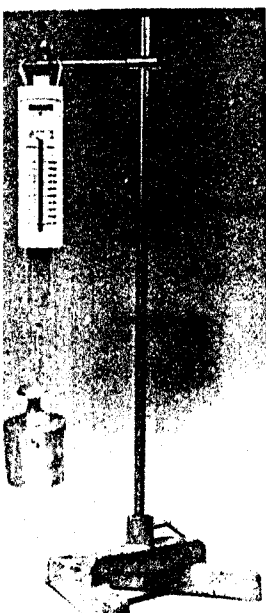


Fig. 15

Os três dinamómetros indicam, para o corpo de massa 1 kg, o mesmo peso, 10 N.

Suspendendo um corpo com a massa de 1 kg num dinamómetro graduado em newton, verificamos que este indica o valor de 9,8 N ( $\approx 10$  N).

Se suspendermos vários corpos desse mesmo dinamómetro, poderemos facilmente verificar esta relação (no mesmo local da Terra), quadro 2.

Quadro 2 - Valores da massa e do peso de vários corpos

Massa (em kg)	Peso (em kgf)	Peso (em N)
0,100	0,100	0,98
0,200	0,200	1,96
0,250	0,250	2,45
0,300	0,300	2,94

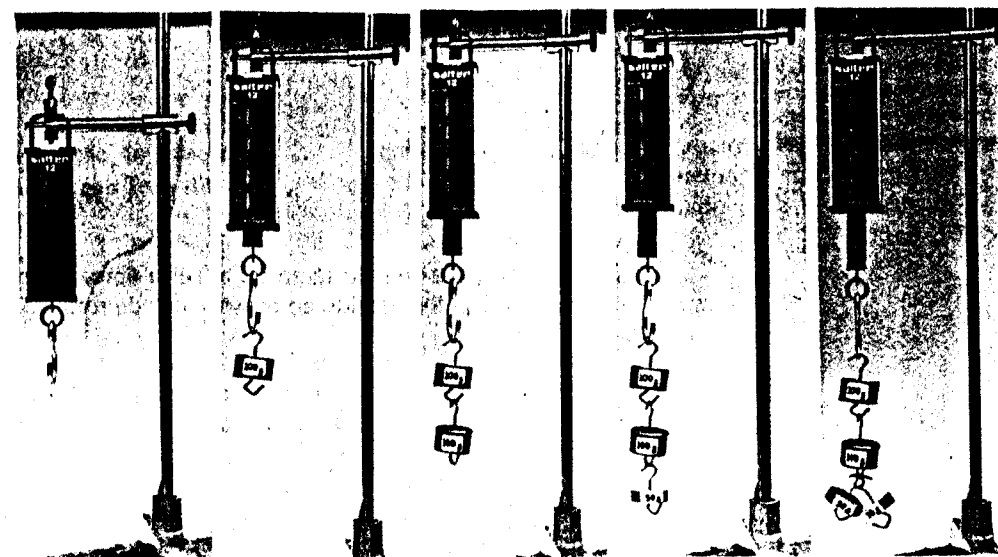


Fig. 16 Determinação do peso de corpos com massas diferentes.

Podemos então, resumidamente, indicar as características do vector peso de um corpo:

Nota: o centro de gravidade de um corpo é o ponto onde se supõe aplicada a resultante de todas as forças da gravidade que actuam sobre o corpo.

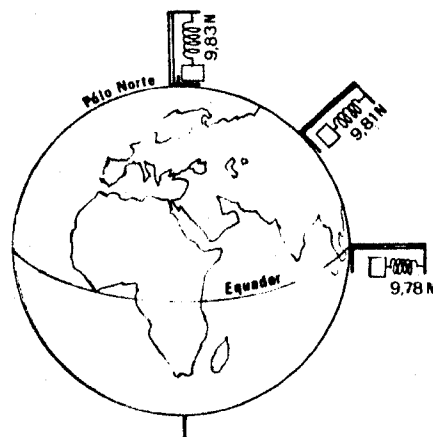
- linha de acção: a vertical do lugar;
- sentido: de cima para baixo;
- ponto de aplicação: no centro de gravidade do corpo;
- intensidade: o valor numérico do peso desse corpo.



O peso de um corpo será o mesmo qualque... se seja o lugar em que ele se encontre?

Experiências muito precisas mostraram que o peso de um corpo aumenta cerca de  $\frac{5}{1000}$  do seu valor quando se viaja do Equador para os Pólos.

Variação do peso de um corpo com a altitude



17. O peso de um corpo varia com a latitude: determinando o peso com um dinamómetro muito sensível encontram-se valores indicados na figura.

Esta variação explica-se pelo facto de a Terra apresentar um achatamento nos pólos, devido ao movimento de rotação em volta de si própria.

O raio da Terra tem o valor de 6378 km no Equador e 6357 km nos Pólos, portanto, um corpo no Equador está mais longe do centro da Terra.

Como tínhamos referido, a força de atracção entre a Terra e outro corpo depende da distância entre os dois corpos; ela é tanto maior quanto menor for a distância entre eles. Por esse motivo, um corpo pesa mais nos Pólos do que no Equador.

Esta diferença é, no entanto, imperceptível no dia-a-dia, para corpos com as dimensões com que costumamos trabalhar.

Da mesma maneira se pode verificar que o peso de um corpo varia com a altitude a que esse corpo se encontra em relação à superfície da Terra.

Variação do peso de um corpo com a altitude

A medida que nos elevamos na atmosfera, o peso de um corpo diminui de  $\frac{3}{10\,000}$  do seu valor, por cada 1000 m de altitude.

Um corpo com a massa de 1 kg, portanto com o peso de 9,80 N, quando ao nível do mar, terá apenas o peso de 9,77 N num avião que sobrevoe Lisboa à altitude de 10 000 m.

Esse mesmo corpo, no cimo da serra da Estrela, cuja altitude é de 2000 m, pesará 9,794 N !

A variação do peso com a altitude explica-se também pela maior distância entre o corpo e o centro da Terra.

Esta variação com a altitude é ainda mais difícil de detectar do que a variação com a latitude.

O peso de um corpo varia, portanto, com o lugar onde este se encontra. Na Terra, o peso varia com a altitude e a latitude.

Fora da Terra, a variação do peso é bastante grande e é importante o seu conhecimento, nomeadamente em Astronáutica, no envio de satélites para o espaço.

Variação do peso de um corpo fora da Terra

Conhecendo a massa dos astros do sistema solar e a distância à Terra, foi possível determinar a força com que um corpo, de massa 1 kg, seria atraído para esses astros, fig. 18

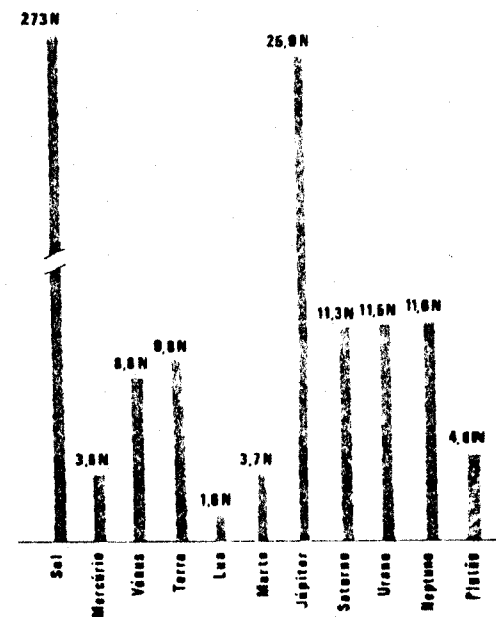


Fig. 18  
Um corpo com o peso de 1 N à superfície da Terra teria pesos diferentes quando situado em outros planetas.

O peso de um corpo varia porque a intensidade da força atractiva também varia de local para local da Terra e de astro para astro no Universo.

Em determinadas zonas do espaço, onde se não faça sentir qualquer força atractiva, o peso de qualquer corpo é nulo. São as chamadas situações de imponderabilidade.

## **A massa como grandeza característica de um corpo.**

### **A unidade SI de massa**

Pelo que acabámos de dizer, o peso de um corpo não pode ser considerado como característica de um corpo, visto que varia com o local onde o corpo se encontra.

Existe, no entanto, uma outra grandeza física invariável, característica de um corpo — a massa desse corpo.

Já vimos que os corpos se põem em movimento quando sobre eles actuam forças.

No entanto, corpos diferentes sob a acção de forças com as mesmas características comportam-se de maneira diferente.

Suponhamos que aplicamos forças idênticas sobre os carros representados na fig. 19.



19  
Para deslocar o carro grande,  
homem aplica uma força de  
menor intensidade.

Qual dos dois corpos oferece mais «resistência» em movimentar-se?

Qual dos corpos se movimenta com mais rapidez, uma vez posto em movimento?

É evidente que, se quisermos empurrar o «2 cavalos» ou o carro grande, para «pegar», temos muito mais dificuldade, isto é, encontramos uma maior «oposição» ao movimento, ao empurrar o carro grande do que o pequeno, fig. 19

De modo semelhante, uma bola de ténis adquire uma velocidade muito maior do que uma bola de futebol, quando lhe aplicamos forças idênticas.

Se à mesma bola aplicarmos uma força de maior intensidade, ela deslocar-se-á com uma rapidez também maior.

A massa de um corpo está relacionada com a «resistência» que esse corpo oferece ao movimento.

Esta «resistência ao movimento» é tanto maior quanto maior a quantidade de matéria do corpo.

### **Massa de um corpo**

Para descrever este diferente comportamento dos corpos, os físicos utilizam a grandeza massa.

*Se dois corpos, sob a acção de forças idênticas, se comportam de forma diferente, têm massas diferentes.*

*A massa de um corpo está relacionada com a quantidade de matéria que o constitui.*



Fig. 20

Cópia portuguesa do quilograma-padrão, com o n.º 10, que existe no Instituto Nacional de Pesos e Medidas, Serviços de Metrologia do Ministério da Indústria e Energia. Ao lado vê-se o metro-padrão.

A medida da massa de um corpo é o número que uma balança nos indica ao comparar a massa desse corpo com a massa do quilograma-padrão.

O quilograma-padrão é um cilindro de platina iridiada, com 39 mm de diâmetro e 39 mm de altura, que existe no Arquivo Internacional de Pesos e Medidas em Sèvres, França.

A massa deste cilindro corresponde à massa de 1 dm<sup>3</sup> de água pura à temperatura de 4 °C. A esta massa foi atribuída, por convenção, a designação de quilograma, símbolo kg.

Sobre esta peça desliza uma peça indicadora, que, conforme o ponto da escala onde é colocada, equilibrando a balança, indica directamente o valor da massa do corpo.

Também aqui se faz uma comparação entre a massa do corpo e massas conhecidas.

Princípio semelhante preside ao funcionamento de algumas balanças de farmácia (de cursor), da balança decimal, do pesa-cartas, etc.

O princípio de funcionamento destas balanças será explicado

Na balança de dois pratos, o corpo exerce sobre o prato da esquerda uma força igual,  $\bar{P}$ , à que as «massas marcadas» exercem sobre o prato da direita,

Se transportássemos qualquer uma das balanças, para a Lua, por exemplo, ambas se manteriam em equilíbrio.

Como explicas este facto?

### O peso e a massa de um corpo: duas grandezas diferentes

É frequente ler nas embalagens comerciais, por exemplo, «peso total 930 g», «peso líquido 1000 g», fig. 21

Porém, tal indicação não é correcta. O que deveria estar referido seria a *massa total* ou, então, a *massa líquida*. Algumas embalagens já não trazem este erro.

Tal como vulgarmente se utiliza a palavra balança para designar todo o tipo de aparelhos que servem para «pesar», também a palavra «pesagem» significa qualquer acção de medir que sirva para avaliar quer a massa de um corpo quer o seu peso.

Quando nos pesamos, utilizando balanças automáticas, na farmácia ou em nossas casas, estamos a utilizar balanças-dinamómetros. Avaliamos desta maneira o nosso peso. Estamos, porém, a utilizar unidades de massa quando dizemos «peso 50 quilogramas». Em Física, não é correcto usar esta linguagem!

Quando dizemos «esta pasta é muito pesada», queremos significar que ela exerce sobre o nosso braço uma força de grande intensidade.

Se colocarmos a pasta numa balança e determinarmos a sua massa, esta terá certamente um valor elevado.

Num mesmo lugar, quanto maior é a massa de um corpo maior é o seu peso.

Por isso é frequente utilizar expressões em que se confundem uma e outra grandeza:

«*Esta pasta está muito cheia*» (massa, quantidade de matéria); «*está muito pesada*» (peso, exerce uma força de grande intensidade sobre o braço).

Mesmo os físicos utilizam a expressão «pesagem com balança».

Em linguagem científica correcta, o termo *pesagem* refere a operação por meio da qual se determina o peso de um corpo.

Não existe, no entanto, nenhum termo científico específico para designar a operação de avaliar a massa de um corpo.

Existe uma possível razão para a utilização generalizada do termo «pesagem» quando nos referimos, quer à avaliação da massa, quer à avaliação do peso, que é frequente mesmo em livros científicos.

Quando estamos a determinar a massa de um corpo com uma balança, estamos, na realidade, a comparar as forças que esse corpo e as «massas marcadas» exercem em cada um dos pratos da balança quando ela está em equilíbrio.

No mesmo local da Terra, ou de qualquer outro planeta ou do espaço exterior, os valores numéricos da massa e do peso de um corpo coincidem, quando expressos, respectivamente, em quilograma e quilograma-força.

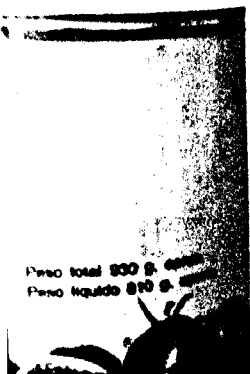


Fig. 21  
Peso e massa são frequentemente confundidos.

Nota: as unidades não se escrevem no plural.

Assim, por exemplo, se neste momento o teu peso for 58 kgf (ou 568,4 N), a tua massa é 58 kg.

Será difícil deixar de usar, no dia-a-dia, a linguagem vulgar.

Ao utilizar a frase «eu peso 58 kg», é importante que te lembres que, estando a referir o valor do teu peso desta maneira, estás a exprimi-lo em unidades SI de massa, o que, evidentemente, se deverá evitar na linguagem científica.

A massa do teu corpo é de 58 kg, mas a força que a Terra exerce sobre ti, isto é, o teu peso é 58 kgf ou 568,4 N.

Observa a fig. 22

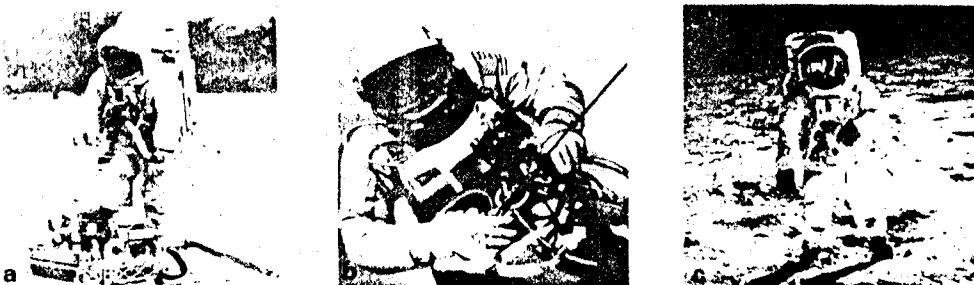


Fig. 22 O astronauta tem pesos diferentes na Terra (a), no espaço (b) e na Lua (c).

A massa do astronauta é de 75 kg.

Admitindo que ele não emagrece, o seu peso na Terra é 735 N (75 kgf), no espaço 0 N (0 kgf) e na Lua 122,5 N (12,5 kgf), cerca de 6 vezes menor do que na Terra, quadro 3

Quadro 3 — Massa e peso de um corpo em diferentes locais

Local	Massa (em kg)	Peso (em kgf)	Peso (em N)
Terra	75	75	735
Espaço (algures, fora de qualquer acção gravitacional)	75	0	0
Lua	75	12,5	122,5

A massa do astronauta não varia, mas o seu peso varia, porque varia o valor da força da gravidade nos três locais considerados.

Nas regiões do espaço onde os corpos têm um peso igual a zero diz-se que nessas regiões não existem forças gravíticas; são situações de *imponderabilidade*.

Já terás visto, na TV, situações destas quando os astronautas ou os objectos estão «flutuando» dentro ou fora da nave.

Poderemos agora estabelecer algumas diferenças simples entre as grandezas físicas *massa* e *peso*:

#### Diferenças entre massa e peso de um corpo

##### 1 — Quanto à sua natureza

- o peso é uma grandeza vectorial, uma força;
- a massa é uma grandeza escalar.

##### 2 — Quanto às unidades em que se exprimem

- o peso exprime-se em N (SI) ou em kgf;
- a massa exprime-se em kg.

##### 3 — Quanto ao processo de medição

- o peso avalia-se com dinamómetros ou balanças-dinamómetros;
- a massa avalia-se com balanças.

##### 4 — Quanto aos seus valores relativos

- o peso de um corpo varia com o local onde esse corpo se encontra;
- A massa não varia.

### 3.3.1. Potência de uma máquina

Sabemos já que uma transferência de energia mecânica se processa através da realização de trabalho por forças exercidas sobre o sistema receptor.

No entanto, essa transferência de energia pode processar-se em intervalos de tempos diferentes.

Pensemos novamente no caso representado na fig. 3. 34, pág. 150.

Vamos supor que, um dia, o pedreiro, porque está mais cansado, demora 5 min a elevar o balde cheio de areia, com o peso de 15 kgf, à altura de 15 m.

Nos outros dias, em média, demora apenas 2 a 3 min.

Na realidade, ele transfere a mesma quantidade de energia (realiza o mesmo trabalho), uma vez que o balde pesa sempre o mesmo e o eleva à mesma altura. No entanto, realiza esse trabalho num intervalo de tempo menor, ou seja, eleva o balde mais rapidamente, ou ainda, transfere energia para o sistema balde-Terra mais rapidamente.

Dirias, com certeza, que o pedreiro, naquele dia, «estava com mais força»! No entanto já sabes que esta expressão não é correcta sob o ponto de vista da Física.

Vejamos outro exemplo.

Sabes que nos edifícios de vários andares de construção recente é vulgar a instalação de elevadores. Quando sobes para um andar superior, aumenta a energia potencial gravítica do sistema teu corpo-Terra. Se o tiveres feito deslocando-te no elevador, poderás dizer que esse aumento da energia potencial gravítica ocorreu devido ao trabalho realizado pela força que o elevador exerceu sobre o teu corpo,  $\vec{F}$ , fig. 3. 39, durante o deslocamento, e não pelo teu esforço.

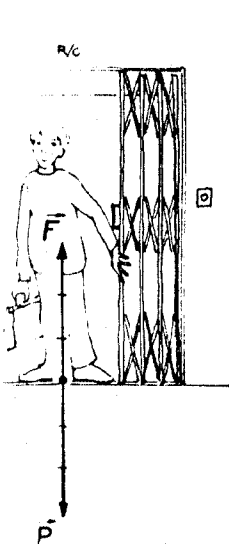


Fig. 3. 39.

O elevador, ao subir, exerce sobre o rapaz uma força  $\vec{F}$  (aplicada no rapaz); por sua vez, o rapaz exerce sobre o chão do elevador uma força igual ao seu peso,

Certamente já tiveste ocasião de verificar que há elevadores «mais rápidos» do que outros. Por vez em edifícios de muitos andares, até existem dois ou três elevadores, mas nem todos eles se deslocam com a mesma rapidez.

Que terão eles de diferente?

Supõe que te deslocas do rés-do-chão até ao 3.º andar em dois elevadores diferentes, que gastam, nesse percurso tempos diferentes. Se o peso da carga é igual, também será igual a força que o elevador exerce sobre ela, para a fazer subir. Como os deslocamentos são iguais, essas forças realizarão, portanto, trabalhos iguais.

O elevador que realiza o *mesmo trabalho num intervalo de tempo menor* diz-se que é *mais potente*.

A mesma designação é usada para qualquer máquina.

Quando se escolhe uma máquina é, muitas vezes, importante conhecer a rapidez com que essa máquina realiza trabalho, transfere e transforma energia. Para isso utiliza-se uma nova grandeza física: a **potência** da máquina, de símbolo  $P$ .

#### Potência de uma máquina

*Nota:* Nem sempre a máquina transfere energia com a mesma rapidez, isto é, pode fazê-lo umas vezes mais rapidamente do que outras. Nesses casos devemos falar em **potência média**, símbolo  $P_{med}$ .

A potência média representa a energia que, em média, a máquina transfere em cada unidade de tempo.

Se conhecermos a energia transferida,  $E$ , pela máquina no intervalo de tempo  $\Delta t$ , a potência média será calculada através da relação:

$$P_{med} = \frac{E}{\Delta t}$$

Define-se **potência** de uma máquina como a energia que a máquina transfere e transforma em cada unidade de tempo,

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

ou o trabalho que ela realiza em cada unidade de tempo:

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

*Nota:* Intervalo de tempo:  $\Delta t = t_{final} - t_{inicial}$

### 3.3.2. Unidades de potência e de energia

A **grandeza potência de uma máquina**,  $P$ , é também uma grandeza física derivada, pois é definida, como vimos, à custa de duas outras grandezas: a energia e o tempo.

Como as unidades SI de energia e de tempo são, respectivamente, o joule e o segundo, a **unidade SI de potência** será

joule



Fig. 3. 40.  
James Watt (1736-1819).

## Definição de watt

O watt, unidade SI de potência

A unidade  $\frac{\text{joule}}{\text{segundo}}$ , símbolo J/s, foi dado o nome de watt, símbolo W, em homenagem ao físico escocês James Watt.

A partir da equação de definição da potência de uma máquina, podemos escrever

$$1 \text{ watt} = \frac{1 \text{ joule}}{1 \text{ segundo}} \quad \text{ou} \quad 1 \text{ W} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ s}}$$

*O watt será a potência de uma máquina que transfere constantemente a energia de 1 joule em cada segundo.*

Para representar potências elevadas utilizam-se múltiplos do watt, como o kilowatt (kW) e o megawatt (MW):

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 1000 \text{ W} & \text{e} & & 1 \text{ MW} &= 1\,000\,000 \text{ W} \\ 1 \text{ kW} &= 10^3 \text{ W} & & & 1 \text{ MW} &= 10^6 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabela 3. 2 — Potência média de alguns sistemas transformadores de energia

Sistema transformador	Potência média (em W)
Homem a transportar um carrinho de mão	70 a 900
Cavalo	300 a 3500
Motorizada	5000
Tractor	23 500
Automóvel Porsche	50 000
Autocarro	3 000 000
Avião	17 500 000

Já ouviste, certamente, algumas vezes dizer: aquele carro tem um motor de «tantos cavalos». O que querará isto significar?

Sabes que entre dois carros, um com um «motor de 2 cavalos» e outro com um «motor de 68 cavalos», o segundo fará o mesmo trabalho mais rapidamente. Isto quer dizer que será uma máquina mais potente do que a primeira.

## O cavalo-vapor, ou unidade de potência

Com efeito, esta expressão usada na linguagem do dia-a-dia tem a ver com o emprego de *outra unidade de potência*: o cavalo-vapor, de símbolo cv.

Esta unidade prática de potência data do aparecimento das primeiras máquinas a vapor inventadas por James Watt. Como até essa altura os trabalhos mais pesados eram feitos por animais, James Watt teve a ideia de comparar o trabalho feito pela máquina com o trabalho feito, no mesmo tempo, por um cavalo. Assim, verificou que um animal bem tratado seria capaz de levantar um fardo de 75 kgf à altura de um metro durante um segundo.

A potência de uma «máquina» capaz de realizar aquele trabalho, no mesmo intervalo de tempo, foi designada por um cavalo-vapor.



*Que relação existe entre o cavalo-vapor e o watt?*

Calculemos a energia transferida pelo cavalo ao elevar a carga.

A energia transferida pode ser medida pelo trabalho realizado pela força exterior aplicada sobre a carga. Para elevar uma carga que pesa 75 kgf é necessário aplicar uma força vertical de 75 kgf, ou seja,  $(75 \times 9,8) \text{ N}$ . O trabalho realizado por essa força, para elevar o fardo à altura de 1 m, será

$$W = (75 \times 9,8) \text{ N} \times 1 \text{ m} = 735 \text{ J}$$

Portanto,

$$1 \text{ cv} = \frac{735 \text{ J}}{1 \text{ s}} = 735 \text{ W}$$

Se dispuseres de duas máquinas do mesmo tipo, de potências diferentes, sabes agora que, com a mais potente realizarás o mesmo trabalho num intervalo de tempo menor.

Pode, no entanto, suceder que, para um determinado fim, uma máquina de menor potência sirva perfeitamente. Nesse caso deveremos optar por esta, para que o consumo de energia seja também menor.

Repara que, se conhecermos a potência de uma máquina  $P$ , e o intervalo de tempo,  $\Delta t$ , em que ela está a funcionar constantemente, poderemos conhecer a quantidade de energia,  $E$ , que ela transferiu (ou transformou).

Como

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

$$E = P \times \Delta t$$

Bastará, pois, multiplicar a potência da máquina pelo intervalo de tempo do seu funcionamento.

Relação entre o cv e o watt

**54 — Explicação da variação do peso dos corpos com a latitude e com a altitude** — A variação do peso de um corpo com a latitude é devida a duas causas: o achatamento polar da Terra e a força centrípeta proveniente do seu movimento de rotação.

Devido ao achatamento polar, o raio terrestre é menor nos pólos que no equador. Um corpo colocado nos pólos fica, portanto, mais próximo do centro da Terra; e como a força atractiva que esta exerce sobre o corpo varia na razão

inversa do quadrado da distância, o valor do peso do corpo será maior nos pólos, e diminuirá para o equador (fig. 61).

Por outro lado, um corpo colocado á superfície da Terra é arrastado no seu movimento de rotação e esta, portanto, sujeito á acção de uma reacção centrífuga. De-

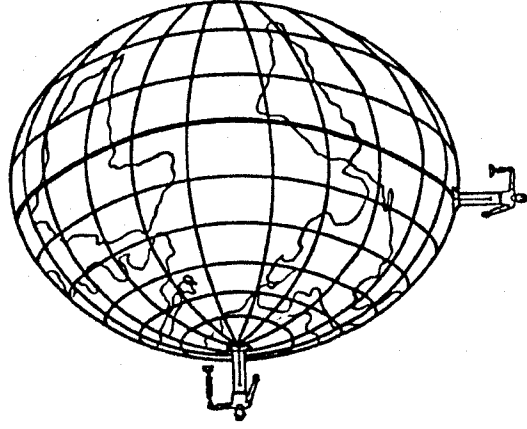


Fig. 61 — O peso de um corpo varia com a latitude. — O mesmo corpo produzirá, num dinamómetro, uma deformação maior nos pólos que no equador.

o seu peso aparente será menor do que se estivesse em repouso, visto que uma parte da atracção newtoniana é necessária para manter o corpo na sua trajectória circular. Sendo, portanto, o peso do corpo a diferença entre a atracção newtoniana e a reacção centrífuga, é evidente que esta do equador para os pólos, onde se anula, é evidente que o peso do corpo deve variar em sentido contrario. Esta diminuição aparente de peso pode comparar-se á que experimentamos quando descemos num elevador que accelera na descida.

## PESO E MASSA

O peso dum corpo varia, também, com a altitude. É fácil compreender que, quanto mais alto se encontrar o corpo, maior será a distância ao centro da Terra, e menor, portanto, a força que esta exerce sobre ele.

**55 — Distinção entre peso e massa.** Chama-se peso de um corpo a força que atrai o corpo para a Terra. Já vimos que o valor desta força aumenta, ligeiramente, quando o corpo se desloca do equador para os pólos, e que diminui quando o corpo é colocado a uma maior altitude. Se, com um dinamómetro muito sensível, fizéssemos sucessivas medições do peso de um corpo, 1 livro de água, por exemplo, em diferentes lugares, encontraríamos valores diferentes.

Chama-se massa de um corpo á quantidade de matéria que o corpo contém. A massa do corpo é uma constante que o caracteriza, e que permanece invariável qualquer que seja o estado em que o corpo se apresenta, ou o lugar em que se encontra.

Assim, por exemplo, o litro de água que consideramos apresenta sempre, em Paris, no equador ou nos pólos, a mesma quantidade da matéria-água, isto é, a mesma massa

Peso e massa são duas grandezas diferentes que importa saber distinguir. O peso é uma força cuja intensidade varia ligeiramente com a posição do corpo em relação á Terra. O peso de um corpo mede-se com um dinamómetro.

A massa é a quantidade de matéria que o corpo contém, a qual, ao contrario do peso, não varia com o lugar que o corpo ocupa em relação á Terra. A massa de um corpo mede-se com uma balança.