



BIBLIOTECA  
DE  
INSTRUÇÃO PROFISSIONAL



FÍSICA  
ELEMENTAR

LIVRARIA BERTRAND  
LISBOA



LIVRARIA BERTRAND, S. A. R. L.  
LISBOA — COIMBRA — FARO

~~S. A~~  
Est. ~~1~~  
Tab. ~~5~~  
N.º ~~49~~

Unidade Orden 199  
Est. 1 Tab. 2 N.º 49





## Obras da Biblioteca de Instrução Profissional

---

- O livro de português**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Aritmética prática**, 10.<sup>a</sup> ed.  
**Álgebra elementar**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Desenho linear geométrico**, 7.<sup>a</sup> ed.  
**Elementos de Projecções**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Física Elementar**, 2.<sup>a</sup> ed.  
**Elementos de Química**, 4.<sup>a</sup> ed.  
**Elementos de Mecânica**, 4.<sup>a</sup> ed.  
**Elementos de Electricidade**, 6.<sup>a</sup> ed., a sair.  
**Elementos de Geometria plâna e no espaço e suas aplicações**, 5.<sup>a</sup> ed.  
**Elementos de modelação de ornato e figura**, 2.<sup>a</sup> ed.  
**Escrituração comercial-industrial**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Desenho de máquinas**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Nomenclatura de caldeiras e de máquinas de vapor**, 3.<sup>a</sup> ed.  
**Problemas de máquinas**, 4.<sup>a</sup> ed.  
**Material agrícola**, 2.<sup>a</sup> ed.  
**Materiais de construção**, 4.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Edificações**, 5.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Terraplenagens e alicerces**, 4.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Alvenaria e cantaria**, 4.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Trabalhos de carpintaria civil**, 6.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Trabalhos de serralharia civil**, 3.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Encanamentos e salubridade das habitações**, 3.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Acabamentos das construções**, 2.<sup>a</sup> ed. (X)  
**Elementos de História da Arte**, 2.<sup>a</sup> ed.  
**Construção naval**, (I vol.).  
**Construção naval**, (II vol.).  
**Construção de navios de madeira.**

**Construção de navios de ferro.**  
**Acessórios dos navios de ferro.**  
**Condutor de máquinas, 5.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Torneiro e frezador mecânicos, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Ferreiro, 4.<sup>a</sup> ed.**  
**Fundidor, 4.<sup>a</sup> ed.**  
**Electricista, 6.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Manual do condutor de automóveis, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Motores de explosão, (combustão interna), 4.<sup>a</sup> ed.**  
**Serralharia mecânica.**  
**Tipógrafo, 2.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Sapateiro, 2.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Navegante, 3.<sup>a</sup> ed.**  
**Pilotagem, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Fogueiro, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Formador e estucador, 2.<sup>a</sup> ed. ✕**  
**Fabricante de tecidos, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Manual de galvanoplastia, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Indústria de cerâmica, 3.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Indústria alimentar, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Indústrias de fermentação, 2.<sup>a</sup> ed.**  
**Indústria de iluminação, 2.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Hulha, (A) 2.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Metalurgia, 2.<sup>a</sup> ed., a sair.**  
**Indústria da Sêda, 2.<sup>a</sup> ed., a sair**  
**Indústria do Vidro.**  
**Elementos de Metalurgia.**  
**Marceneiro.**  
**Fotógrafo.**  
**Cimento Armado, 2.<sup>a</sup> ed. ✕**  
**Topografia e Agrimensura.**  
**Indústria de Sabões e Sabonetes.**  
**Vocabulário Técnico. ✕**

# FÍSICA ELEMENTAR

2.<sup>a</sup> Edição

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL  
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA  
E DA TÉCNICA

---

---





# Biblioteca de Instrução Profissional

FUNDADA POR

THOMAZ BORDALLO PINHEIRO

# FÍSICA ELEMENTAR

POR

199

Mário Valdez Bandeira

Professor efectivo da Escola Industrial «Marquês de Pombal»



UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS

RC  
MAGCT

53

BAN



COMPRA

## Livrarias AILLAUD e BERTRAND

J. Aillaud

PARIS

96—Boulevard du Montparnasse—96  
(Livraria Aillaud)

Aillaud, Limitada

LISBOA

73 — Rua Garrett — 75  
(Livraria Bertrand)

## Livraria FRANCISCO ALVES

Paulo de Azevedo & C.<sup>a</sup>

RIO DE JANEIRO

166 — Rua do Ouvidor — 166

S. PAULO

65 — Rua de S. Bento — 65

BELO HORIZONTE

1055 — Rua da Bahia — 1055

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FÍSICA  
ALameda Caetano de Almeida, 245



## NOTA

---

Nas págs. 65, 66, 67, 84 e 85, em tôdas as fórmulas onde entra a letra  $T$ , rigorosamente, segundo as normas clássicas da mecânica, essa letra devia ter sido substituída pelo sinal  $\tau$ , o qual não foi empregado por não existir nas oficinas tipográficas nacionais.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL  
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA  
E DA TÉCNICA

N.º 199

PREFÁCIO



Encarregado pela ilustrada Direcção da Biblioteca de Instrução Profissional de escrever um novo compêndio de *Física Elementar*, para substituir o antigo livro de *Elementos de Física* desta mesma conceituadíssima colecção, — orientei êste meu trabalho de modo que talvez vá surpreender os espíritos muito afeiçoados à divisão e sistematização impostas até hoje aos diversos assuntos compreendidos na matéria, divisão e sistematização essas tornadas, por assim dizer, clássicas.

Ora, não foi de ânimo leve que o fiz, nem tampouco por impertinente prurido de originalidade. Se tomei esta orientação foi mui reflectidamente e guiado por imperiosas conveniências de ordem pedagógica que a experiência dalguns anos já de magistério desta disciplina na Escola Industrial «Marquês de Pombal» me ditaram.

De facto, considereei que as normas de dispor e concatenar tais conhecimentos, que vemos nos livros destinados aos alunos dos liceus, estão aí muito bem, mas só aí — visto as noções ministradas no ensino secundário não serem para aplicação imediata, limitando se, em geral, a servir de ponte de passagem para os estudos superiores.

É diferente, porém, o nosso caso: a maioria, senão a totalidade, dos indivíduos a quem o presente livro pode interessar é constituída, de um

lado, pelos alunos das escolas industriais e, do outro, pelos autodidactas, isto é, aqueles indivíduos, operários, etc., que por si próprios pretendem instruir-se.

Todos êstes leitores do que necessitam, portanto, é de conhecimentos de natureza prática, facilmente assimiláveis e tendo, sobretudo, em vista a sua imediata aplicação. Nisso pensei constantemente, enquanto escrevi as páginas que se seguem, não hesitando um instante sequer entre o perigo de incorrer nos reparos da crítica apegada aos moldes consagrados e a vantagem enorme de tornar o mais possível útil o meu trabalho, que, embora por vezes repita noções já anteriormente dadas, em capítulos a que elas, em rigor, não pertenciam, o faz de propósito e exactamente com a finalidade de poupar tempo e esforço aos leitores, facilitando lhes assim o estudo da matéria.

Consinta-se-me, por último, que saliente o facto de haver introduzido neste compêndio bastantes noções que ainda não se encontravam nos similares livros nacionais, assim como o recurso frequente à demonstração por meio de esquemas.

Com estas e outras inovações, só diligenciei apresentar uma *Física Elementar* o mais conforme possível com a feição que a Biblioteca de Instrução Profissional desde o seu início mantém.

*Mário Valdez Bandeira.*

# FÍSICA ELEMENTAR

## CAPÍTULO I

### Noções fundamentais



1 — **Matéria e corpo.** — Tudo quanto impressiona os nossos sentidos toma o nome de *matéria*, sendo esta, pois, o que podemos vêr, ouvir, apalpar, saborear ou cheirar.

Conforme o aspecto sob o qual a matéria se nos apresenta, assim se classificam as diferentes substâncias que a constituem: a água, o ar, o ferro, etc.

*Corpo* é uma porção determinada de matéria, que supomos separada do resto dela. Assim, um tubo de ferro é um *corpo*, sendo a substância neste caso o ferro.

Observando certos corpos vemos que êles sofrem diversas modificações, umas apenas de situação, outras também de estrutura. Das primeiras dá-nos exemplo o facto da Terra girar em tórno do seu eixo; e das segundas temos exemplo na transformação em gêlo que sofre a água quando submetida a uma temperatura muito baixa. Estas modificações operadas nos corpos denominam-se *fenómenos*.

Alguns dêsses fenómenos, podemos nós próprios provocá-los, como succede quando queimamos um bocado de madeira, ou deixamos cair um corpo qualquer, ou esticamos um elástico, etc.

Cumpre notar que, se algumas vezes essas transformações são transitórias, como se verifica com

o elástico, o qual, cessando a acção da fôrça que lhe fêz aumentar o comprimento, logo volta ao seu comprimento inicial, outras vezes elas são permanentes, como se dá com o pedaço de madeira a que pegámos fogo: da sua combustão resultou ficar reduzido a cinza, gases e calor.

**2 — Física. Fenómenos físicos.** — A *física* é um dos ramos em que se dividem as Sciências naturais, competindo-lhe estudar os fenómenos que não alteram a constituição íntima dos corpos e bem assim certas das suas propriedades.

Conseqüentemente, *fenómenos físicos* são aqueles em que a substância dos corpos em que êsses fenómenos se produzem não sofre alteração alguma. Exemplifiquemos. Se deixarmos cair um corpo e êle se quebrar, a constituição de cada um dêsses fragmentos será exactamente a mesma que a do aludido corpo quando inteiro, isto é, antes da queda. Se aquecermos uma barra de cobre, ela dilatar-se-á, readquirindo, porém, a forma e o tamanho primitivos logo que cesse a acção do calor. A porção de água que pela acção do frio (o qual vem a ser apenas uma deminuição de calor) se converter em gêlo, desde que experimente um aumento de temperatura voltará ao seu estado líquido, aparecendo-nos de novo como água.

Uma característica dos fenómenos físicos é êstes serem *reversiveis*, isto é, um corpo sujeito a um fenómeno dessa índole pode alterar então algumas das suas propriedades, mas, se as condições anteriores do corpo vierem a restabelecer-se por completo, êle readquirirá as suas antigas propriedades. O terceiro dos exemplos apresentados demonstra bem a *reversibilidade*.

**3 — Química. Fenómenos químicos.** — Em opposição aos fenómenos físicos, há os *fenóme-*

*nos químicos*, os quais, como facilmente se depreende, são aqueles que ao actuarem sôbre um corpo produzem a alteração da sua constituição íntima. O ramo das sciências naturais que se applica a estudá-los chama-se *química*, pertencendo-lhe, portanto, o estudo não só da natureza e de muitas das propriedades dos corpos, como também das leis das suas combinações e decomposições.

A combustão dum corpo, a ferrugem que se forma sôbre o ferro exposto ao ar húmido, — eis dois exemplos de fenómenos químicos. As transformações aqui produzidas são permanentes.

Mas é tam-sòmente da Física e dos seus fenómenos que o presente livro se ocupa, pelo que a alusão à sciência química veio aqui apenas por mera incidência e para definir fronteiras de campos diversos, embora relacionados, do conhecimento.

#### 4 — Os três estados físicos da matéria. —

Todos os corpos que nos cercam se apresentam num dos seguintes estados: *sólido*, *líquido* ou *gasoso*.

Vamos proceder ao estudo das propriedades de cada um dêles.

No *estado sólido*, os corpos têm forma e volume definidos ou determinados. Assim, um lapis apparece-nos com uma certa forma e um volume que podemos medir, o mesmo sucedendo com uma chapa de vidro ou um pedaço de zinco, etc.

No estado de que estamos tratando, a forma e o volume dos corpos só se modificam se exercermos um considerável esforço sôbre êles.

Alguns corpos apresentam-se-nos com formas geométricas regulares: por exemplo, a Pirite de Ferro e a Galena (minério de chumbo) mostram-se às vezes com a forma dum cubo, e o diamante com a dum octaedro. Outras vezes as referidas

formas, em lugar de serem simples, tomam aspectos mais complexos, entrando no seu conjunto faces que pertencem a diferentes sólidos (1). Os corpos que têm formas geométricas definidas chamam-se *crístais*; os que as não possuem dizem-se *amorfos*.

No *estado líquido* os corpos têm forma variável e volume fixo. Um litro de água ocupa sempre o mesmo volume, quer esteja contido num tanque quer num pequeno tubo. Nestes casos, o que varia é a forma do recipiente e, por isso mesmo, também a forma do líquido. Daqui não terem os líquidos forma própria, pois ela é determinada sempre pela do vaso que os contém.

No *estado gasoso*, então, os corpos não têm forma nem volume próprios e determinados, em virtude de uma propriedade que se denomina *fôrça elástica* e que dá aos gases a tendência de occuparem o espaço onde existam. Se o reservatório que os guarda aumenta de capacidade, êles dilatam-se de modo a encherem completamente o referido reservatório; ao invés, se a capacidade dêles diminui, os gases diminuem também de volume. O ar, o gás illuminante, o oxigénio, etc., são exemplos de corpos no estado gasoso.

**5 — Mudanças de estados da matéria.** — O calor e a pressão, como mais adiante veremos, são suficientes para fazerem passar de um estado a outro uma grande parte dos corpos.

Tomando um bloco de gelo, basta o calor ambiente para o converter em estado líquido; e se aquecermos a água assim obtida pela fusão do gelo, veremos dentro em pouco esta ferver e trans-

---

(1) A palavra *sólido* tem aqui a acepção que lhe attribui a geometria: um corpo limitado por superfícies.



formar-se em vapor, o qual tomará o aspecto de ténue fumo branco. E se persistirmos nesse aquecimento, chegar-se-á ao ponto de vermos todo o líquido convertido em vapor de água, tendo-se assim realizado, com o auxílio do calor, uma *mudança de estado* da matéria. O mesmo fenómeno obteremos se procedermos a idênticas operações com um pedaço de zinco : colocado êle num cadinho e aquecido êste a temperatura conveniente para o efeito, fá-lo-emos, primeiro, passar ao estado líquido e, depois, ao estado gasoso ou de vapor, se até aí quisermos levar a nossa experiência.

#### 6 — **Propriedades físicas da Matéria.** —

Denominam-se assim as diferentes maneiras por que a matéria impressiona os nossos sentidos, por intermédio dos órgãos da vista, do olfacto, do sabor, do tacto e do ouvido.

As propriedades dos corpos materiais dividem-se em *gerais* e *particulares*. Dizem-se *gerais*, quando são comuns a todos os corpos materiais ; *particulares*, quando pertencem só a determinados dêsses corpos.

#### 7 — **Extensão. Processos e aparelhos próprios para a medir.** —

Todos os corpos occupam uma porção de espaço, tendo por êsse motivo uma certa extensão.

O espaço tem três dimensões, e qualquer corpo, por mais pequeno que seja, conta também três dimensões, as quais são comprimento, largura e espessura, formando pois um certo volume. A extensão é uma propriedade geral da matéria. A medida de qualquer dimensão é uma operação fundamental da física prática. Executa-se ela tomando por termo comparativo o metro e seus múltiplos e submúltiplos.

O metro em forma de vâra ou de régua, todos

nós o conhecemos bem, para que seja necessário perdermos agora tempo em explicá-lo com minúcia, o mesmo sucedendo com o de fita de aço ou de pano, que um preparado especial reveste. Existem também, para uso corrente, sobretudo na medição de terrenos, múltiplos do metro, em forma de cadeia ou de fita, assim como seus submúltiplos, de que é exemplo o duplo decímetro, que toda a pessoa que desenha deve possuir. Mas todos estes aparelhos, de construção e manejo bem simples, se encontram já descritos na *Geometria* desta Biblioteca, razão por que passamos a falar doutros que, sendo também indispensáveis, são contudo menos vulgares. São eles a *escala inglesa*, o *calibre de precisão com nônio* e o *micrómetro*.



Fig. 1 — Escala inglesa

A *escala inglesa*, Fig. 1, é uma régua de aço graduada em polegadas e suas frações de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$ ,  $\frac{1}{64}$ , havendo também algumas que apresentam uma graduação do sistema métrico, além da graduação inglesa. Os comprimentos das escalas variam entre 3 e 24 polegadas, sendo cada polegada igual a  $2,539954$  cm. A escala inglesa é muito utilizada pelos operários mecânicos, pelos electricistas, etc.

Antes de descrevermos o *calibre de precisão*, vamos tratar do *nônio*, que foi inventado pelo grande matemático e astrónomo português Pedro Nunes. É um dispositivo que, aplicado numa régua graduada, nos permite obter uma medida com uma

aproximação até à décima ou vigésima parte de uma dessas divisões da régua.

Exemplifiquemos. Possuindo uma régua *A* graduada em milímetros, *fig. 2*, desejamos obter o comprimento *C* com uma aproximação até decimilímetros. Para isso adaptamos à régua uma corredeja que tem o comprimento de 9 milímetros e está dividida em 10 partes iguais. Cada divisão da corredeja vale  $9/10$  do milímetro, como é fácil de ver

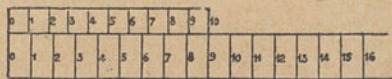


Fig. 2 — Nônio

É esta corredeja que tem o nome de *nônio*. Para medirmos o comprimento *C*, fazemos coincidir uma das extremidades do corpo com o *zero* da régua e deslizamos o *nônio* ao longo desta até o encostarmos à outra extremidade do referido corpo. Depois procedemos à leitura da régua e do *nônio*. O comprimento em vista é igual a  $4^{\text{mm}}$  e mais uma fracção, a qual nos é dada pela coincidência da divisão do *nônio* com a divisão da régua. O traço coincidente é, neste caso, o 5.<sup>o</sup>, o que quer dizer que a fracção procurada é igual a  $5/10$  do milímetro, donde o comprimento do corpo em questão ser de  $4^{\text{mm}}$  mais  $0,^{\text{mm}}5$ , ou sejam 4 milímetros e meio.

O processo, como se vê, é rápido e rigoroso.

O *Nônio* também pode ser aplicado para medir arcos de círculo, e neste caso tem forma circular e mede até décimos ou vigésimos do grau.

A natureza do *Nônio* é expressa pelo número indicativo da fracção da unidade que êle é capaz de medir. Exemplo:  $1/10$ ,  $1/20$ .

O *Nônio* é aplicado em quasi todos os aparelhos

de precisão, tais como calibres de precisão, barómetros, taqueómetros, sextantes, etc.

O *calibre de precisão* é constituído por uma régua de aço, *fig. 3*, que tem numa extremidade uma

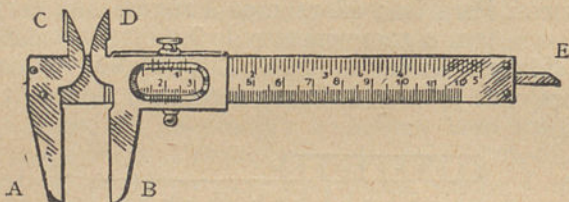


Fig. 3 — Calibre de precisão com cursor

espera em ângulo recto e que está colocada de modo que, quando a parte móvel estabeleça contacto com ela, o zero da régua coincida com o zero do cursor, ou seja do *nónio*. O processo de leitura e de operar é idêntico ao acima descrito para o *Nónio* aplicado numa régua simples.

O *calibre de precisão* emprega-se para medir comprimentos, espessuras, diâmetros de furos, podendo até medir-se profundidades com alguns dêes.

O *micrómetro* é formado por um parafuso, cujo passo é igual a  $1^{\text{mm}}$  ou a  $\frac{1}{2}$  milímetro, e que se

encontra atarraxado numa das pernas duma peça talhada em U, *fig. 4*, havendo na outra perna, e exactamente em frente da extremidade do parafuso

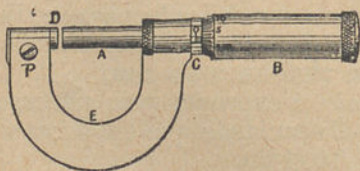


Fig. 4 — Micrómetro

A, um esbarro regulável D. O parafuso termina do lado oposto por um cilindro B e apresenta uma graduação que contém 50 ou mais partes iguais; a

parte *C* é fixa e tem uma escala em milímetros ou  $\frac{1}{2}$  milímetros.

Quando se faz uma rotação completa do parafuso, a extremidade *A* avança ou recua  $1^{\text{mm}}$ , no caso do passo ser de  $1^{\text{mm}}$ ; se em vez de uma volta fizermos um deslocamento de  $1/10$  de volta, a peça *A* avançará ou recuará  $1/10$  de mm., razão por que podemos, devido ao parafuso, produzir deslocamentos muito pequenos. Os deslocamentos de uma ou mais voltas completas são lidos na escala rectilínea; e os das fracções de volta, na que é gravada no cilindro, a qual, quando dividida em 50 partes, nos dá com todo o rigor  $1/50$  do milímetro.

O micrómetro ou *Palmer* serve para determinar o diâmetro duma esfera, a espessura duma chapa, o diâmetro dum fio. Quando montado em braços especiais, serve para medir grandes diâmetros de veios, etc.

8 — **Impenetrabilidade.** — É uma propriedade geral da matéria, que significa não poder uma dada porção de espaço ser ocupada ao mesmo tempo por dois corpos diferentes.

Quando queremos colocar um corpo no lugar de outro, temos de retirar o primeiro. Embora todos nós tenhamos intuitivamente a noção desta propriedade da matéria, achamos conveniente acentuá-la por meio dalgumas experiências simples que a demonstram.

Se quisermos encher um balão de vidro com água, teremos de expulsar primeiro o ar que está dentro do balão: por este mesmo motivo é que, quando enchemos um recipiente com o auxílio de um funil, se torna necessário levantarmos este um pouco, para assim deixar sair o ar, o qual, devido à impenetrabilidade, dificultará a entrada do líquido. Se deitarmos água num copo até êle ficar bem

cheio e se resolvermos depois deitar no líquido, por exemplo, um bocado de chumbo, veremos que o líquido trasborda e que o seu volume extravasado é exactamente igual ao volume do corpo ali introduzido. Estas duas experiências provam bem a impenetrabilidade da matéria.

9 — **Divisibilidade da matéria.** — A matéria é divisível, propriedade esta que a experiência a cada passo nos ensina, pois todo o corpo é susceptível de ser dividido em um grande número de partes, obtendo-se mesmo fragmentos com dimensões mínimas. Uma porção de cré pode ser finalmente pulverizada, ficando em partículas muitíssimo pequenas. Com uma lima podemos produzir lima-lha de ferro também muito miuda, e, quanto ao ouro, é possível reduzi-lo a lâminas da espessura de  $1/1000$  de mm. As matérias corantes dão-nos, igualmente, um sem número de exemplos da *divisibilidade da matéria*: assim, um centígrama de carmim é capaz de corar um litro de água.

10 — **Partículas.** — Os corpos materiais são constituídos por uma reunião de pequenas partes, que se chamam partículas. Estas estão ligadas entre si devido a uma força chamada *coesão*. Esta força tem pequena intensidade nos gases, nos quais quasi se pode dizer que é anulada pela força elástica. Nos líquidos já a coesão é mais sensível, mas onde ela é verdadeiramente soberana é nos corpos no estado sólido. Conforme a intensidade da coesão, assim um corpo tem uma maior ou menor constância de forma, ou rigidez.

11 — **Aderência.** — Consiste a *aderência* na força de atracção que existe entre partículas de corpos diferentes. Exemplos: o giz adere à ardósia; a água adere a uma vareta. Igualmente as tintas,

as colas e os vernizes podem ser considerados como exemplos da aderência.

A aderência dá-se também entre corpos constituídos pela mesma substância: duas lâminas de vidro, quando sobrepostas, aderem de tal modo que é bastante difícil separá-las; e dois blocos de chumbo com faces pulidas aderem tanto, que podem mesmo suportar uma grande carga antes de se separarem.

É por este motivo que, nas máquinas, os veios são de aço e as chumaceiras que estão em contacto com êles são, em geral, de bronze, de cobre ou de metal anti-fricção, etc.; pois, se empregássemos numas e noutras peças só o aço, as fôrças de aderência impediriam o movimento dos eixos. Impõe-se portanto o emprêgo de metais diferentes.

12 — **Moléculas.** — Por mais pequena que seja uma partícula, podemos sempre imaginar a existência doutra ainda menor do que ela. O estudo dos fenómenos físicos e químicos obrigou-nos a admitir a divisibilidade dum corpo até chegarmos a partículas extremamente pequenas, que se convencionou tomar como unidades materiais, dando-se-lhes o nome de *moléculas*. Estas não se podem subdividir sem que se altere a substância que as constitui.

13 — **Átomos.** — A química divide os corpos em duas espécies: corpos simples e corpos compostos. O cobre, o zinco, o ferro, o oxigénio, etc., são corpos simples.

Como exemplos de corpos compostos podemos citar os ácidos, a água, o calcáreo, etc.. A química considera a molécula formada de pequenos elementos, que se chamam *átomos*, estando êstes ligados entre si, por atracções que têm o nome de *afinidades químicas*. As moléculas dos corpos simples são um

conjunto de átomos da mesma natureza, dois em geral ; as moléculas dos corpos compostos compreendem um número maior de *átomos* e de natureza diferente. O *átomo* de qualquer substância tem uma massa ou pêso determinado.

Presentemente admite-se ser o *átomo* uma reunião de numerosos corpúsculos, os quais têm cargas eléctricas e recebem o nome de *iões*.

14 — **Poros físicos.** — As partículas dos corpos não conseguem um contacto perfeito entre si. Há entre elas intervalos pequenos, tão pequenos mesmo que a nossa vista os não descobre. Mas um grande número de experiências, das quais citaremos abaixo uma bem simples, provam a existência desses minúsculos intervalos, os quais têm o nome de *poros físicos*.

Se dentro dum recipiente deitarmos um litro de água e em seguida lhe adicionarmos um litro de álcool, ao medirmos o volume da mistura encontraremos um volume inferior a dois litros, isto devido à existência dos *poros físicos*, pois a matéria, como já se disse, é impenetrável. O sal das cozinhas ou o açúcar, quando deitados em água, dissolvem-se, sem que de aí resulte aumento de volume apreciável, em consequência de tanto o sal como o açúcar terem poros físicos. Os gases também os têm.

15 — **Porosidade.** — Esta é a propriedade que certos corpos possuem de os seus poros serem atravessados pelos líquidos e pelos gases. A nossa pele, a madeira, etc., são exemplos de corpos porosos.

16 — **Absorção.** — Muitos corpos porosos há que têm a propriedade de conservar nos seus poros certas quantidades de líquido e de gás. O carvão de madeira absorve com facilidade gases dife-



rentes, gases que se libertam quando êle é aquecido. O negro animal (ossos calcinados) absorve as matérias cõrantes, o que determina o seu largo emprego na indústria. Muitas substâncias porosas absorvem a água, como, por exemplo, as madeiras, o papel, certas fibras, etc. As substâncias que absorvem a humidade atmosférica chamam-se *higroscópicas*.

17 — **Compressibilidade.** — Todos os corpos, quando submetidos a uma determinada compressão, deminuem de volume. Os corpos não se comprimem todos na mesma proporção, variando a *compressibilidade* segundo os estados da matéria.

Os gases são os mais compressíveis. A redução de volume é sempre acompanhada de um certo aumento de calor, como se verifica na experiência seguinte. Se no fundo dum tubo de vidro, *fig. 5*, que constitui o corpo de bomba do fusil de ar, collocarmos um bocado de algodão embebido em éter e exercermos uma forte pressão sôbre a haste do êmbolo, êste comprime o ar que está dentro do corpo da bomba, e o calor que então se desenvolve é tanto que o algodão incendeia-se.

O líquidos comprimem-se muito pouco; e, quanto aos sólidos, a sua compressibilidade é bastante variada.

18 — **Elasticidade.** — Denomina-se assim a propriedade que os corpos têm de deixarem modificar a sua fórma ou o seu volume, readquirindo-os, tais como eram primitivamente, logo que cessa a causa que produziu essa alteração. Mais adiante estudaremos, a preceito, a elasticidade do volume e a da fórma.



Fig. 5  
Fusil de ar

19 — **Maleabilidade.** — É a propriedade que possuem os metais de serem reduzidos a lâminas. Emprega-se para isso uma máquina chamada laminador, *fig. 6*, a qual é constituída por dois ci-

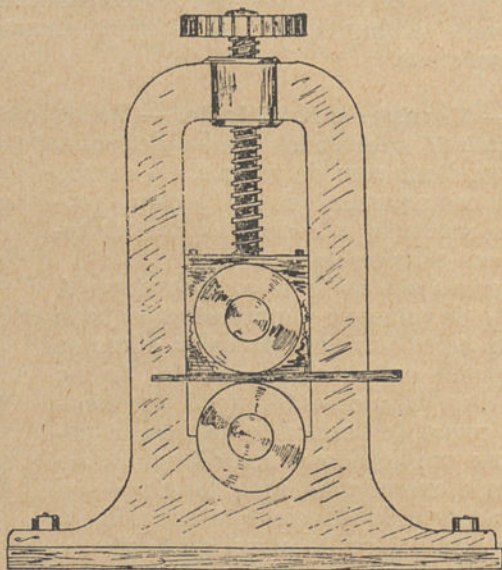


Fig. 6 — Laminador

lindros que têm movimentos em sentidos opostos. A lâmina do metal a laminar mais fino é metida por um lado como mostra a referida gravura, e sai pelo lado oposto com muito menor espessura, em virtude da pressão exercida sobre ela pelos cilindros do aparelho. Esta operação é feita, em geral, a quente.

20 — **Ductilidade.** — Chama-se assim a propriedade que os metais têm de serem reduzidos a fios mais ou menos delgados.

Emprega-se para êsse efeito a fieira, *fig. 7*, onde o fio de grande diâmetro que se pretende reduzir é puxado através de um pequeno orifício.

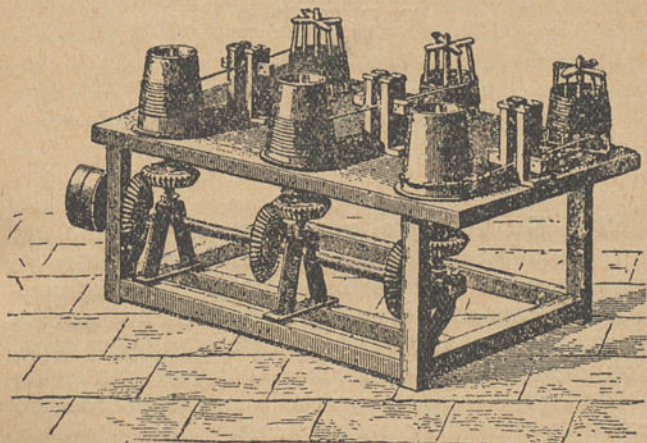


Fig. 7 — Fieira

A côr, a fôrma, o brilho, a dureza, a têmpera, a solubilidade, o Revenir (1), a condutibilidade para o calor e para a corrente eléctrica, etc., são outras propriedades particulares da matéria, que mais adiante estudaremos.

---

(1) — *Revenir*, termo usado nas oficinas metalúrgicas e que significa o recozimento do metal.

## CAPITULO II

### Movimentos e suas leis

21 — **Movimento e repouso.** — Quando um corpo muda sucessivamente de lugar no espaço, diz-se que êle está em movimento. Podemos verificá-lo tomando como referênciã certos pontos marcados no próprio corpo e outros, também fixos, fora d'êle: se as distâncias entre os pontos do corpo e os estranhos variam, é porque o aludido corpo se encontra *em movimento*.

Quando, pelo contrário, essas distâncias se mantêm iguais, diz-se que o corpo está *em repouso*.

Esta noção de movimento e de repouso é apenas relativa. Efectivamente, apesar de não vermos a Terra mover-se, sabemos que tudo quanto está sôbre ella, e embora pareça a nossos olhos parado ou em repouso, participa dos seus movimentos.

22 — **Móvel e trajectória.** — Todo o corpo posto em movimento tem o nome de *móvel*.

A linha descrita por qualquer ponto dum móvel denomina-se *trajectória* d'esse ponto.

As trajectórias podem ser *rectilíneas* ou *curvilíneas*. São rectilíneas quando o móvel a que dizem respeito se desloca sempre na mesma direcção; curvilíneas, se a direcção do movimento muda a cada instante. Descrevendo curvas como as das circunferências, das parábolas, das elipses ou das hélices, os movimentos correspondentes podem en-

tão chamar-se, respectivamente, circulares, parabólicos, elípticos, e helicoidais. Um combóio em marcha tem movimento rectilíneo quando segue em carris em linha recta, passando a tê-lo curvilíneo quando a via se apresenta em curva. É rectilíneo o movimento duma pesada esfera de ferro que cai; porém, o movimento dum projectil arremessado obliquamente é curvilíneo, porque a sua *trajectória* é uma parábola.

23 — **Inércia.** — Nenhum corpo pode por si só, isto é, sem a intervenção de qualquer agente estranho e adequado, modificar o seu estado de repouso ou de movimento. Este princípio, que constitui a base de tôdo a mecânica, formulou-o Galileu, célebre matemático, físico e astrónomo, que viveu em Itália nos séculos XVI e XVII e a quem a humanidade deve a descoberta de muitas das leis que regulam a dinâmica moderna, assim como a invenção do termómetro, da balança hidrostática, da luneta astronómica, etc.

A primeira parte dêste princípio, ou seja a que trata dos corpos em repouso, é intuitiva. Todos a compreendemos facilmente, pois é da observação de todos os instantes que um corpo estando em repouso permanecerá sempre nesse estado desde que sobre êle não seja feito qualquer esforço. Já a segunda parte, a que nos diz que um móvel não pode espontâneamente modificar o seu estado de movimento, carece de maior explicação, que vamos fornecer por meio do exemplo seguinte.

Lançando nós uma esfera de madeira sobre uma chapa de vidro, ela percorrerá uma certa distância. Se a lançarmos depois, e empregando exactamente o mesmo esforço, sobre uma estrada, veremos que a distância agora percorrida é muito mais curta. É que a resistência oferecida ao rolamento da dita esfera é maior no segundo caso do que no pri-

meiro. Houve, assim, uma causa a impedir o perpétuo movimento da esfera, quer sôbre a chapa quer sôbre a estrada, e essa causa foi, além da resistência do ar, a proveniente das naturais mas diferentes asperezas duma e doutra superfícies, bem maiores na terra da estrada, que geralmente é áspera, do que na face do vidro, que raro deixa de ser pulida e lisa.

Daqui dever concluir-se que, quanto menor é o atrito dos outros corpos que estejam em seu contacto, maior será a duração do movimento de determinado corpo, e que, se não existisse acção nenhuma contrária à sua marcha, êsse movimento, desde que iniciado, seria indefinido.

Resumindo, diremos, pois, que *inércia* é a propriedade que têm todos os corpos de persistirem no estado de repouso ou de movimento, até que surja uma causa exterior que os tire de qualquer dêsses estados.

24 — **Fôrça.** — É assim que se chama tôda a causa exterior capaz de determinar a alteração do estado de repouso ou de movimento rectilíneo e uniforme dum móvel, umas vezes fazendo mover o corpo que se encontra parado ou aumentar a rapidez do seu movimento, e outras fazendo-o parar, ou deminuir a velocidade com que êle se desloca.

São exemplos de fôrças: a atracção que a Terra, segundo leis que adiante estudaremos, exerce sôbre todos os corpos e que faz com que um lapis ou outro qualquer objecto que se deixe cair se dirija directamente para o solo, atracção a que se dá o nome de *gravidade*; a nossa energia muscular, que nos permite deslocar um grande número de corpos, determinando-lhes, assim, diversos movimentos; o vento que actua nas velas dos moínhos e que as faz rodar; etc.

**25 — Unidades de medidas dos movimentos dos corpos.** — Para o estudo exacto dos movimentos da matéria, necessitamos de ter uns certos valores de referência, ou seja, certas unidades de medida dêsses movimentos. Elas existem e são expressas pelo *centímetro* e pelo *segundo*.

Representa aquella a medida de comprimento linear, isto é, a que mede o caminho percorrido por um móvel, servindo a outra para medir o tempo que o mesmo móvel leva a percorrer êsse caminho. As duas noções que regulam a avaliação dos movimentos são, portanto, a de *Espaço* e a de *Tempo*.

O *centímetro linear* é a centésima parte do *Metro Internacional*, ou seja da distância compreendida entre os eixos dos dois traços extremos marcados na medida fundamental do sistema de pesos e medidas usado, por acôrdo entre elas, pela maioria das nações. A essa medida chama-se, por isso mesmo, o *metro padrão*.

O segundo é a sexagésima parte do minuto, ou seja  $\frac{1}{3600}$  da hora, ou ainda  $\frac{1}{86400}$  do dia solar médio.

A estas noções podemos adicionar as seguintes, que completam o assunto.

*Origem dos espaços*, é o ponto a partir do qual começamos a marcar os espaços percorridos pelo móvel.

*Origem dos tempos*, é o instante a partir do qual começamos a contar o tempo que o móvel leva nesses percursos.

Os espaços medem-se com o metro ou seus múltiplos e submúltiplos; o tempo mede-se em horas, minutos e segundos, com o auxílio de um relógio ou, o que é melhor, com o dum cronómetro, instrumento de precisão adequado ao efeito.

**26 — Movimento rectilíneo uniforme.** — Quando um móvel se desloca sempre em linha

recta e sempre com a mesma *rapidez*, (1) isto é, quando percorre espaços iguais em tempos iguais, diz-se que o seu movimento é *uniforme*.

A relação existente entre o espaço percorrido e a unidade de tempo, chama-se *velocidade*.

Assim, no fim de um número  $t$  de segundos, o espaço total percorrido será igual a tantas vezes o espaço percorrido num só segundo quantos os segundos que o móvel levou a percorrer êsse caminho todo. De aqui poderemos estabelecer a fórmula

$$E = V \times T$$

como a que nos dá o espaço percorrido por qualquer corpo animado de movimento rectilíneo uniforme.

Exemplifiquemos. Um combóio percorreu 75 km., das 11 às 12 horas, isto é, numa hora, pelo que percorrerá 150 km., das 12 às 14 horas.

Um móvel anda 2 metros em 1 segundo, 4 metros em 2 segundos, 6 em 3 segundos, e assim por diante, pelo que, achadas as relações entre os espaços percorridos e os tempos respectivamente gastos, teremos as fracções seguintes:

$$\frac{2}{1}, \frac{4}{2}, \frac{6}{3}$$

Verificando serem estas fracções tôdas iguais, podemos representá-las pela fracção genérica  $\frac{E}{T} =$   
 $=$  constante.

Em suma, no movimento uniforme, isto é, que tem uma única fórma, a velocidade é sempre a mesma.

---

(1) Empregámos até aqui a palavra *rapidez* como termo auxiliar, visto ela não ter significado na Mecânica; apreciando agora as noções de *velocidade* e *aceleração*, doravante dispensámo-la.



O andamento de um relógio, se êle nunca se adiantasse ou atrasasse, seria um excelente exemplo do movimento uniforme.

### 27 — Movimento uniforme acelerado. —

Um móvel tem êste movimento quando a velocidade vai aumentando proporcionalmente à duração do movimento.

O aumento de velocidade por segundo tem o nome de *aceleração*. Temos um móvel que tomou a velocidade de 10 metros no fim do 1.º segundo, e a de 12m no fim do 2.º segundo, e a de 14m no fim do 3.º segundo ; êste corpo tem um movimento que classificamos de uniformemente acelerado, pois a sua velocidade foi aumentando sempre, na mesma quantidade por cada segundo.

Vamos, pois, determinar a fórmula que nos dá o espaço percorrido por um móvel animado dêste movimento. Imaginemos que um corpo em repouso entra em movimento uniformemente acelerado e, ao fim do 1.º segundo, adquire uma certa velocidade que é igual à aceleração, a qual designamos por  $a$ .

Chama-se *velocidade média*, nestes movimentos, à velocidade que deverá ter um determinado móvel para, em movimento uniforme, percorrer, no mesmo tempo, o mesmo espaço.

A velocidade média dentro dêste 1.º segundo será a média da soma das duas velocidades, inicial e final, ou seja  $\frac{0^m + a^m}{2}$ , visto o movimento ser uniformemente acelerado. Como, porém, sabemos que o espaço percorrido num segundo, em movimento uniforme, é igual à velocidade, o espaço percorrido pelo móvel será, portanto, no primeiro segundo igual à mesma quantidade, isto é  $\frac{0^m + a^m}{2}$ , quer em movimento uniforme, quer no movimento uniforme-

mente acelerado acima indicado. Assim, o espaço percorrido em movimento uniformemente acelerado dentro de um segundo, é igual à média das acelerações no princípio e no fim do mesmo segundo. O espaço percorrido no 1.º segundo por um móvel será, pois,  $\frac{0^m + a^m}{2}$ . No fim do 2.º segundo a velocidade será  $2a$  e o espaço percorrido  $\frac{a + 2a}{2}$ ; a velocidade no fim do 3.º segundo será  $3a$ , pelo que o espaço percorrido durante êle será  $\frac{2a + 3a}{2}$ ; etc.. Agora, resumindo estas noções, vamos determinar os espaços percorridos durante 1, 2, 3, 4, ...  $t$  segundos :

Espaço percorrido em 1 segundo

$$\frac{a}{2}$$

Espaço percorrido em 2 segundos

$$\frac{a}{2} + 3 \frac{a}{2} = 4 \frac{a}{2} = 2^2 \frac{a}{2}$$

Espaço percorrido em 3 segundos

$$4 \frac{a}{2} + 5 \frac{a}{2} = 9 \frac{a}{2} = 3^2 \frac{a}{2}$$

Espaço percorrido em 4 segundos

$$9 \frac{a}{2} + 7 \frac{a}{2} = 16 \frac{a}{2} = 4^2 \frac{a}{2}$$

Espaço percorrido em 5 segundos

$$16 \frac{a}{2} + 9 \frac{a}{2} = 25 \frac{a}{2} = 5^2 \frac{a}{2}$$

E assim por diante, pelo que o espaço em relação a  $t$  segundos pode ser designado por

$$e = t^2 \frac{a}{2} = \frac{1}{2} a t^2$$

fórmula esta que nos dará sempre o espaço percorrido por um móvel animado de Movimento Uniformemente Acelerado, e que nos diz que êsse espaço é proporcional à aceleração e também ao quadrado dos tempos gastos em percorrê-los. A velocidade no movimento uniformemente acelerado é ainda directamente proporcional ao tempo e à aceleração :

$$V = AT$$

### 28 — Representação gráfica do movimento uniforme.

— Tracemos duas semi-rectas,  $OX$  e  $OY$ , *fig. 8*, que sejam perpendiculares entre si. Na semi-recta  $OX$

marquemos segmentos que representam segundos, ou sejam unidades de tempo; e na semi-recta  $OY$  outros segmentos, representativos de unidades de comprimento; o ponto  $O$  será a origem dos espaços e dos tempos. Queremos, por exemplo, representar o Movimento Uniforme de um móvel que percorreu a distância de 6 metros em 8 segundos. Marcamos na recta

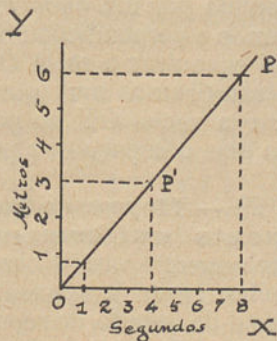


Fig. 8 — Gráfico do movimento uniforme

$OX$  o número de segundos que o móvel levou a fazer o trajecto, e por êsse ponto levantamos uma perpendicular a  $OX$ ; em seguida, vamos à linha onde estão marcados os espaços e procuramos o número 8 metros, tirando por êsse ponto uma perpendicular a  $OY$ , perpendicular esta que vai encontrar a outra num ponto,  $P$ . Unindo êsse ponto com  $O$ , obteremos uma semi-recta que representa a velocidade do movimento dado. Com o mesmo gráfico

poderemos sempre determinar o espaço percorrido por um móvel durante um certo tempo, assim como poderemos também determinar o tempo que qualquer móvel leva a percorrer um determinado espaço. A velocidade é-nos dada pelo caminho percorrido pelo móvel durante um segundo.

Por meio da fórmula  $E=VT$ , podemos achar o valor de  $V$ ,  $V=\frac{T}{E}$ ; e o valor de  $T$ , que nos é dado pela igualdade  $T=\frac{E}{T}$ ; também, como acabamos de vêr, podemos calcular o espaço, o tempo, ou a velocidade, recorrendo a êsse mesmo gráfico. Por exemplo: desejando determinar o espaço percorrido por um dado móvel em 4 segundos, levantamos a perpendicular pelo ponto número 4.<sup>s</sup>, a qual vai encontrar a recta  $OP$  num ponto  $P'$ , e por êsse ponto tiramos uma paralela a  $OX$ , que vai encontrar a recta  $OY$  no ponto indicativo de 3 metros, ou seja o espaço que pretendíamos obter.

**29 — Representação gráfica do movimento uniformemente acelerado.** — Primeiramente, vamos construir o gráfico das velocidades neste movimento. Como o móvel, *fig. 9*, parte do estado de repouso, terá a origem dos tempos em  $O$  e a velocidade zero. Imaginemos que o móvel atinge a velocidade de 20 metros por segundo, no fim de 10 segundos. Marcamos na linha  $OY$  um segmento, que representa gráficamente a velocidade, e para isso procuramos o ponto 20 metros e levantamos nesse ponto uma perpendicular a  $OY$ ; em seguida vamos à linha  $OX$  e procuramos o ponto 10 segundos, levantado por êle a perpendicular a  $OX$ , que encontra a primeira em  $P$ . Unindo êste ponto com  $O$ , temos uma linha que representa a velocidade no movimento dado, que é um Movimento Uniformemente Acelerado. Com êste gráfico

podemos determinar a velocidade dum móvel num certo instante, assim como obter o número de segundos decorridos quando o móvel adquire uma certa velocidade.

Este gráfico diz-nos também que a velocidade é proporcional ao tempo, e como o aumento de velocidade por segundo também é directamente proporcional ao tempo, podemos escrever o seguinte:  $V = AT$ .

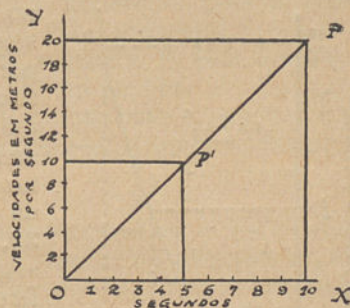


Fig. 9—Gráfico das velocidades do movimento uniformemente acelerado

Querendo, por exemplo, calcular a velocidade dum dado móvel no fim de 5 segundos, pelo ponto 5 segundos levantamos uma perpendicular a  $OX$ , a qual vai encontrar  $OP$  em  $P'$ ; por êste ponto tiramos depois uma paralela a  $OX$ , a qual vai interceptar  $OY$  no ponto correspondente a 10 metros. Com êstes elementos, temos a velocidade procurada.

Tratemos agora da *representação gráfica dos espaços percorridos* por um móvel animado de movimento uniformemente acelerado. Traçamos as duas semi-rectas, *fig. 10*, como fizemos nos casos antecedentes. Na linha  $OX$  marcamos os tempos, e para isso dividimo-la em segmentos representativos de segundos, e na  $OY$  os espaços percorridos durante 1, 2, 3, 4, etc., segundos. O espaço percorrido no fim do 1.º segundo, é, como já se disse,

$\frac{a}{2}$ ; na recta  $OX$ , no ponto que marca o 1.º segundo, levantamos uma perpendicular, e pelo ponto  $\frac{a}{2}$  outra perpendicular a  $OY$ , a qual vai encontrar

a anteriormente traçada no ponto *A*; o espaço percorrido no fim do 2.º segundo é, como já sabemos,

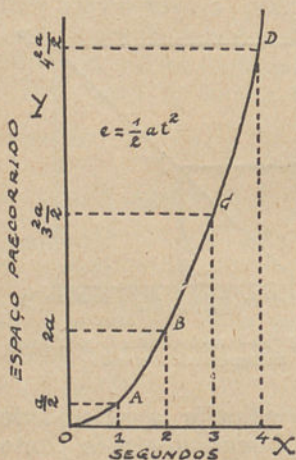


Fig. 10—Gráfico dos espaços no movimento uniformemente acelerado

$2a$ , pelo que na recta  $OX$ , no ponto que marca o 2.º segundo, levantamos uma perpendicular, e pelo ponto que marca  $2a$  traçamos outra a  $OY$ , a qual vai por sua vez encontrar aquela no ponto *B*; procedendo da mesma fôrma para o 3.º, 4.º, 5.º e segundos seguintes, obteríamos diferentes e sucessivos pontos, os quais, sendo unidos, dariam uma curva, que representava a lei dos Espaços.

Temos tratado do movimento uniformemente acelerado, no qual a aceleração tem sempre um valor positivo. No movimento uniformemente retardado dá-se exactamente o contrário: neste a aceleração tem um valor negativo.

**30 — Movimento uniformemente retardado.** — Um móvel tem êste movimento quando a sua velocidade vai diminuindo proporcionalmente à duração do movimento.

A aceleração, de novo o dizemos, tem um valor negativo. E, à excepção desta particularidade, tudo o que foi dito para o movimento uniformemente acelerado se aplica ao movimento uniformemente retardado.

Como exemplo do *movimento uniformemente retardado*, temos o movimento de um corpo lançado no espaço de baixo para cima: êle vai per-

dendo a velocidade gradualmente, até que pára e, neste mesmo instante, começa a descer ; agora, na sua queda, é-nos oferecido o exemplo de um movimento uniformemente acelerado, pois a velocidade dum corpo que cai livremente aumenta de 9,80 metros em cada segundo. É êste o valor da aceleração da gravidade em Lisboa.

Os dois movimentos, acelerado e retardado, podem ser chamados movimentos uniformemente variados.

**31 — Movimentos variados.** — Estes movimentos, como o seu nome indica, não seguem uma lei definida : nem os espaços são proporcionais aos tempos, nem os acréscimos e decréscimos de velocidade têm o mesmo valor por segundo. Por estas razões não existem fórmulas capazes de exprimirem êsses movimentos.

**32 — Movimento circular uniforme.** — Diz-se que um ponto tem movimento circular uniforme, quando a sua trajectória é uma circunferência e êle percorre arcos iguais em tempos iguais. Mais adiante estudaremos êstes movimentos e as forças que lhes dizem respeito, assim como as suas aplicações.

**33 — Movimento de rotação.** — Diz-se que um corpo, *fig. 11*, tem movimento de rotação, quando as trajectórias descritas pelos seus diferentes pontos são circunferências descritas em tórno de um eixo que passa pelo próprio corpo.



Fig. 11—Disco animado de movimento de rotação em tórno do centro.

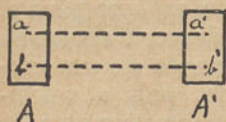


Fig. 12—Corpo animado de movimento de translação

**34 — Movimento de translação.** — Um móvel, *fig. 12*, tem movimento de translação, quando todos os seus pontos percorrem espaços iguais e as suas trajectórias são paralelas.

**35 — Movimento pendular ou oscilatório.** — Quando suspendemos um corpo por um fio, *fig. 13*, sabemos que há uma posição *A* em que o conjunto está em equilíbrio, marcando o fio nessa posição uma direcção vertical; se afastarmos o corpo da posição de equilíbrio e o deixarmos livre, êle entrará em movimento de vai-vem, o qual se chama movimento pendular ou oscilatório.

Este movimento é devido à acção da gravidade sôbre o corpo, que é tanto mais intensa quanto mais afastado está o corpo da posição de equilíbrio. Afastando o corpo *B*, a gravidade actuará sôbre êle com intensidades diferentes até passar pela posição de equilíbrio, não parando, porém, nela, devido ao seu estado de movimento, o qual tem sido até aqui acelerado; passa pela posição de equilíbrio, e afasta-se dela atingindo o ponto *C* com Movimento Retardado, pois a acção da gravidade se opõe a êsse movimento; atinge o ponto *C*, e nessa altura a gravidade actua sôbre êle imprimindo-lhe movimento acelerado, e assim por diante, até que o pêndulo volta à posição de

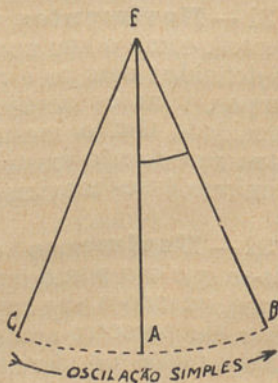


Fig. 13 — Movimento pendular



equilíbrio, depois de diferentes movimentos, os quais vão diminuindo em caminho percorrido. Chama-se *oscilação completa* ao trajecto *CBC* e *oscilação simples*, ou *meia oscilação*, ao trajecto *CB*. *Amplitude*, é o ângulo formado pela posição do equilíbrio com uma das posições extremas. (1)

Há uma *lei*, chamada do *isocronismo*, que nos diz que a duração das oscilações é independente da amplitude, quando esta não vai além de 4 graus, lei essa que foi também observada por Galileu e constituiu a origem do estudo do movimento pendular.

Uma das suas muitas aplicações é a de regular a marcha dos relógios de pêndula. Neste caso o pêndulo, *fig. 14*, é suspenso por uma haste rígida, a qual tem no tampo dois dentes ligados entre si por um arco, formando a chamada *âncora*, *A*. Este dispositivo solta um dente de cada vez que o pêndulo faz uma oscilação simples e imprime-lhe movimento, devido à força que lhe é dada pela roda *R*, a qual a recebe por sua vez da corda do relógio; essa força actuando sobre a âncora, tende a conservar o movimento oscilatório duma maneira regular. Como o tempo que o pêndulo leva a fazer a meia oscilação é sempre o mesmo, assim

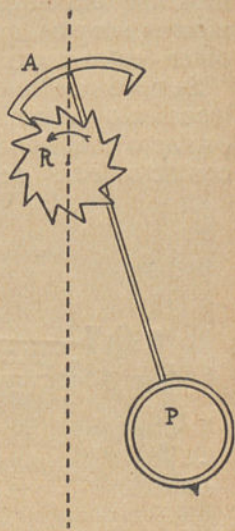


Fig. 14 — Roda com escape de âncora

(1) Por vezes a amplitude é medida pelo ângulo formado pelas duas posições extremas do móvel.

também a roda anda sempre com um movimento certo, dando o mesmo número de fracções de volta por minuto.

26 — **Alguns mecanismos simples.** — Vamos dar em seguida alguns exemplos de mecanismos simples, que na prática se adoptaram para obter certos movimentos.

Sempre que se deseja dar a um sólido um deslocamento determinado, obrigamos êste a estar em contacto com sólidos fixos, sendo as superfícies de contacto feitas de modo que o corpo sofra só um

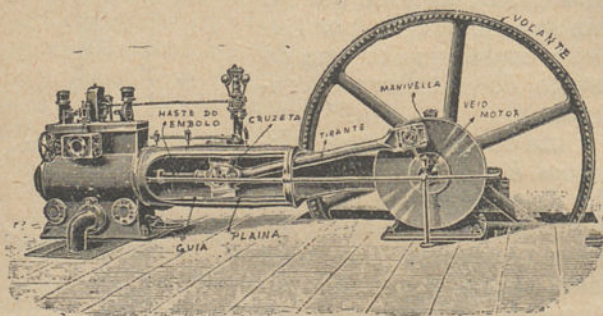


Fig. 15 — Máquina de vapor

deslocamento, que é o desejado. Os corpos sólidos que para êsse fim se empregam têm o nome de *guias*.

Como exemplo dum dispositivo que nos faculta um movimento de translação, temos a cruzeta e os guias das máquinas de vapor, *fig. 15*. A haste do êmbolo está ligada à cabeça da biela pela cruzeta, que por sua vez gira entre os dois guias e tem, pois, movimento de translação ao longo dos guias.

Como exemplo dum mecanismo que permite a realização dum movimento de rotação em torno dum eixo, temos a *fig. 16*.

Um veio está metido nos bronzes da chumaceira e tem movimento em tórno do seu eixo, sendo a chumaceira fixa. Para se obter êste movimento,

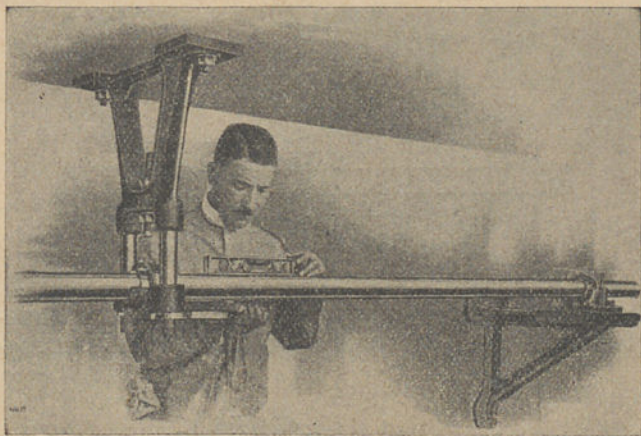


Fig. 16 - Chumaceira com veio

necessário é que a superfície do contacto do corpo seja de revolução e que o corpo fixo, a chumaceira, seja furado de modo a ter uma superfície interna igual à do corpo móvel que gira dentro dêle, adaptando-se assim um ao outro.

Com os dois singelos mecanismos que nos apresenta a *fig. 17*, o *parafuso* e a *porca*, podemos obter movimentos helicoidais.

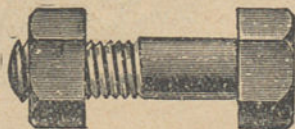


Fig. 17 - Parafuso com porca

**37 — Transformações de movimentos.** — Cabe dar aqui alguns exemplos de transformações simples de movimentos. 1.º: transformação de um movimento de rotação em outro movimento de ro-

tação. Esta transformação pode fazer-se por correias sem fim, *fig. 18*, por correntes montadas em

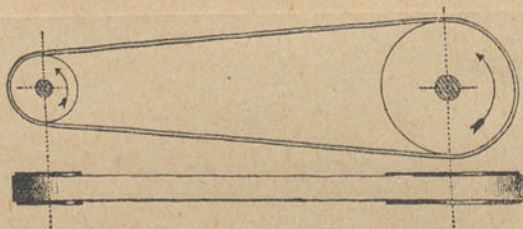


Fig. 18 — Transmissão por correia sem fim

rodas especiais e por *engrenagens*, *fig. 19*. 2.º : transformação dum movimento de rotação em um mo-

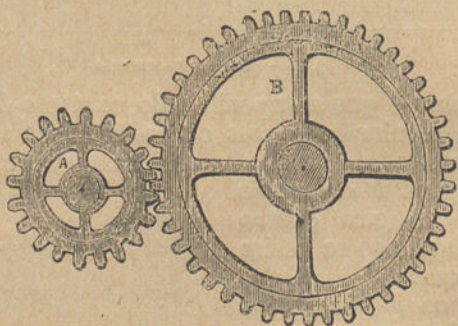


Fig. 19 — Engrenagem

vimento de translação. Podemos realizá-la pelo mecanismo representado na *fig. 20*, que se chama *cremalheira*; a roda dentada *R* tem movimento de rotação em tórno do seu eixo e êste movimento é transformado em rectilíneo de translação pela cremalheira pròpriamente dita.

Existe uma grande variedade de engrenagens, cujo minucioso estudo é feito no livro *Elementos*

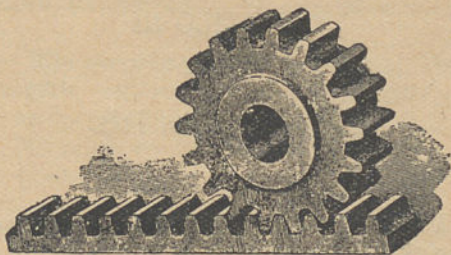


Fig. 20 - Cromalheira

*de Mecânica*, desta mesma Biblioteca de Instrução Profissional.

## CAPÍTULO III

### Fôrças e suas leis

**39 — Princípio da igualdade da acção e da reacção.** — A cada acção corresponde sempre uma reacção igual e contrária. Se um ponto material *A* exercer uma certa fôrça sôbre um ponto *B*, êste exercerá por sua vez uma fôrça igual, mas de sentido contrário, sôbre o ponto *A*. Como exemplo, temos a atracção que o Sol exerce sôbre a Terra, exercendo esta, por sua vez, também uma determinada acção sôbre o Sol. Outro exemplo. Quando um íman atrai um pedaço de ferro, êste, por seu turno, também atrai o íman, sendo as duas fôrças iguais mas contrárias. Outro exemplo ainda. Ao esforço exercido por um cavalo que puxa um carro corresponde sempre a resistência que o carro opõe a ser posto em movimento. A acção é o esforço exercido pelo cavalo; a reacção é a resistência do carro a êsse movimento.

Os atritos são também resistências opostas aos movimentos. Possuímos porém meio de os tornar menores, empregando diferentes dispositivos, entre êles as chumaceiras, que são, como já estudámos, mecanismos simples, com os quais podemos obter movimentos de rotação dum cilindro em tórno dum eixo, reduzindo os atritos, quer devido à sua estrutura, quer ao emprêgo de óleos lubrificantes.

Atritos há que são úteis. É o que succede com o atrito entre as rodas motrizes das locomotivas e os

carris, atrito que é produzido pelo pêso da locomotiva sôbre os diferentes pontos de apoio, e sem o qual ela não poderia exercer o seu esforço de tracção sôbre os combóios que lhe incumbe conduzir.

**39 — Elementos das fôrças — Ponto de aplicação** — Chama-se *ponto de aplicação* duma fôrça ao ponto sôbre o qual a fôrça exerce a sua acção. No caso de um carro puxado por um animal, o ponto de aplicação está no lugar em que os tirantes estão ligados ao carro. No caso da roda motriz de um automóvel, o ponto de aplicação é a parte da roda que estabelece contacto com a estrada.

*Direcção da fôrça*, é a linha que o ponto de aplicação tende a seguir.

*Sentido da fôrça*, é o sentido do movimento do ponto de aplicação sôbre a direcção da fôrça. O sentido é grãficamente representado por uma seta.

*Intensidade ou grandeza da fôrça*, é, como o seu nome indica, o valor da fôrça.

Este valor é expresso em unidades de fôrça que são, como mais adiante veremos, Dynes e Quilogramas.

**40 — Princípio da independência das fôrças.** — Este princípio foi descoberto por Galileu. Diz-nos êle o seguinte: Quando um corpo é solicitado ao mesmo tempo por várias fôrças, elas não se influenciam recìprocamente e a posição que o corpo ocupa num instante qualquer é exactamente a mesma que êle ocuparia se cada uma das fôrças fôsse actuando sucessiva e separadamente. Se num carro em movimento deixarmos cair sôbre o leito dêste um objecto pesado, êle cairá como se o carro estivesse parado, isto é, como se não participasse do movimento do carro. A fôrça da gravidade e a fôrça que o carro exerce sôbre o

corpo, para o transportar, têm efeitos independentes, como nos assegura o princípio da independência das forças.

41 — **Dinamómetros.** — Denominam-se assim os aparelhos destinados a medir ou a comparar forças.

O processo mais simples para medir forças consiste em fazer com que as forças a medir actuem sobre corpos elásticos produzindo nêles deformações, as quais nós podemos comparar.

Temos um dinamómetro, *fig. 21*, formado por uma lâmina de aço e que tem a forma de V. Esta lâmina tem nos seus dois extremos dois arcos fixos *G* e *E*. O arco *G* está preso em baixo, e em cima passa através de uma abertura na lâmina, *M*; o arco *E* está preso em cima e passa por uma abertura análoga na lâmina inferior. Fixando o dinamómetro por *C* e aplicando uma força em *B*, a lâmina tende a deminuir o seu ângulo, segundo a intensidade da força. Se o arco *G* estiver graduado em quilogramas e no arco *E* tivermos um índice de referência que deslize ao longo da gradação, esta indicará assim o número de quilogramas, que representam a intensidade da força aplicada. Este dinamómetro funda-se na propriedade chamada *elasticidade de flexão*.

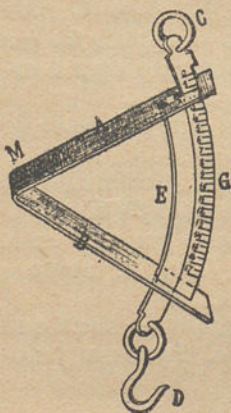


Fig. 21 — Dinamómetro

*Dinamómetro de mola em espiral*, é o que nos apresenta a *fig. 22*. É constituído por um cilindro de metal que tem dentro uma mola em espiral, a qual assenta no fundo do cilindro.



Apoiado na parte superior da mola existe um disco com uma haste que sai pelo lado inferior, terminando por um gancho. O disco tem um estilete índice, que gira ao longo duma abertura feita na parede do cilindro e que indica assim, num mostrador graduado, quanto a mola foi comprimida, devido ao esforço que aplicámos no gancho. A graduação está feita em quilogramas, como em todos os dinamómetros. Este dinamómetro funda-se na elasticidade das molas em espiral. Os dinamómetros servem também para avaliar o peso dos corpos, ou seja determinar a intensidade da força com que os corpos são atraídos para a terra. Por essa razão são os dinamómetros usados para pesar os corpos.

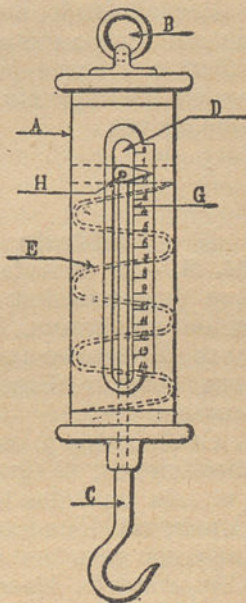


Fig. 22 — Dinamómetro de mola em espiral

#### 42 — Expressão algébrica duma força. —

Quando duas ou mais forças actuam separadamente sôbre o mesmo corpo verifica-se que a relação que existe entre cada uma das forças e as respectivas acelerações que elas imprimem são sempre iguais:  $\frac{F}{a} = \frac{F'}{a'} = \frac{F''}{a''}$

Ao valor desta relação, que é fixo e constante para cada corpo, dá-se o nome de *massa*. Assim, generalizando, fica-nos a fórmula  $\frac{F}{a} = m$  ou  $F = m \cdot a$ .

Esta última fórmula diz-nos que tóda a fôrça é medida pelo produto da massa do corpo pela aceleração que a fôrça lhe imprime.

Recapitulando, *massa* é, pois, uma característica de cada corpo e é a relação entre a fôrça que actua sôbre o corpo e a aceleração do movimento que aquela lhe imprimiu, ou seja, como já tivemos ocasião de ver,

$$m = \frac{F}{a}$$

**43 — Unidade de massa no sistema C. G. S.** — A unidade de Massa é o *grama-massa*, que é a milésima parte da massa-padrão chamada quilograma. Um centímetro cúbico de água pura à temperatura de 4 graus centígrados tem aproximadamente a massa de um grama-massa.

Conhecemos já as três unidades do Sistema: *C* (centímetro); *G* (grama-massa); *S* (segundo). Estas três unidades têm o nome das *unidades fundamentais*. Este sistema foi criado de modo a estabelecer relações entre as diferentes grandezas, *Comprimento, Massa e Tempo* e outras, como *Velocidade, Aceleração, Fôrça*, etc., as quais têm as suas respectivas unidades, derivadas das fundamentais, motivo por que se chamam *unidades derivadas*.

**44 — Unidade de fôrça no sistema C. G. S.** — A unidade de fôrça neste sistema é a fôrça que actuando sôbre a massa de um grama lhe imprime uma aceleração igual a um centímetro por segundo, e tem o nome de Dyne.

Sendo  $m = 1$  grama-massa e  $a = 1$  cm. p. segundo, será, da fórmula  $F = m. a$ .

$$F = 1 \text{ gr.} \times 1 \text{ cm. p. s.} = 1 \text{ Dyne}$$

45 — **Pêso.** — Na prática, a unidade de força é o pêso de 1 quilograma, que é a força com que a massa dum quilograma-massa é atraída para a Terra.

*Valor em dynes de um quilograma-pêso.* Se deixarmos cair a massa dum quilograma ou qualquer outra, elas têm durante a queda um movimento que é uniformemente acelerado, aceleração que varia com os diferentes lugares da Terra e em Lisboa tem o valor de 980 cm. p. s. Entrando, pois, na fórmula  $f = m \cdot a$  com o valor da massa dada, 1.000 gr., e com a aceleração da gravidade, teremos:

$$f = 1000 \text{ gr.} \times 980 \text{ cm.} = 980000 \text{ dynes,}$$

que representam o pêso dum quilograma expresso em unidades de força do sistema C. G. S. O dyne é uma unidade muito pequena, sendo aproximadamente igual à força com que é atraído para a Terra um miligrama-massa.

#### 46 — Representação gráfica duma força.

— Os três elementos componentes duma força representam-se graficamente, *fig. 23*, do modo seguinte: o ponto de aplicação representa-se por um ponto  $O$ , como no desenho. A direção da força é dada pelo segmento de

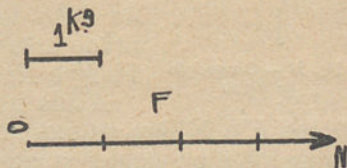


Fig. 23—Representação gráfica de uma força

recta que une o ponto  $O$  com  $N$ . O sentido é indicado pela seta. A intensidade é expressa pelo comprimento dêsse segmento em relação a um outro tomado para unidade de intensidade.

Temos assim representados graficamente todos os elementos das forças.

**47 — Composição de forças.** — Estudemos alguns casos de composição de forças. Quando duas ou mais forças actuam sobre o mesmo corpo, podemos, em geral, determinar a grandeza, sentido e ponto de aplicação duma força única capaz de substituir as duas forças dadas. As duas forças têm o nome de componentes, e a força que só por si realiza o mesmo efeito que as duas componentes chama-se *resultante*. Vamos achar a *força resultante* para os seguintes casos:

Duas forças,  $F$  e  $F'$ , *fig. 24*, têm o mesmo ponto de aplicação, e direcção e sentido de intensidade iguais. A *Resultante* (1) é igual

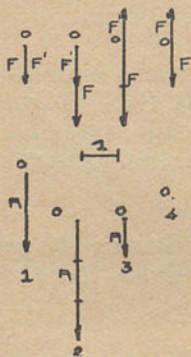


Fig. 24 — Composição de forças

a uma força que tem como ponto de aplicação o ponto de aplicação das forças componentes; a sua intensidade é a soma das intensidades das ditas forças; e o sentido é o mesmo que o das forças  $F$  e  $F'$ . No gráfico, por baixo das forças  $F$  e  $F'$ , temos representada a *Resultante*, a qual devia estar aplicada no mesmo ponto onde estão as forças, não se tendo feito isso para evitar a sobreposição de três segmentos,  $F$ ,  $F'$  e  $R$ .

Ainda na mesma *fig. 24*. Duas forças  $F$  e  $F'$  têm os mesmos pontos de aplicação, e direcções e sentidos e intensidades desiguais.

A *Resultante* (2) tem o mesmo ponto de aplicação; a intensidade será a soma das intensidades das componentes; o sentido é o mesmo que o das forças dadas.

Duas forças,  $F$  e  $F'$ , têm os mesmos pontos de aplicação e direcção, e intensidades desiguais e sentidos contrários. Neste caso a *Resultante* (3) tem o mesmo ponto de aplicação que as forças  $F$  e  $F'$ ;

o sentido é igual ao da força maior; e a intensidade é a soma algébrica das intensidades das forças, isto é, a diferença entre elas. Neste caso  $F'$  tem valor negativo,  $-F'$ .

Será, pois,  $R = F + (-F')$ .

Substituindo  $F$  e  $F'$  pelos seus valores, temos  $R = 2\text{kg} - 1\text{kg} = 1\text{kg}$ , valor da intensidade da resultante.

Duas forças  $F$  e  $F'$  têm o mesmo ponto de aplicação  $O$ , e direcções e intensidades iguais e sentidos contrários. Neste caso especial, dizemos que as duas forças se equilibram e que o corpo sobre o qual elas actuam não tem movimento. Quere dizer: a resultante (4), sendo a diferença entre ambas, é nula.

$$R = F + (-F')$$

$$R = F - F'$$

$$R = 1 - 1 = 0$$

Duas forças equilibram-se quando têm o mesmo ponto de aplicação, intensidades iguais e sentidos contrários.

Duas forças concorrentes, assim designadas quando têm o mesmo ponto de aplicação e direcções diferentes, *fig. 25*, fazem um certo ângulo entre si. Obtem-se a sua resultante tirando pelo extremo de  $P$  uma paralela a  $Q$  e pelo extremo  $Q$  uma paralela a  $P$ ; estas duas paralelas encontram-se no ponto  $N$ . Unindo esse ponto de encontro com o ponto  $O$ , temos um segmento, que é a diagonal do paralelogramo formado pelas forças e suas paralelas.

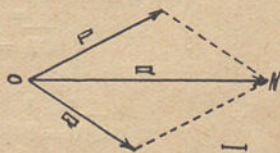
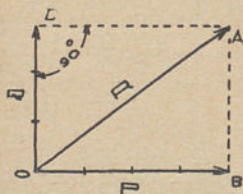


Fig. 25 — Forças concorrentes

A diagonal representa a *Resultante* em direcção, sentido e intensidade.

Para medir a intensidade da resultante, não temos mais do que comparar o comprimento  $R$  com o comprimento que tomamos para unidade dessa comparação, resultando um número que é o valor da intensidade da força  $R$ . Esta força realiza o mesmo efeito que as forças  $P$  e  $Q$ . A determinação da resultante por este processo tem o nome de *regra do paralelogramo*.

**48 — Demonstração experimental da regra do paralelogramo.** — Por esta regra, duas forças  $P$  e  $Q$ , *fig. 26*, concorrentes e com as intensidades de 3 e 4 unidades formando um ângulo recto entre si, têm como resultante uma força com a intensidade de 5 unidades. A diagonal do paralelogramo neste caso é igual à hipotenusa dum triângulo rectângulo, e podemos-la determinar pelo teorema de Pitágoras. Vemos que, na dita



*Fig. 26* — Composição de forças

*fig. 26*,  $\overline{CA}$  é um dos lados do triângulo rectângulo, visto  $\overline{OB} = \overline{CA}$ , e  $OC$  o outro; logo, poderemos escrever:

$$\overline{OA}^2 = \overline{OB}^2 + \overline{OC}^2$$

$$\overline{OA}^2 = 4^2 + 3^2 = 16 + 9 = 25,$$

$$\overline{OA} = \sqrt{25} = 5$$

A resultante terá, pois, o valor de 5 unidades; o ponto de aplicação está em  $O$  e o sentido será de  $O$  para  $A$ .

Se quisermos anular o efeito desta força, teremos de opor-lhe uma força também com a intensidade de 5 unidades, com o mesmo ponto de aplicação, e de sentido contrário, porque são estas as condições para que duas forças se equilibrem. Experimentalmente, fazemos o seguinte: tomamos duas roldanas  $C$  e  $C'$ , *fig. 27*, as quais estão fixas ao suporte  $S$ ; fazemos passar por essas duas roldanas um fio, e na extremidade  $E$  fixamos uma carga com o valor de 3 unidades e na extremidade  $E'$  uma de 4 unidades. Num ponto do fio que esteja

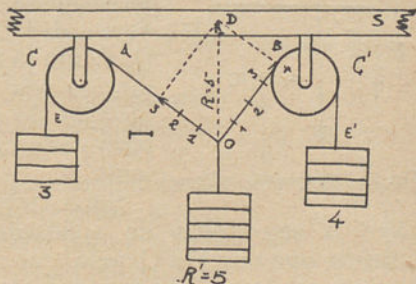


Fig. 27 — Composição de forças

entre as duas roldanas colocamos a carga de 5 unidades, vendo então o sistema entrar em movimento e dentro em pouco ficar equilibrado. Neste estado o ângulo formado por  $\overline{OA}$  e  $\overline{OB}$  é então um ângulo recto e está colocado de modo que a diagonal  $\overline{OD}$  do rectângulo é vertical. A *resultante* é, como sabemos, uma força que tem o seu ponto de aplicação em  $O$ , e a intensidade é de 5 unidades e o sentido  $\overline{OD}$ . Ora, como desejamos equilibrar a força  $R$ , teremos de aplicar no mesmo ponto de aplicação uma força  $R'$ , mas de sentido contrário e com a intensidade igual à de  $R$ . É o que conseguimos suspendendo uma carga de 5 unidades. Demonstramos assim que a resultante das duas componentes  $P$  e  $Q$  tem o valor que havíamos determinado pela regra do paralelogramo, produzindo se um estado de equilíbrio com o recurso da força

$R'$ , a qual, como dissemos, anula os efeitos da força  $R$ .

Duas forças  $P$  e  $Q$ , *fig. 28*, são paralelas e têm os seus pontos de aplicação em  $p$  e  $q$  tendo sentidos iguais e as intensidades desiguais. Neste caso o sentido da *Resultante* é o mesmo que o das forças componentes e a intensidade de  $R$  é igual à soma das intensidades de  $P$  e  $Q$ . Como já temos dois elementos, só nos falta determinar a posição do ponto de aplicação para podermos traçar a resultante  $R$ .

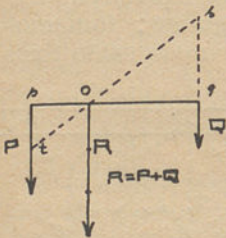


Fig. 28 — Composição de forças

Sabe-se que esta, neste caso, tem o seu ponto de aplicação colocado no segmento que une  $P$  e  $Q$ , pelo que se determina do seguinte modo: sobre o segmento  $P$  marca-se, a partir de  $p$ , um comprimento igual ao da força  $Q$ ; assim obtemos um ponto  $t$ ; a partir de  $q$  e na direcção de  $Q$  mas em sentido oposto, marca-se um comprimento igual ao da força  $P$ . Unindo agora os pontos  $t$  e  $s$ , esta linha corta o segmento  $p q$  num ponto que é o ponto de aplicação da resultante, que desejávamos obter.

Agora não temos mais do que pelo ponto  $O$  tirar uma paralela a  $P$  e com o mesmo sentido desta marcar uma força com a intensidade igual à soma das intensidades das componentes.

Duas forças  $P$  e  $Q$  são paralelas, *fig. 29*, têm os seus pontos de aplicação em  $p$  e  $q$  e têm sentidos

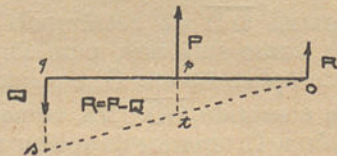


Fig. 29 — Composição de forças



contrários e intensidades desiguais. Neste caso a força resultante tem o sentido da força de maior intensidade, e o valor da sua intensidade é a soma algébrica das intensidades das componentes. O ponto de aplicação está colocado no prolongamento de  $qp$  e para o lado da força maior. A posição d'êste determina-se do seguinte modo: a partir do ponto  $q$  e no sentido de  $Q$  marca-se um comprimento igual a  $P$ , e a partir de  $p$ , mas em sentido oposto a  $P$ , marca-se um comprimento igual a  $Q$ ; determinamos assim dois pontos  $s$  e  $t$ . Unindo êstes pontos, temos uma linha que encontra o prolongamento de  $qp$  em  $O$ .

Este é o ponto de aplicação da resultante. Como conhecemos o sentido, a intensidade e o ponto de aplicação da resultante, podemos traçá-la.

Vejam, por último, outro caso: duas forças paralelas, iguais, de sentidos contrários e que actuam nos extremos dum segmento, *fig. 30*. Determinamos a posição do ponto de aplicação como para o caso anterior. Aqui, a linha que une os extremos dos segmentos que representam os comprimentos das forças é paralela ao segmento  $qp$ ; o ponto de aplicação da força resultante está no infinito; e o segmento  $qp$  tem movimento em tórno de si próprio. Este sistema tem o nome de *Binário*.

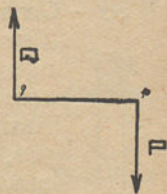


Fig. 30 — Composição de forças

49 — **Atracção universal.** — Copérnico, astrónomo polaco, deu o seu nome ao sistema que admite que o Sol ocupa uma posição central, girando à volta d'êles os planetas, entre os quais a Terra; êstes têm por vezes satélites, os quais giram por sua vez à volta de cada um d'esses planetas. Assim, a Terra tem como satélite a Lua.

Entre as leis que nos convem conhecer está a lei de Newton sôbre a gravitação universal.

A lei de Newton enuncia-se assim: *A matéria atrai a matéria na razão directa das massas e na inversa do quadrado das distâncias, e como se tôda ela estivesse concentrada no centro dos corpos.*

*Gravitação* é a atracção que existe entre os corpos celestes; os movimentos da Terra são regidos pelas leis da gravitação,

50 — **Gravidade.** — É a atracção exercida pela Terra sôbre todos os objectos e animais nela existentes. A gravidade e os fenómenos com ela relacionados são regidos pelas leis de Newton, e assim a terra atrai todos os corpos, como se a sua massa estivesse concentrada no centro. Como a física se interessa mais pelo estudo da gravidade, vamos tratar de alguns dos seus pontos importantes.

*Direcção vertical* — Chama-se *direcção vertical* à direcção da queda dos corpos, e como todos os corpos quando caem tendem para o centro da Terra, podemos dizer que a direcção da vertical é a duma linha que passa por um dado ponto e pelo centro do planeta terrestre. Como se vê, a vertical varia segundo o lugar da Terra em referência. Devemos dizer sempre desta forma: *vertical do lugar* é a linha que passa por êsse lugar ou ponto e, teòricamente, pelo centro da Terra. Esta direcção é perpendicular a um plano, o qual se chama plano horizontal. Tôdas as rectas traçadas nesse plano têm o nome de horizontais. Pelo acima dito se vê que por um ponto da terra só passa uma vertical, ao passo que o número de horizontais é infinito.



Fig. 31  
Tubo  
de Newton

Todos os corpos caem com a mesma rapidez, se o ar não lhes oferecer resistência. Assim, se dentro de um tubo de vidro, *fig. 31*, donde se extraiu o ar, introduzirmos diversos objectos de vários tamanhos e pesos, como, por exemplo, bolas de chumbo, pedaços de madeira, penas e papéis, e se invertermos o tubo, todos êsses objectos cairão ao mesmo tempo. A êsse tubo chama-se *tubo de Newton*, pois foi êste físico que realizou pela primeira vez esta experiência. Se fizermos a mesma experiência, mas ao ar livre, veremos que os corpos caem uns mais depressa que os outros, devido à resistência do ar.

**51 — Determinação da vertical do lugar.** — A vertical do lugar determina-se com o auxílio do *fio de prumo*, que já conhecemos da geometria. Se suspendermos uma massa metálica por um fio, ela tenderá a seguir a direcção da queda, mas como está presa pelo fio êste fica tenso e dá-nos assim a direcção da queda do corpo, que é o que se pretende obter. Com o fio de prumo verificamos a verticalidade das paredes dos edificios, das máquinas, etc.

**52 — Fio de prumo.** — Ele é constituído por duas partes, *fig. 32*, uma que termina por um cone e outra que apresenta por vezes diferentes formas, mas que tem sempre a distância  $ab$  igual a  $a'b'$ . Quando apoiamos, *fig. 33*, a parte superior do fio de prumo de encontro a uma parede, a parte inferior pode tomar três posições: ou se encosta fazendo uma grande pressão de encontro à parede, ou toca levemente nesta, ou então afasta-se dela. No 1.º caso a parede está inclinada para a esquerda; no 2.º a pa-

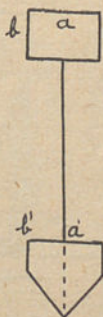


Fig. 32  
Fio de prumo

rede está vertical; e no 3.º está inclinada para a direita. É claro que convem fazer mais do que uma

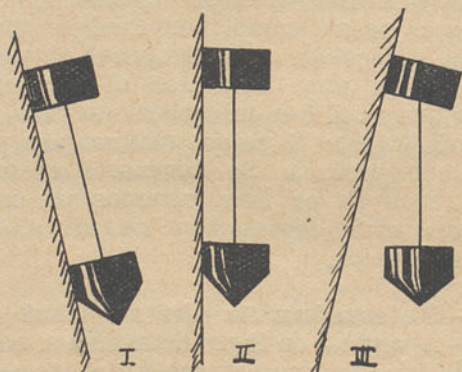


Fig. 31 — Aplicações do fio de prumo

observação, não no mesmo ponto, mas em pontos diferentes, a fim de se poder dizer com segurança se uma parede está vertical.

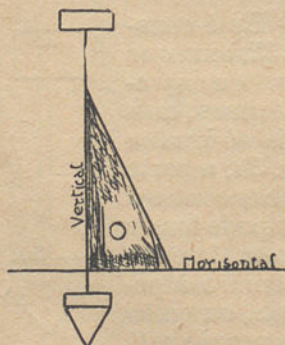


Fig. 34 — Fio de prumo e esquadro

**53 — Determinação de uma direcção horizontal.** — A superfície dos líquidos em repouso é uma superfície horizontal e qualquer linha traçada nela é uma horizontal. Tomando um esquadro de desenho, *fig. 34*, podemos, com êle e com o auxílio do fio de prumo, determinar linhas horizontais. Encostando o lado mais comprido do esquadro ao fio

de prumo, como o lado maior do esquadro faz um ângulo recto com o lado menor, temos que este indicará uma direcção horizontal quando o lado maior esteja colocado numa vertical, o que foi o que exactamente fizemos.

Este processo, por diferentes e intuitivas razões, é pouco prático, e por isso se recomenda o emprego de outros aparelhos, que são : O *nível do pedreiro* e o *nível de bôlha de ar*.

O primeiro é empregado quando se não exija grande rigor ; o segundo é um aparelho de maior precisão.

**54 — Nível de pedreiro.** — Como o seu nome indica, é principalmente usado pelos pedreiros.

Funda-se na propriedade que têm as direcções vertical e horizontal de serem perpendiculares entre si. Temos uma prancha de madeira, *fig. 35*, e no ponto *P* suspendemos um pequeno fio de prumo *F*. A massa dêste entra dentro da cavidade *C*, de modo que o fio de prumo fica em

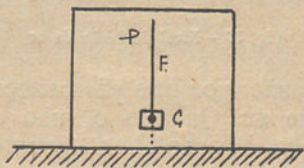


Fig. 35 — Nível de pedreiro

tôda a sua extensão encostado à prancha. A base desta é perpendicular à linha marcada na madeira (*linha de fê*), a qual liga o ponto de suspensão do fio com o meio da base. Quando colocamos o nível de pedreiro sôbre uma direcção horizontal, o fio de prumo fica vertical e por essa razão coïncide com a linha marcada na prancha. Quando queremos determinar a horizontalidade de uma direcção, colocamos o nível sôbre ela. Não estando horizontal, o fio de prumo não coïncide com a linha marcada na prancha, e então levanta-se o nível do lado para onde se inclina o fio de prumo, ou abaixa-se do

lado oposto, até que este cubra perfeitamente o traço feito na madeira. Nesta altura a base dá-nos uma direcção horizontal, porque a linha marcada na madeira é uma vertical, visto estar coincidindo com o fio de prumo. Como a linha marcada é, por construção, perpendicular à base e como a direcção vertical é perpendicular à horizontal, segue-se que a base está agora colocada numa direcção horizontal.

55 — **Nível de bôlha de ar.** — Este nível, *fig. 36*, é muito empregado em diferentes instrumentos; e isoladamente é usado pelas diferentes

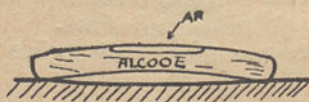


Fig. 36 — Nível de bôlha de ar

artes, Construção Civil, Mecânica, etc. É constituído por um tubo de vidro ligeiramente recurvo, que contém alcool, não enchendo este o tubo por completo,

razão por que permanece nêle uma pequena bôlha de ar. Quando o tubo está colocado numa direcção horizontal, os seus dois extremos encontram-se à mesma altura e a parte mais alta do tubo no meio dêle. Como a superfície dos líquidos é uma superfície horizontal e como a bôlha de ar é mais leve do que o alcool, esta ficará colocada exactamente a meio do tubo, entre dois traços ali marcados.

Desde que o nível não esteja numa direcção horizontal, a bôlha de ar irá para a parte mais alta, deixando assim de estar entre aqueles dois traços. Em summa, querendo tornar horizontal essa direcção teremos de baixá-la ou levantá-la de um dos lados, até a bôlha de ar do nível coincidir com o meio do tubo.

Este nível determina uma direcção horizontal sem ter de se recorrer à direcção vertical. Mais adiante veremos outros tipos de níveis. Para se ter

a certeza de que um plano está perfeitamente horizontal, cumpre aplicar o nível a dois ou mais dos seus pontos.

### 56 — Centro de gravidade de um corpo.

— Chama-se *centro de gravidade de um corpo* ao ponto onde imaginamos que actua a gravidade. O centro de gravidade nem sempre está dentro do corpo, e muitas vezes mesmo encontra-se fora dêle.

Vamos determinar a posição de alguns centros de gravidade. Quando se trata duma esfera ou de um poliedro regular, constituídos por uma e única substância, os seus respectivos centros de gravidade estão nos centros geométricos dêsses sólidos.

Podemos, porém, determinar a posição do centro de gravidade dum corpo começando por suspendê-lo por um ponto e marcando a direcção da vertical *A*; depois suspendê-lo-emos por outro ponto, traçando a direcção desta segunda vertical *B*; o ponto onde estas duas linhas se encontrarem é o centro de gravidade do corpo.

### 57 — Equilíbrio dos corpos sólidos. — 1.º

*Um corpo assente sôbre um plano horizontal, fig. 37.* Diz-se que êsse corpo está em equilíbrio quando a vertical que passa pelo seu centro da gravidade passa também pelo interior da sua base de sustentação (cone *A*).

A base de sustentação é a figura formada pela linha que une os diferentes pontos de contacto do corpo com o plano. Esta é a condição de equilíbrio de diferentes objectos, tais como uma mesa, uma máquina qualquer, que esteja assente sôbre um plano horizontal, um carro, etc. Quando a vertical que passa pelo centro de gravidade não passa pelo interior da base de sustentação, o corpo, devido à acção da força da gravidade, entra em movimento e procura uma posição de equilíbrio (cone *B*).

2.º *Equilíbrio dum grave suspenso por um fio.* Está em equilíbrio quando a vertical que passa pelo centro de gravidade do corpo passa também pelo ponto de suspensão. O mesmo se diz para os

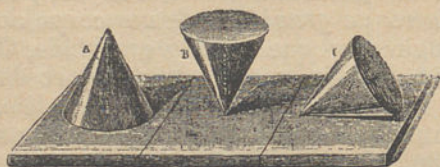


Fig. 37 — Casos de equilíbrio

corpos (cone B) apoiados por um ponto. Quando a vertical não passa pelo ponto de apoio, o corpo entra em movimento

até alcançar uma outra posição de equilíbrio (cone C). Exemplos, o fio de prumo, uma esfera assente num plano horizontal, um cone apoiado sobre o vértice, etc.

3.º *Equilíbrio dum corpo apoiado em dois pontos.* Neste caso o corpo está em equilíbrio quando a vertical que passa pelo seu centro de gravidade encontra a linha que une os dois pontos de apoio. É disso exemplo um ciclista: êste tende sempre a fazer com que a vertical que passa pelo centro de gravidade do todo (ciclista e bicicleta) caia sobre a linha que une os dois pontos de apoio.

58 — **Os três estados de equilíbrio.** — São êles: *Estável, instável e indiferente.* Vejamos a fig.

38. Diz-se que um grave tem *equilíbrio estável*, (cone A), quando afastando-o da sua posição de equilí-

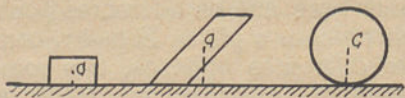


Fig. 38 — Casos de equilíbrios

brio e abandonando-o em seguida, êle volta a essa posição. Exemplos: um corpo suspenso por um fio quando afastado da posição vertical; um grave



móvel em tórno de um eixo horizontal quando o corpo ou grave tem o eixo de suspensão acima do centro de gravidade. Nestes dois casos os graves, sendo afastados das suas posições de equilíbrio, voltam a elas logo que sejam abandonados.

No *equilíbrio instável* (cone *B*), o grave afastado da sua posição de equilíbrio tende cada vez mais a afastar-se dela. Neste equilíbrio o centro de gravidade tem uma posição mais alta do que os pontos vizinhos. Exemplo: um grave móvel em tórno de um eixo horizontal e quando o ponto de suspensão está mais baixo do que o centro de gravidade.

Há *equilíbrio indiferente*, quando o grave (cone *C*), sendo deslocado da posição de equilíbrio,

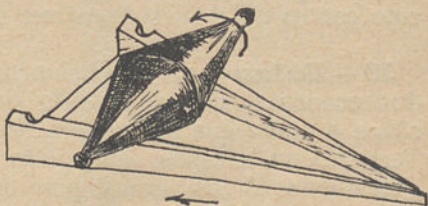


Fig. 39 — Duplo cone

fica novamente em equilíbrio. Neste caso as diferentes posições por que o centro de gravidade passa estão situadas à mesma altura. Exemplos: o volante duma máquina; uma esfera assente num plano; etc.

O centro de gravidade de um corpo tende sempre a colocar-se na posição mais baixa. É o que nos permite verificar a seguinte experiência. Tomamos um duplo cone, *fig. 39*, e colocamo-lo na parte mais baixa do V formado por duas régulas, as quais são mais baixas no vértice do que nos extremos. Pondo o duplo cone no vértice, êle começa a caminhar pelas arestas das régulas attingindo a parte mais alta destas, o que nos dá a impressão de que êle sobe; mas não é assim, de facto; a verdade é que êle vai descendo entre os

dois ramos e o seu centro de gravidade vai tomando posições que estão cada vez mais perto do centro da Terra. Isto demonstra, como já dissemos, que os centros de gravidade dos corpos tendem sempre a ocupar as posições mais baixas.

A estabilidade do equilíbrio dum corpo é tanto maior quanto maior fôr a sua base de sustentação. Compreende-se que assim seja : a vertical que passa pelo centro de gravidade cai, com mais facilidade, fora duma base pequena do que duma base grande. De dois corpos de bases iguais, terá equilíbrio mais estável aquele que tiver menor altura, isto é, aquele cujo centro de gravidade estiver mais baixo.

59 — **Balanças.** — As balanças medem a massa dos corpos devido à pressão que êstes exercem sôbre o plano que os sustém. No mesmo lugar da Terra, duas massas iguais são atraídas para a Terra com fôrças iguais, pelo que exercem pressões iguais sôbre os pratos das balanças, sendo assim o mesmo o pêso de ambas.

Dizemos que um corpo pesa 5 kg. quando exerce sôbre os pratos da balança uma pressão igual à que exerce uma massa marcada de 5 kg.

Estudemos alguns tipos de balanças : balança de pratos suspensos, do tipo comercial, e tipo de precisão, balança hidrostática, balança de Roberval, balança romana e balança decimal.

*Balança de pratos suspensos.* Este tipo, *fig. 40*, encontra-se, como dissemos, bastante espalhado no comércio, e é constituído por um travessão *AB*, *fig. 41*, o qual se apoia na coluna por meio de dois prismas *C*, dum lado e doutro do travessão. Este tem nos seus extremos dois outros prismas, com um ângulo virado para cima e em cuja aresta se apoiam os ganchos que suspendem os pratos. Por cima do prisma que está a meio do travessão, encontra-se o *fiel*, que é perpendicular ao travessão.

Colocando uma massa qualquer no prato da balança determinamos o valor dessa massa pondo no prato oposto massas marcadas até que o fiel

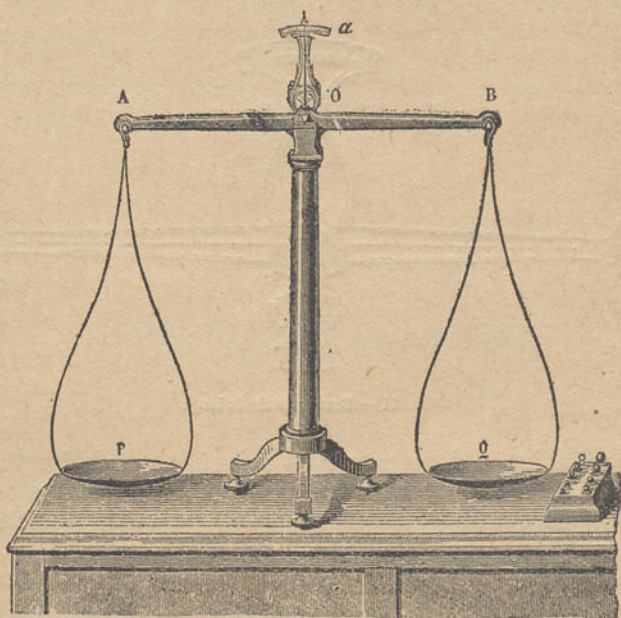


Fig. 40 — Balança de pratos suspensos

marque zero, marcação que se encontra por vezes numa escala afixada por detrás do fiel. Nessa altura as massas marcadas que equilibram a massa dada representam a massa do corpo. Como em geral exprimimos os pesos em quilogramas e gramas, temos que a balança nos dá também os pesos dos corpos.

*Balança de precisão.* Esta balança é construída de modo a ser muito sensível, podendo-se pesar

nela com uma aproximação até decimiligramas. É o tipo de balança usado, de preferência, nos laboratórios.

*Balança hidrostática.* Este tipo de balança, que

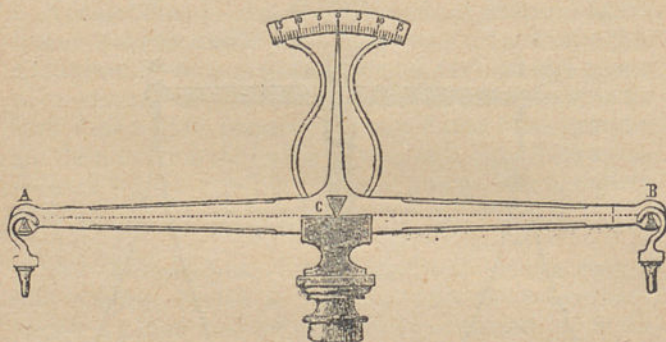


Fig. 41 — Travessão de balança

se destina a demonstrar os princípios de hidrostática, é muito semelhante ao da balança de pratos suspensos. Mais adiante o estudaremos convenientemente,

*Balança de Roberval.* Esta balança, *fig. 42*, tem

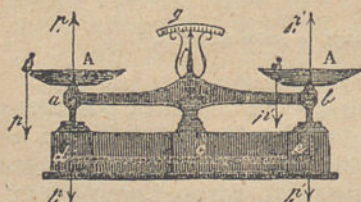


Fig. 42 — Balança de Roberval

um travessão sôbre cujos extremos estão suspensas duas hastes verticais. No cimo destas hastes estão colocados dois pratos. Paralelamente ao travessão superior, há um travessão inferior, que

liga os extremos inferiores das hastes e impede êstes de se voltarem para baixo, com o pêso dos corpos e dos pratos. Pondo uma carga em  $p$ , êste desce

devido ao ramo dêste lado pesar mais do que o outro; mas colocando massas marcadas em  $P'$  podemos equilibrar a balança. Nesta altura as massas marcadas representam a massa do corpo e o seu pêso, visto que massa e pêso são representados pelos mesmos números. Os lados menores do paralelogramo formado pelos dois travessões e pelos suportes dos pratos, ou sejam êstes, conservam-se sempre verticais, e por conseqüência os pratos des-

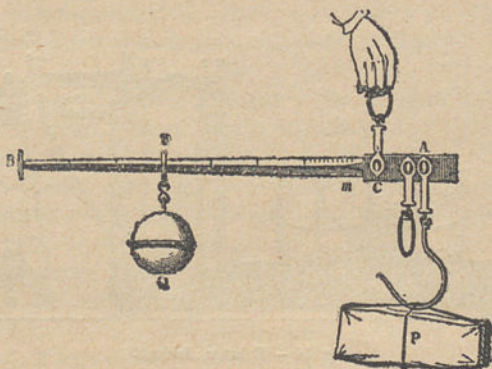


Fig. 43 — Balança romana

locam-se paralelamente e mantêm uma perfeita horizontalidade. Esta balança é das de maior emprego no comércio.

*Balança romana.* Este tipo de balança, *fig. 43*, é antiquíssimo, pois, como o seu nome indica, vem do tempo dos romanos. É uma balança de braços desiguais, constituída por um travessão, o qual tem um eixo no ponto  $O$ . Em  $A$  encontra-se suspenso um gancho, no qual se colocam os corpos. O braço maior está dividido em unidades de pêso, começando a gradação por zero. Sôbre esta escala gira um cursor que tem uma massa tal que, colocando um corpo no prato, medimos a sua

massa lendo o número de divisões que o cursor percorreu para que o travessão ficasse perfeitamente horizontal. Por exemplo, se lermos 3 divisões dizemos que o corpo pesa 3 kg.

*Balança decimal.* Esta balança, *fig. 44*, é usada para pesar grandes pesos e a sua aproximação é suficiente para tais casos, pois todos sabemos que errar, num pêso de 100 kg. de ferro, 30 ou 40 grs. não tem importância de maior. Também sabemos, ou pelo menos imaginamos, quão fatigante seria ter

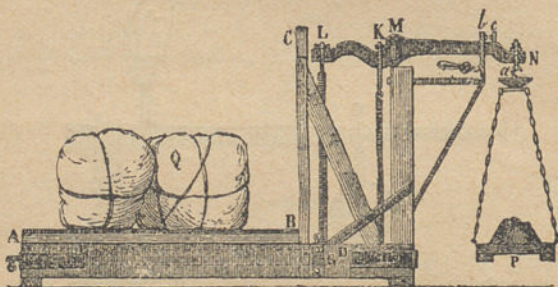


Fig. 44 — Balança decimal

que deslocar massas de 100 ou mais quilogramas, para pesar massas de igual valor. Por estas razões, a balança decimal e a centesimal são empregadas quando temos que pesar grandes pesos de 100 kg. ou de toneladas. A balança decimal é constituída por um conjunto de alavancas e tem uma plataforma, onde colocamos os corpos a pesar. O travessão coloca-se horizontal pondo massas marcadas no prato, que está fixado no extremo do mesmo travessão. Estando êste na posição referida, devido ao equilíbrio produzido pelas massas marcadas colocadas no prato para determinarmos o pêso do corpo não temos mais do que multiplicar essas massas por dez. Isto no caso da balança ser *deci-*

*mal*, pois, se fôr centesimal, teremos de fazer a multiplicação dêsse valor por 100. Como se vê, a pessoa que pesa tem de lidar só com massas relativamente pequenas.

Não seria nada prático tentar pesar um vagão do caminho de ferro numa balança de pratos suspensos, porque teríamos então de pôr no outro prato 15 ou 20 toneladas, o que, além de ser um grande dispendio de energia, representaria uma grande perda de tempo.

Há, principalmente, duas condições a que devem satisfazer as balanças: serem exactas e sensíveis.

Dizem-se *exactas*, quando o fiel marca zero, estando os pratos sem carga nenhuma.

Dizem-se *sensíveis*, quando o fiel se desloca logo que se põem num dos pratos cargas muito pequenas. Tanto mais sensíveis são quanto mais pequenas forem essas cargas.

O processo normal de pesagem chama-se de *simples pesagem*.

### 60 — Processo de dupla pesagem.

— Este processo é empregado sempre que a balança de que dispomos não é exacta. O fiel não marca zero quando os pratos estão sem carga, o que significa que a balança está desequilibrada, isto é, um lado da balança pesa mais do que o outro. Fa-

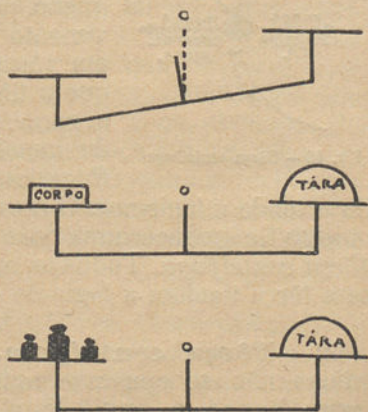


Fig. 45 — Processo de dupla pesagem

zemos então, *fig. 45*, o seguinte: colocamos o corpo a pesar num dos pratos da balança e no outro uma tara que o equilibre, isto é, até que o fiel marque zero; depois substituímos o corpo por massas marcadas, até obtermos o equilíbrio. As massas que se encontram no prato e que equilibram a tara, tal como o fazia o próprio corpo a pesar, representam o pêsso dêsse corpo.

Pesamos, assim, o corpo duas vezes: a primeira, directamente, com o auxílio da tara; e a segunda, indirectamente, pois pesamos a tara com massas marcadas. Esta é a razão por que se chama ao processo de *dupla pesagem*. É conveniente saber que a pesagem que nos dá o pêsso do corpo não é a primeira, mas sim a última.

61 — **Fôrça centrífuga.** — Se atarmos no extremo dum fio, *fig. 46*, um corpo pesado, por exemplo, um bocado de metal, e se segurarmos no outro extremo do fio, tendo êste um comprimento relativamente pequeno, podemos imprimir movimento ao bocado de metal em tórno da mão. Notamos que o fio custa agora mais a segurar, isto é, que o bocado de metal vai exercendo uma fôrça cada vez maior sôbre o

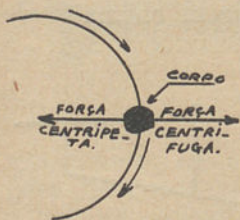


Fig. 46 — Fôrça centrífuga

fio e tende a fugir-nos. O movimento circular dêsse objecto fêz aparecer uma nova fôrça, a que se chama *fôrça centrífuga*. Todos os móveis subordinados a esta fôrça tendem a fugir do centro.

62 — **Fôrça centrípeta.** — Se à fôrça centrífuga não se opusesse outra, os efeitos da primeira far-se-iam sentir de tal modo que, no exemplo dado, o pedaço de metal seria projectado no



espaço. Vimos, nesse mesmo exemplo, que para não deixarmos escapar o fio da mão tivemos de fazer uma certa força, assim conseguindo que o fragmento de metal descrevesse sempre um círculo sem nos fugir. Essa força, que podemos dizer ser uma *reacção* à *acção* da força centrífuga, chama-se *fôrça centrípeta*.

Pelo acima exposto, se vê que qualquer corpo que descreve uma curva está sujeito à acção da força centrífuga. Um cavaleiro, um corredor, um automóvel, um aeroplano, um barco, quando descrevem curvas, estão sujeitos à sua acção.

Para não serem arrastados para fora do seu caminho e sofrerem assim efeitos desastrosos, o cavaleiro, e bem assim todos os outros móveis, inclinam-se para dentro da curva, para oporem uma resistência suficientemente grande, que anule os efeitos da força centrífuga. No caso do automóvel, este deve descrever as curvas com velocidades tais que os efeitos da força centrífuga não sejam elevados, porque se atingirem grande valor, farão com que a parte de trás desse veículo deslize lateralmente. E se a força centrífuga atingir uma intensidade ainda maior, pode mesmo chegar a virar-se o automóvel. É por esta razão que as pistas onde se fazem corridas com grandes velocidades são bastante inclinadas nas curvas. E os caminhos de ferro inclinam a via, isto é, colocam um carril mais alto que o outro, produzindo assim a inclinação dos veículos e, conseqüentemente, o aumento da reacção à força centrífuga, anulando os efeitos desta.

**63 — Aplicações da força centrífuga.**—O regulador de marcha das máquinas de vapor, *fig. 47*, utiliza a propriedade que a força centrífuga tem de puxar os móveis para fora do centro. Quanto maior número de rotações der a haste onde estão

articuladas as duas esferas, maior será a intensidade da fôrça centrífuga, e, é claro, mais elas se afastarão; à medida que estas se afastam, a forquilha

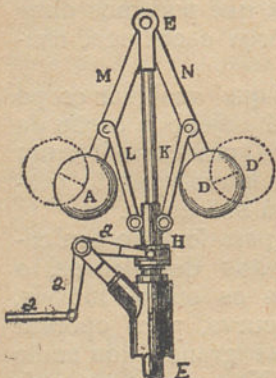


Fig. 47—Regulador de velocidade

que está ligada às duas hastes onde se articulam as que seguram as esferas, sobe e fecha a entrada do vapor, e assim a máquina reduz a sua velocidade. Sendo esta reduzida, é também reduzido o número de rotações por minuto da haste principal; as duas esferas baixam por ter diminuído a intensidade da fôrça centrífuga, e a forquilha desce e abre um pouco mais a entrada do vapor, aumentando assim o número de rotações. E assim sucessivamente.

Uma vez regulado êste dispositivo, êle automaticamente regula a marcha de qualquer máquina de vapor, ou motor de explosão. Estes aparelhos são conhecidos pelo nome de *reguladores centrífugos de marcha*.

As *desnatadeiras*, que são usadas para desnatar, parcial ou totalmente, o leite, são constituídas por um depósito (*turbina*), que tem movimento de rotação. Aqui a fôrça centrífuga actua separando a nata do sôro do leite. Outras máquinas, fundadas no mesmo princípio, são usadas nas refinarias de açúcar, para separar o açúcar sólido do melaço. Os *secadores centrífugos* das lavandarias modernas secam as roupas dando-lhes um movimento rápido; para isso são as roupas colocadas e fixadas num grande cilindro, o qual tem movimento de rotação em tórno do seu eixo: devido à fôrça centrífuga, a água que existe na roupa é projec-

tada, ficando a roupa sêca dentro de poucos minutos.

As aplicações industriais da fôrça centrífuga são muito numerosas.



## CAPITULO IV

### Trabalho, energia e suas leis Máquinas simples

64 — **Trabalho duma força.** — Quando deslocamos um corpo de uma posição para outra, ou quando serramos uma chapa, ou pregamos um prego, vencemos diferentes resistências e os deslocamentos produzidos são também diferentes; para realizarmos estas operações temos de empregar forças superiores a essas resistências e temos de seguir trajectórias diversas. Um homem que transporta 30 kg. dum ponto para o outro do mesmo plano horizontal executa um certo trabalho, pois vence

uma determinada resistência durante uma certa extensão; para isso tem de empregar uma determinada força durante o percurso. Se tivermos de elevar (mudar dum plano horizontal para outro de nível superior) um quilograma à altura dum metro, *fig. 48*, executamos também um certo trabalho; e se quisermos elevar o mesmo peso à altura de 2 metros, teremos então de executar um trabalho duas vezes maior do que o primeiro. No caso de elevarmos um peso de um

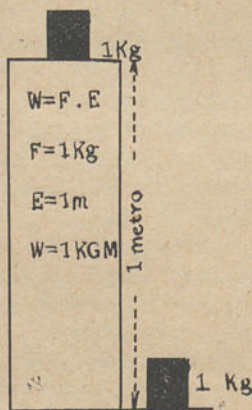


Fig. 48—Representação esquemática do quilômetro

quilograma à altura de meio metro executamos um trabalho menor, metade do do primeiro exemplo, por ser o caminho percorrido neste caso metade do primeiro. Daqui se conclui que o trabalho é proporcional à intensidade da força e ao caminho percorrido. Podemos, pois e em suma, dizer que toda e qualquer força que vence e desloca uma resistência executa um certo trabalho.

**65 — Expressão do trabalho.** — Quando elevamos um pêso de um quilograma à altura de 1 metro realizamos um certo trabalho a que se resolveu chamar *unidade de trabalho*. Aqui a resistência a vencer foi a da acção da gravidade sobre o corpo dado, e a força que nós fizemos realizou um trabalho que se chama o *quilogrâmetro*. Para calcular o trabalho que a nossa força muscular realiza quando elevamos um pêso de 5 quilogramas à altura de 19 metros, teremos de fazer o produto do número de quilogramas que o corpo pesa pelo número de metros que representa o deslocamento do corpo, ou seja :

$$T = 5 \text{ kg} \times 19 \text{ metros} = 95 \text{ kgm.}$$

Dum modo geral empregamos a fórmula  $T = F \times E$ , em que  $T$  representa o trabalho em quilogrâmetros,  $F$  o valor da força em quilogramas e  $E$  o deslocamento em metros.

As forças podem ser quaisquer. Por exemplo : a gravidade, a força muscular, a de um motor, etc., as quais vencem outras tantas resistências.

**66 — Unidade de trabalho do Sistema C. G. S.** — Esta unidade é muito menor do que o quilogrâmetro, pois as duas unidades de força e de espaço neste sistema são muito menores também. É o trabalho realizado pela força de 1 *dyne*

(unidade de fôrça do Sistema C. G. S.), quando desloca o seu ponto de aplicação de um centímetro (unidade de comprimento do Sistema C. G. S), no sentido da fôrça, e tem o nome de *Erg*.

Dada a fórmula  $T = F \cdot E$ , substituindo  $F$  pelo seu valor, ou seja neste caso a unidade, e  $E$  pelo seu valor, que é também a unidade, teremos :

$$T = 1 \text{ Dyne} \times 1 \text{ Centímetro} = 1 \text{ Erg.}$$

67 — **Fôrça viva.** — Quando uma fôrça actua sôbre um corpo e não tem de vencer outras fôrças ou resistências, mas sim só as do corpo, para ser posto em movimento, êste entra em movimento e atinge uma certa velocidade. Conhecendo a massa do corpo e a sua velocidade, podemos determinar a chamada fôrça viva, que nos é dada pelo produto de  $M \times V^2$ ; o trabalho realizado será  $\frac{M \times V^2}{2}$

$$\frac{M \cdot V^2}{2}$$

Podemos, pois, devido a esta fórmula, calcular os diferentes trabalhos produzidos por fôrças diversas.

Exemplos : 1.º Qual é o trabalho realizado pela fôrça viva de um malho que tem a massa de 10000 gr. e é projectado com a velocidade de 500 cm. por segundo ?

$$\begin{aligned} T &= \frac{10000 \times 500^2}{2} = \frac{2500000000}{2} = 1250000000 \\ &= 125 \times 10^7 \text{ ergs} \end{aligned}$$

2.º Um corpo, quando cai, tem uma certa fôrça viva e é capaz de realizar um certo trabalho ; as-

sim, um corpo que tem a massa de 1 gr. e que cai da altura de um centímetro com a aceleração de 891 cm. por segundo, é capaz de realizar um trabalho que podemos calcular pela fórmula

$$T = F. E, \text{ donde}$$

$$\begin{aligned} T &= (1 \text{ gr.} \times 981 \text{ cm. p. s.}) \cdot 1 \text{ cm.} \\ &= 981 \text{ dynes} \times 1 \text{ cm.} = 981 \text{ ergs.} \end{aligned}$$

68 — **Aplicações.** — As quedas de água são capazes de realizar certos trabalhos. Podemos transformar a ener-

gia dessas quedas ou doutras em energias diferentes, tais como mecânica, eléctrica, térmica, etc. O bate-estacas, *fig. 49*, é também uma aplicação da energia da queda: os homens elevam o peso A, que desliza entre dois guias C; quando este atinge a parte superior, é largado, e caindo sobre a estaca obriga-a a pe-

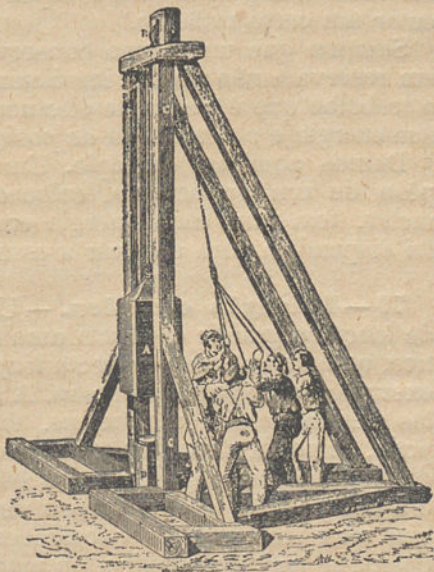


Fig. 49 — Bate-estacas

netrar no solo. Aproveitamos assim a força viva do bloco A para realizarmos um certo trabalho.

Quando pregamos um prego também emprega-

mos a fôrça viva do martelo, para vencer a resistência que as partículas do corpo oferecem a ser separadas.

69 — **Energia potencial.** — Diz-se que um corpo contém uma certa energia potencial quando é capaz de realizar um trabalho qualquer; assim, uma mola que esteja comprimida é capaz de dar execução a um certo trabalho, isto é, de vencer uma dada resistência, utilizando a sua elasticidade. Um elástico, quando esticado, é capaz de imprimir movimento a uma pedra. Um corpo pesado, quando cai dum nível para outro, é capaz também de executar um certo trabalho.

Sempre que um corpo conserva a sua energia em reserva e não produz imediatamente, por si só, o trabalho que é capaz de efectuar, dizemos que a sua energia é potencial ou *de posição*.

Damos aqui um exemplo. Uma massa, com o pêsô de um quilograma, colocada à altura de 1 metro, tem uma certa energia em reserva: a que foi dispendida para a elevar a essa altura.

70 — **Energia cinética.** — Um arco é capaz de lançar a grande distância uma seta. E um elástico, quando esticado, projecta longe um corpo, por exemplo, uma pequena pedra. A água que cai pelas vertentes das montanhas, formando quedas, pode, como já dissemos, fazer mover azenhas, rodas hidráulicas, etc. Em todos êstes casos, já não é à sua *posição* que os corpos devem a sua energia, mas sim às suas velocidades. A esta energia chama-se *energia cinética*, ou ainda *dinâmica*.

71 — **Conservação da energia.** — Quando um corpo executa um certo trabalho, consome a energia com que realiza êsse trabalho; mas esta pròpriamente não se perde: muda apenas



de natureza ou transporta-se dum corpo para o outro.

Precisemos o caso, nalguns exemplos.

Se lançarmos uma bola de bilhar, *fig. 50*, de encontro a outra que esteja em repouso e se o choque se der bem de frente, veremos o seguinte: a bola que tinha movimento em seguida ao choque fica imóvel, e a que estava em repouso entra nesse mesmo instante em movimento. Temos, assim, um transporte de energia cinética dum corpo para o outro. A

energia cinética da primeira esfera não se perdeu, mas sim passou para a segunda.

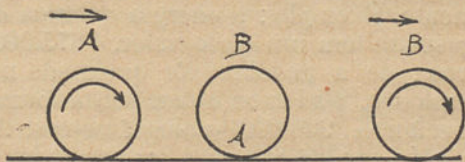


Fig. 50 — Transporte de energia cinética

Esta segunda esfera tem agora uma certa energia, a qual vai realizar um certo trabalho, vencendo atritos e chocando com outros corpos, motivo por que continuam a dar-se transformações ou transportes de energia.

Quando um rio tem uma queda de água, a energia natural da água, neste caso energia cinética, pode ser transformada em energia mecânica (para fazer trabalhar os moinhos, as máquinas das oficinas, etc.), ou em energia eléctrica, que por seu turno se pode transformar em energia luminosa (para iluminar as nossas habitações, etc., por meio de lâmpadas eléctricas) e também em energia mecânica (para mover carros e combóios eléctricos, motores eléctricos que accionem máquinas, tornos, frêses, engenhos de furar, rebolos, plainas, etc.).

Continuamos, portanto, a verificar que a energia da queda de água não se perdeu, tendo sido apenas transformada em outras energias. E mesmo quando a água cai livremente, sem que o homem

aproveite a sua energia, esta tampouco se perde : arrastando as pedras do leito do rio, modificando a estrutura das margens dêste, são ainda trabalhos que ela realiza, durante os quais a sua energia se transforma noutras.

Dizemos pois que não se perde nem se ganha em trabalho, assim como não podemos criar ou destruir energias. O total das energias que animam a Matéria é invariável.

Por vezes, a lei de conservação da energia parece deixar de verificar-se ; mas isto só se dá aparentemente. Exemplo : a energia química de um litro de gasolina tem um certo valor, 4.675.000 quilogrâmetros ; se a gasolina fôr queimada num motor de explosão, podemos obter, sob a forma de trabalho mecânico, 900.000 quilogrâmetros. A transformação de energia química em mecânica não foi completa, pelo que, à primeira vista, nos parece que uma certa quantidade de energia se perdeu. Mas não succedeu assim, visto que parte da energia química se transformou em energia térmica (calor), que não utilizamos, facto êste que não invalida, de modo algum, como pretendíamos, a lei da conservação da energia. Donde poder-se estabelecer o cálculo seguinte :

Energia química 4.675.000 quilogrâmetros = Energia mecânica 900.000 quilogrâmetros + Energia térmica 3.775.000 quilogrâmetros.

**72 — Diferentes formas de energia.** — Para pormos em movimento as diferentes máquinas duma oficina precisamos de uma certa fôrça, a qual produz um determinado trabalho. Podemos empregar, para o efeito, a fôrça de uma queda de água, ou produzir energia térmica (calor), pela combinação de dois corpos, o carbono e o oxigénio (máquina de vapor), ou ainda recorrer aos motores eléctricos alimentados pela corrente eléctrica.

A queda dum corpo (neste caso da queda de água), o calor, a combustão de carvão, certos fenómenos químicos, e a corrente eléctrica, são, respectivamente, manifestações das energias seguintes: energia mecânica; energia térmica; energia química; e energia eléctrica.

Destas diferentes formas de energia, uma, a energia eléctrica, tem propriedades preciosas. Assim, podemos transformá-la em qualquer das outras. A corrente eléctrica pode, com facilidade, ser transformada em energia mecânica (motores eléctricos), em térmica (luz e calor), em química (electrólise e electrometalurgia).

**73 — Máquinas simples.** — Uma máquina simples é um transformador de energia. As máquinas recebem energia dum motor qualquer e transformam-na, de forma a executarem certos trabalhos. A força potência realiza o trabalho; a resistência é representada pelo esforço que se opõe ao trabalho da potência. Daqui se conclui que há equivalência entre o trabalho realizado e o trabalho cedido à máquina pelo motor. Quere dizer, uma máquina não pode realizar um trabalho superior ao trabalho que lhe é dado pela força potência. De resto, dissemos já que as máquinas simples são transformadores, pelo que só têm a função de transformar e não de gerar energias.

As máquinas simples são constituídas por um conjunto de peças, conjunto que, como o seu nome indica, é bastante simples. Assim o verificamos a roldana, na alavanca, nas rodas dentadas, no plano inclinado, no parafuso, no sarilho, etc.

**74 — Alavanca.** — É constituída, *fig. 51*, por uma haste rígida de madeira, ou de ferro, etc. Nela temos a considerar dois pontos, que são pontos de aplicação de duas forças, e um ponto fixo ou *ful-*

cro, podendo êste tomar diferentes posições em relação aos outros dois.

Assim, se o ponto fixo está colocado entre o ponto de aplicação da potência e o da resistência, a alavanca é do primeiro tipo ou espécie, e chama-se inter-fixa. Se o ponto de aplicação da resistência está colocado entre o ponto de aplicação da potência e o ponto fixo, a alavanca é da segunda espécie e chama-se inter-resistente. Finalmente, se o ponto

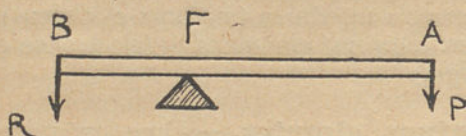


Fig. 51 — Alavanca

de aplicação da potência está no meio, dizemos que a alavanca é interpotente.

As aplicações das di-

ferentes alavancas encontram-se descritas adiante, junto dos respectivos tipos.

*Condições de equilíbrio para as alavancas rectilíneas:* quando as direcções das forças sejam perpendiculares à alavanca. Uma alavanca está em equilíbrio quando o momento da potência e o da resistência sejam iguais.

Chama-se *momento da potência*, fig. 51, ao produto da intensidade da potência pela distância que vai do ponto fixo ao ponto de aplicação da potência (braço da potência). O mesmo se diz para o *momento da resistência*, que será o produto da resistência pela distância que vai do ponto fixo ao ponto onde está aplicada a resistência.

$$P \cdot AF = R \cdot BF$$

As distâncias  $AF$  e  $BF$  têm, respectivamente, os nomes de *braço da potência* e *braço da resistência*.

*Relação entre as forças e os braços das alavan-*

cas. — A potência e a resistência são inversamente proporcionais aos seus braços :

$$\frac{P}{R} = \frac{b}{a}$$

Podemos, pois, determinar o valor da potência, isto é, a sua intensidade, em quilogramas, desde que conheçamos os valores de  $R$ ,  $a$  e  $b$ . Duma maneira geral, conhecendo três dessas quantidades, podemos determinar uma quarta, e resolver assim diferentes problemas, entrando na fórmula com os respectivos valores. Os braços da alavanca são medidos em metros ou centímetros lineares.

*Plano das forças* — Numa alavanca, o plano determinado pelas direcções das duas forças é perpendicular ao fulcro  $Z$  (eixo da alavanca). Na prática, as alavancas não giram à volta de um ponto, mas sim de uma linha que se chama *eixo* ou *fulcro*.

75 — **Alavanca inter-fixa.** — Esta alavanca é muito empregada quando queremos, com um esforço relativamente pequeno, vencer uma grande

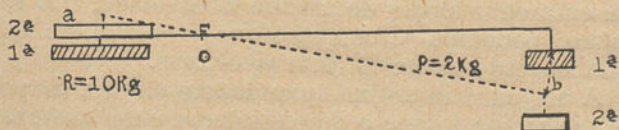


Fig. 52 — Alavanca inter-fixa

resistência. Assim, exercendo uma força potência um pouco superior a 2 quilogramas, somos capazes de, com a alavanca representada na *fig. 52*, deslocar uma resistência de 10 quilogramas; neste caso o braço da potência é cinco vezes maior do que o braço da resistência.

Em vez de actuarmos directamente sôbre a resistência, actuamos por intermédio da alavanca, e assim, com uma fôrça um pouco superior a 2 quilogramas, conseguimos deslocar uma resistência da posição 1.<sup>a</sup> para a 2.<sup>a</sup>.

Se tivéssemos actuado directamente sôbre o corpo, teríamos de empregar uma fôrça um pouco superior a 10 quilogramas, mas como empregámos a alavanca, poupámos em fôrça, visto que uma fôrça um pouco superior a 2 quilogramas foi suficiente. Ganhámos, pois, em Fôrça.

Se compararmos os deslocamentos, ou caminhos, percorridos pelas duas fôrças, vemos que a fôrça potência se deslocou muito mais do que a fôrça resistência e que o que havíamos ganho em fôrça tivemos de compensá-lo em caminho percorrido. Conseqüentemente, perdemos em caminho; pois, para deslocarmos a resistência de 1 centímetro, tivemos de actuar no ponto de aplicação da potência durante um espaço de 5 centímetros.

Muitas vezes não dispomos de fôrças de grande intensidade e não nos importamos que o deslocamento seja grande. Outras vezes, queremos que os deslocamentos sejam pequenos, e então teremos de empregar fôrças de grande intensidade. Em resumo, podemos dizer que o que se ganha em caminho perde-se em fôrça, e vice-versa.

A alavanca inter-fixa, quando tem o braço da potência maior do que o da resistência, é um exemplo do caso em que se ganha em fôrça. Um homem, servindo-se apenas da sua fôrça muscular, é incapaz de levantar um bloco de pedra de 400 quilogramas; mas com uma alavanca fâcilmente o deslocará. No caso dos braços serem iguais, não se perde nem se ganha em fôrça e os caminhos percorridos são iguais. Quando o braço da resistência fôr maior do que o da potência, então perder-se-á em fôrça, ganhando-se conseqüentemente em caminho.

São exemplos de alavancas inter-fixas: a balança, a torquez, o alicate, etc.

76 — **Alavanca inter-resistente.** — Neste tipo de alavanca, *fig. 53*, os sentidos das forças são contrários. Com as alavancas deste género ganhamos sempre em força, porque o braço da potência é sempre maior do que o braço da resistência. Exemplos: o parte-nozes, alguns pedais de máquinas, etc.

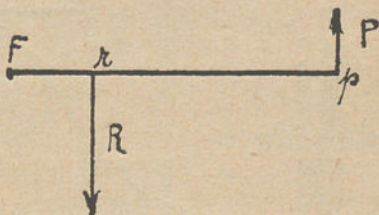


Fig. 53 — Alavanca inter-resistente

77 — **Alavanca inter-potente.** — Nas alavancas deste tipo, *fig. 54*, são também contrários os sentidos, e, como já sabemos, é o ponto de aplicação da potência que está no meio.

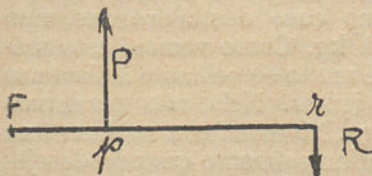


Fig. 54 — Alavanca inter-potente

Com uma alavanca deste género perde-se sempre em força, ganhando-se evidentemente em caminho.  $Fp$  é, neste tipo de alavanca, menor do que  $Fr$ . Exemplo: o pedal do amolador, etc.

78 — **Roldana.** — É uma máquina simples, *figs. 55 e 56*, constituída por um disco de madeira ou de ferro, que tem na sua periferia uma gola ou garganta, sendo esse disco atravessado por um eixo que lhe passa pelo centro. O eixo está

apoiado, nos seus extremos, nos dois ramos duma forquilha, a qual se chama *alça*. A roldana está fixa por um olhal ou gancho que existe na alça e

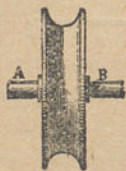


Fig. 55 — Disco de roldana

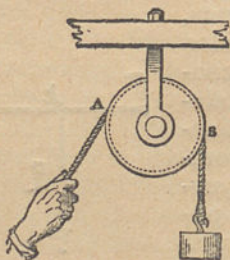


Fig. 56 — Roldana fixa

tem sus-  
pensas, nos  
dois extre-  
mos da cor-  
da, duas car-  
gas iguais.  
Neste caso  
a roldana es-  
tá em equilíb-  
rio. Se su-  
bstituímos  
uma das  
cargas pela

nossa força muscular, teremos, como no caso das alavancas, uma força a que chamaremos potência e outra, que aqui é representada pelo peso do corpo, a que se chama resistência.

Se quisermos elevar o corpo de 10 kg., teremos de empregar, como no caso das alavancas, uma potência superior a 10 kg. Como vemos, esta máquina, *roldana fixa*, é muito semelhante à alavanca inter-fixa de braços iguais. Nela não perdemos nem ganhamos em força. No entanto, a roldana fixa é muito empregada, principalmente quando desejamos transportar um corpo dum nível inferior para outro superior; neste caso, em vez de empregarmos só a nossa força muscular, empregamos também o peso do nosso corpo. Esta roldana é usada em combinação com outras, ou isolada, para modificar o sentido das forças. Vemo-la freqüentemente empregada na extracção de água dos poços, etc.

79 — **Roldana móvel.** — Neste tipo de roldana, como o seu nome indica, a roldana tem movimento, isto é, a alça não está fixa; desloca-se,



como veremos. A roldana móvel, *fig. 57*, está suspensa pela corda, a qual tem um dos seus extremos fixos, *F*. No outro extremo da corda aplicamos a *potência*. A *resistência* é constituída pelo peso do corpo que queremos elevar e está aplicada no gancho da alça. É claro que o peso do corpo distribui-se igualmente pelos dois ramos da corda e, neste caso, teremos que cada ramo suporta 5 kg. (1).

Se aplicarmos na extremidade livre da corda uma força um pouco superior a 5 kg. deslocamos o corpo que pesa 10 kg. Ganhamos em força e temos, como já é sabido, de perder em caminho. Assim é, pois o caminho percorrido pela potência é maior do que o percorrido pela resistência, como vamos vêr.

Quando puxamos um metro de corda, esta, devido à sua forma e ao peso que suporta, encurta êsse comprimento pelos dois ramos, ou seja, neste caso,  $\frac{1}{2}$  metro em cada; por esta razão o corpo que está colocado no gancho da roldana e esta mesmo sobem  $\frac{1}{2}$  metro. Neste exemplo o deslocamento da resistência foi metade do da potência. Perdemos em caminho, mas ganhámos em força.

Este tipo de roldana é bastante empregado em combinação com roldanas fixas.

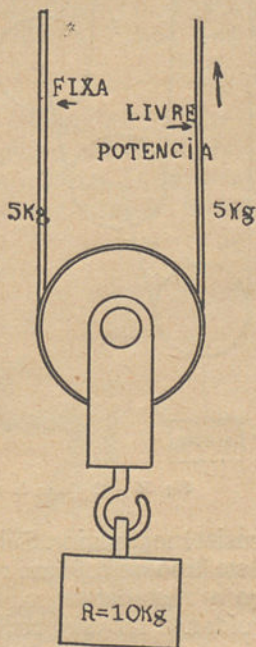


Fig. 57 — Roldana móvel

(1) *R* representa o peso do corpo e da própria roldana, desprezando nós o peso da corda.

80—**Conjunto de roldanas.**—Neste sistema, *fig. 58*, empregamos diversas roldanas móveis e uma fixa. Com

uma pequena potência, que tem o seu ponto de aplicação no extremo do cabo que sai da roldana fixa, podemos vencer uma

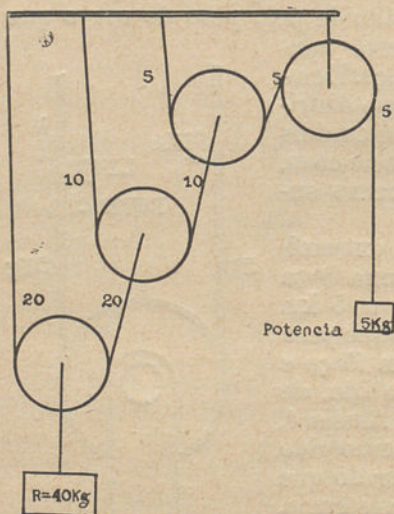


Fig. 58 — Conjunto de roldanas

resistência maior. Sabemos que usando este tipo de roldana reduzimos o esforço a metade; logo, empregando três roldanas móveis, reduziremos a potência a um oitavo do valor da resistência, isto no caso de desejarmos equilibrar a resistência. Se quisermos deslocar uma carga de 40 kg. teremos de aplicar uma força cuja intensidade seja superior a 5 kg.

Neste sistema ganhamos em força e, como sempre, perdemos em caminho.

81 — **Cadernais.** — São conjuntos de roldanas, que podem dividir-se em:

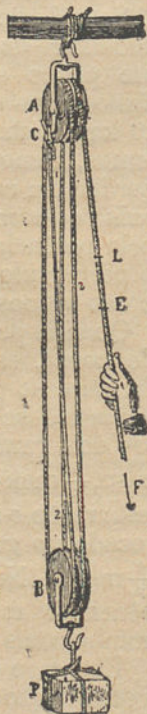


Fig. 59—Conjunto de roldanas (talha)

Roldanas montadas no mesmo eixo, com alças independentes, como a que nos representa a *fig. 59*; roldanas montadas na mesma alça e com eixos independentes.

A combinação de dois cadernais, um fixo e outro móvel, é muito usada a bordo dos navios, nos guindastes, nos esticadores de fios e cabos, nos aparelhos diferenciais, etc.

82 — **Sarilho.** — É também uma máquina simples, como a maioria das máquinas atrás estudadas. Nêle também ganhamos em fôrça. O *sarilho* é constituído por um cilindro de madeira, ou ferro,

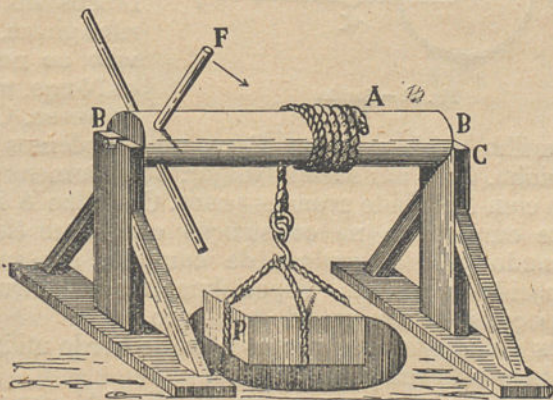


Fig. 60 — Sarilho

*fig. 60*, que é atravessado por um eixo que se apoia nos seus extremos em duas chumaceiras. Este eixo tem o nome de *eixo dos munhões*. No referido cilindro vêm-se colocadas hastes que seguem a direcção dos raios do mesmo cilindro.

Nos extremos dessas hastes, que têm o nome de

*braços do sarilho*, é que aplicamos a potência. Imprimindo movimento ao cilindro, num ponto do qual fixámos a extremidade do cabo, êste enrola-se e o corpo que está suspenso na outra extremidade é erguido. Comparando o caminho percorrido pela resistência, que consiste no pêsso do corpo que estamos elevando, com o caminho percorrido pelo ponto de aplicação da potência, ponto onde exercemos o nosso esforço, vemos que o deslocamento do ponto de aplicação da potência é muito maior do que o da Resistência.

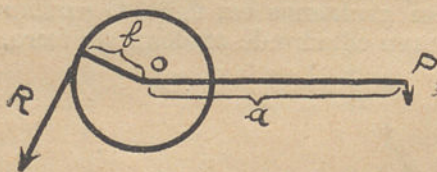


Fig. 61 — Sarilho

O corpo sobe lentamente, ao passo que os braços do sarilho giram, devido ao nosso esforço, mais depressa. Com

o sarilho ganhamos em fôrça, mas perdemos em caminho. Com um sarilho vulgar, dois homens elevam com facilidade grandes pesos. O sarilho é bastante empregado na construção civil, com êle se elevando pesadas pedras de cantaria, grossas e compridas vigas, etc. Especialmente na construção de poços é de um grande préstimo.

Os guindastes dos portos e os de bordo utilizam também esta máquina simples.

Podemos comparar o sarilho, *fig. 61*, com uma alavanca interfixa de braços desiguais, mas onde o braço da potência seja maior do que o braço da resistência.

O ponto fixo está colocado no eixo do cilindro ; o braço da potência é a distância que vai do ponto fixo ao ponto onde aplicamos a potência ; o braço da Resistência é a distância que vai do ponto fixo ao ponto onde está aplicada a resistência, que é o ponto de tangência do cabo com o cilindro. Os bra-

ços são representados na mesma figura pelas letras,  $a$  o da potência, e  $b$  o da resistência, que, como vemos, é igual ao raio do cilindro. Se o cabo que vamos enrolando se sobrepuser às primeiras voltas, então o braço da resistência terá, é claro, um valor maior; é como se o raio do cilindro aumentasse.

83 — **Plano inclinado.** — É uma máquina simples formada por um plano suficientemente rígido, para suportar grandes cargas estando inclinado. Como já vimos, sempre que perdemos em caminho ganhamos em força; com uma força pequena,

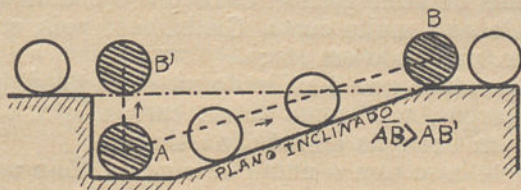


Fig. 62 — Plano inclinado

desde que o deslocamento seja grande, podemos vencer ou deslocar uma grande resistência.

Um homem não tem força muscular suficiente para elevar um barril de óleo, do nível  $A$  para  $B$ , *fig. 62*, segundo o caminho  $AB'$ ; mas se colocarmos um plano inclinado que ligue as duas superfícies por um caminho, 3,5 vezes maior do que aquele, medido segundo a vertical, veremos que o homem consegue por meio desse plano inclinado e com um esforço relativamente pequeno, fazer subir o barril até ao nível  $B$ . É claro que o esforço foi aqui 3,5 vezes menor do que o necessário para suportar o barril segundo a vertical. Como no caso das alavancas, teremos que a potência capaz de

produzir o deslocamento neste exemplo terá de ser um pouco superior à resistência. O que o homem perdeu em caminho ganhou em força; andou mais metros mas poupou em força, quilograma.

As escadas e as estradas, quando inclinadas, são também exemplos de planos inclinados. Quanto menos inclinada é uma estrada, menos nos custa a subí-la, por ser a potência a empregar menor do que no caso de haver nela grande inclinação; o caminho a percorrer para se atingir uma certa altura será, no primeiro caso, muito maior do que no segundo. Demoraremos mais tempo indo pela estrada mais suave, perdendo em caminho. Se, pelo contrário, seguirmos pelo caminho mais inclinado teremos de fazer grande esforço e o caminho percorrido será muito curto. Ganhámos, pois, em caminho, perdendo em força.

O parafuso que é utilizado na elevação de grandes cargas, tais como trens, carros, etc., é também um exemplo de máquina simples.

Neste caso tem o nome de *macaco*. Com um esforço muito pequeno, somos capazes de elevar um pesado carro, para reparar uma roda, etc.

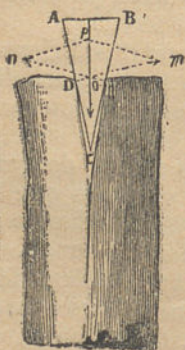


Fig. 63 — Cunha

§4—**Cunha.**—A cunha, *fig. 63*, é empregada para separar dois corpos que estão fortemente unidos; o rachador emprega-a para abrir os troncos das árvores, ou melhor, para manter aberta a fenda produzida pelo machado. O deslocamento vertical da cunha, isto é, neste caso, o deslocamento da cunha, segundo o seu comprimento, é muito maior do que o deslocamento lateral produzido por ela. A potência é aplicada por intermédio do malho, na parte superior da cunha; a *resis-*

*tência* é representada pela resistência que as fibras da madeira opõem à penetração da cunha.

85 — **Potência dinâmica.** — As unidades de trabalho, o *Erg* e o *Quilogrâmetro*, podem ser realizadas sem entrarmos em linha de conta com o tempo. Assim, podemos elevar o pêso de 1 quilograma à altura de um metro, em um segundo ou em 1 hora. Em qualquer dêstes casos dizemos que a fôrça que produziu êsse deslocamento realizou o trabalho de 1 quilogrâmetro. Na prática interessa-nos que o trabalho seja realizado num tempo determinado. Dois motores podem, pois, realizar o mesmo trabalho em tempos diferentes, sendo a velocidade de trabalho maior num caso do que noutro, o que exprimimos dizendo que a quantidade de trabalho produzido, no mesmo tempo, é num caso maior do que noutro.

O trabalho realizado por um motor na unidade de tempo é medido em unidades chamadas de *potência-dinâmica*. Por ser necessário, sob o ponto de vista industrial, conhecermos o trabalho que um motor é capaz de realizar num certo tempo, nos motores é sempre indicada a sua potência em unidades de potência-dinâmica.

*Unidade de potência-dinâmica* — O *Cavalo-vapor* (C. V.) é a unidade do sistema mecânico e equivale a 75 quilogrâmetros por segundo. O *Horse-Power* (H. P.), unidade inglesa, vale 76,61 quilogrâmetros por segundo.

Pelo acima exposto, devemos dizer que o motor dum barco tem a potência de 500 C. V., e nunca a fôrça de 500 C. V.. Esta segunda maneira de exprimir o facto é errónea.

86 — **Energia.** — É a capacidade de produzir trabalho. Como já dissemos, existem diferentes formas de energia, as quais, como são capazes de pro-

duzir trabalhos, podem ser medidas em quilogrametros. Se entrarmos em conta com o tempo, então poderemos medí-las com as unidades de potência.

87 — **Trabalho motor.** — Diz-se que um trabalho é motor quando o deslocamento se dá no sentido em que actua a fôrça que realiza êsse trabalho. Exemplo: quando furamos uma chapa com uma broca, montada num barbequim, o deslocamento da broca dá-se no sentido da fôrça que sôbre ela actua; logo o trabalho realizado pela nossa fôrça, por intermédio da manivela, é um trabalho motor.

88 — **Trabalho resistente.** — Diz-se que um trabalho é resistente quando êle se opõe ao deslocamento. Assim, tomando ainda o exemplo acima indicado, temos que as fôrças de coesão do metal, as quais se opõem ao deslocamento da broca, constituem o trabalho resistente.

89 — **Trabalho útil.** — É o trabalho que praticamente é utilizado, ou aproveitado. Exemplo, num moinho de trigo, o trabalho necessário para moer o trigo é um trabalho útil resistente, pois o moinho destina-se a moer o trigo. Mas temos ali de realizar outros trabalhos de que praticamente não aproveitamos, tais como o atrito das mós, os atritos dos veios nas chumaceiras, o pêso das peças, etc.. À soma dêstes trabalhos chamamos *trabalho passivo*.

O trabalho resistente  $Tr$  é igual à soma do trabalho útil,  $Tu$ , com o trabalho passivo  $Tp$ , ou seja:

$$Tr = Tu + Tp$$

90 — **Rendimento duma máquina.** — Debaixo do ponto de vista económico e mecânico, é



muito importante conhecer o rendimento duma máquina, para se escolher a que nos é capaz de fornecer uma determinada potência dinâmica mais barata.

Teremos então que entrar em conta com o custo dos combustíveis, óleos, etc.

O rendimento mecânico duma máquina, é a relação que existe entre o  $T_u$  e o  $T_m$ , ou seja

$$R = \frac{T_u}{T_m}$$

O rendimento é sempre indicado por um número menor do que a unidade, e costumamos exprimi-lo em forma de percentagens. Por exemplo, uma máquina de vapor tem um rendimento de 15 %; quer isto dizer que, devido às diferentes transformações, perdemos 85 % da energia inicial, neste caso do carvão de pedra, se êste fôr o combustível empregado.

O corpo humano, considerado como uma máquina, é de um alto rendimento: 33 %.

O motor de combustão interna (gasolina, óleo, gás) tem rendimentos aproximados a 20 %.

A pilha eléctrica de Volta transforma energias químicas em eléctricas e é de muito alto rendimento: 90 %.



## CAPÍTULO V

### Elastecidades — Atritos — Sistemas de Unidades

91 — **Elasticidade.** — É a propriedade que os metais têm de deixarem modificar a sua forma ou o seu volume, devido a uma acção externa, voltando à forma ou volume primitivos logo que cesse essa acção. Assim, há duas espécies de elasticidades, uma de forma, outra de volume.

A *elasticidade de forma* tem muitas aplicações em diferentes máquinas. Vimos já, quando tratámos dos dinamómetros, uma aplicação sua, mas outras serão indicadas depois do estudo das diferentes elasticidades de forma.

A elasticidade de forma divide-se em: *elasticidade de tracção*; *elasticidade de compressão*; *elasticidade de flexão*; e *elasticidade de torção*.

92 — **Elasticidade de tracção.** — Diz-se que um corpo tem elasticidade de tracção quando, applicando sobre êle uma força no sentido do comprimento, este aumenta, voltando ao comprimento primitivo logo que cesse a acção da força.

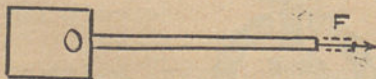


Fig. 64 — Elasticidade de tracção

Se tomarmos uma lâmina de cobre, *fig. 64*, que tenha uma das extremidades fixa em *O*, e se na outra applicarmos uma força *F*, veremos o comprimento da lâmina *L* au-

mentar, enquanto a força  $F$  estiver actuando. Quando a força deixar de actuar o comprimento da lâmina voltará a ter o mesmo valor que no começo da experiência. A lâmina tem a propriedade chamada *elasticidade de tracção*.

Em geral, a elasticidade de tracção é muito pequena nos metais.

**93 — Elasticidade de compressão.** — Diz-se que um corpo tem esta espécie de elasticidade quando, applicando sobre êle uma força no sentido do seu comprimento, êste se reduz, voltando à forma primitiva logo que cesse a acção da força. Se tomarmos um bloco de borracha, *fig. 65*, e se sobre êle exercermos uma força, a altura do bloco será reduzida duma certa quantidade; se em seguida deixarmos de exercer essa força, o bloco voltará a ter a altura que tinha antes. O bloco de borracha, neste caso, tem *elasticidade de compressão*.

A elasticidade de compressão da borracha e a do ar comprimido são também muito empregadas na indústria dos automóveis, como mais tarde veremos. A elasticidade de compressão dum bloco de metal pode ser apreciada apoiando o bloco verticalmente sobre um suporte e exercendo sobre a parte superior dêle uma forte pressão. O bloco diminui de altura por ter elasticidade de compressão. Esta elasticidade varia de metal para metal. Nas construções metálicas, pontes, etc., entra-se sempre em consideração com as diferentes elasticidades dos corpos empregados.

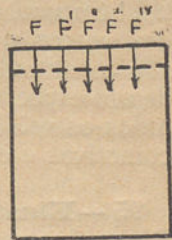


Fig. 65—Elasticidade de compressão

**94 — Elasticidade de flexão.** Dizemos que um corpo tem esta elasticidade quando, applicando uma força sobre o corpo, força perpendicular ao

sentido do comprimento, aquele flecte, voltando à forma primitiva logo que cesse a acção da fôrça.

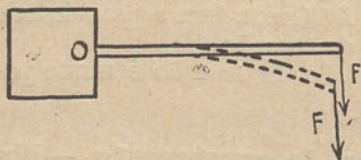


Fig. 66 — Elasticidade de flexão

Se tomarmos, *fig. 66*, uma lâmina de aço  $L$ , que esteja fixa numa das suas extremidades  $O$ , e se aplicarmos em  $A$  uma fôrça  $F$ , veremos a forma da lâmina ser alterada;

se em seguida a fôrça deixar de actuar, a lâmina voltará à posição primitiva. Neste caso dizemos que a lâmina tem *elasticidade de flexão*.

Esta elasticidade de forma dos corpos sólidos é também muito empregada na indústria. As molas dos carros que têm diferentes formas curvilíneas são constituídas por várias lâminas (folhas de mola) de aço especial. Este tipo de mola é usado em quasi todos os veículos, carros de cavalos, automóveis, locomotivas e carruagens de caminhos de ferro, etc.

### 95 — Elasticidade de torção. —

Diz-se que um corpo tem *elasticidade de torção* quando, fixada uma das suas extremidades e aplicando-se sobre elle uma fôrça, a outra extremidade do corpo faça um movimento de rotação total ou parcial em tórno do seu eixo longitudinal. Esta deformação, devido à acção da fôrça, cessará logo que a acção desapareça, voltando então o corpo à sua forma primitiva.

Se tomarmos um fio de aço, *fig. 67*, fixando-o numa das extremidades, e applicarmos na outra uma fôrça, de modo que esta tenda a fazer girar o fio sobre si mesmo (num movimento de rotação), ve-

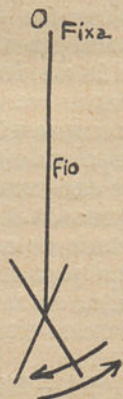


Fig. 67 — Elasticidade de torção

remos que apesar do fio estar fixado em  $O$  é possível imprimir-lhe movimento deformando-o; e veremos também que, logo que deixa de actuar a fôrça, o fio volta à sua posição primeira. Dizemos por isso que o fio tem *elasticidade de torção*.

Esta elasticidade tem algumas applicações em aparelhos de laboratório que se destinam ao estudo das correntes eléctricas. Na prática importa conhecer o valor dessa elasticidade, para os diferentes casos que se verificam na construção de máquinas (veios, etc.), na construção metálica, etc.

96 — **Elasticidade de volume.** — Esta elasticidade não é comum a todos os corpos sólidos, pois, como as elasticidades citadas, varia bastante de corpo para corpo ou, mais pròpriamente, de substância para substância. Diz-se que um corpo tem esta espécie de elasticidade quando, exercendo sôbre êle uma certa fôrça, êle reduz o seu volume, voltando a ter o volume primitivo logo que cessa a acção da fôrça aplicada.

No caso dos corpos no estado líquido ou no gasoso, quando exercemos uma pressão sôbre êles deminuímos os seus respectivos volumes. Os líquidos e os gáses retomam o volume primitivo logo que cessa a acção da pressão. Podemos dizer que os corpos no estado líquido e no gasoso são perfeitamente elásticos.

Os corpos no estado sólido têm elasticidades diferentes: assim, uma esfera de marfim tem uma grande elasticidade de volume, ao passo que a elasticidade de uma esfera de chumbo é mínima. Se tomarmos uma esfera de marfim, *fig. 68*, e a deixarmos cair sôbre uma superfície rígida  $S$ , a esfera, quando em  $I$ , tem a forma perfeitamente esférica; altera-a quando se dá o choque em  $II$ ; e em seguida a êste, devido à reacção das partículas do marfim, a esfera salta e retoma o volume primitivo, em  $III$ .

Podemos demonstrar que a esfera se deformou por instantes, untando-a com uma gordura e pulindo muito bem a superfície

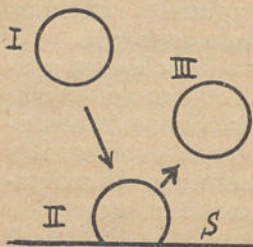


Fig. 68—Elasticidade de volume

S. Quando do choque, aparecerá uma grande nódoa sobre a superfície S, em vez de aparecer um ponto apenas. Prova isto que a esfera se deformou. Dizemos, pois, que a esfera tem *elasticidade de volume*. Se fizéssemos idêntica experiência com uma esfera de chumbo, ela não saltaria e ficaria deformada, não por instantes, mas sim definitivamente. Neste caso, diríamos que a esfera em questão não tinha elasticidade de volume.

97 — **Atritos.** — Classificam-se os atritos em dois grupos: *atritos de escorregamento* e *atritos de rolamento*.

Diz-se que um atrito é *de escorregamento* quando os mesmos pontos do móvel fazem contacto com diferentes pontos duma superfície. Assim, na *fig. 69*,

temos o corpo C que desliza sobre a superfície S; os mesmos pontos da base C estão sempre em

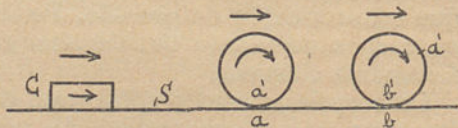


Fig. 69

Fig. 70

Atritos

contacto com os diferentes pontos da superfície S. Este atrito oferece grande resistência ao movimento do corpo C. Como aplicação d'este atrito temos o atrito existente entre os nossos pés e o solo, o qual nos permite andar, sendo bem notório que, desde que o atrito diminua, a marcha se torna di-

fícil. Portanto, nem todos os atritos são prejudiciais: assim, também o atrito das correias sobre os tambores tem grande aplicação para transmitir forças.

Os freios dos carros (trens, automóveis, locomotivas, etc.) quer do tipo de cepo ou do de cinta, produzem atritos tão grandes, quando são postos em acção, que as velocidades dos veículos são rapidamente reduzidas; esta aplicação do atrito é muito importante para a boa condução do veículo e segurança dos passageiros.

Dizemos que um atrito é *de rolamento*, quando diferentes pontos do corpo vão por sua vez fazer contacto com pontos diferentes da superfície. Como exemplo desta espécie de atrito, temos a roda dum carro, *fig. 70*, e a superfície da estrada *S*.

Na posição 1.<sup>a</sup> o ponto *a* coincide com *a'*; na posição 2.<sup>a</sup> o ponto *b* é que coincide com *b'*. Como vemos, os pontos de contacto são diferentes, pois a roda tem movimento em torno do seu eixo e, ao mesmo tempo, vai andando sobre a superfície da estrada. Este atrito absorve menos energia do que o de escorregamento. As rodas dos carros têm movimento em torno do seu eixo, porque, se o não tivessem (caso da roda travada) o atrito seria muitíssimo maior e, conseqüentemente, a energia necessária para pôr e manter em marcha o carro seria muito maior.

Há, portanto, vantagem em tornar mínimos êsses atritos da roda em torno do seu eixo. Para isso empregamos dispositivos especiais: chumaceiras com casquilhos de diferentes metais, entre os quais o mais empregado é o bronze; *rolamentos de roletes* e *rolamentos de esferas*. Nestes dois últimos dispositivos, o contacto faz-se, respectivamente, segundo um conjunto de linhas, ou de pontos. As esferas e os roletes são feitos de aços especiais e montados em caixas (*carcaças*), as quais os man-

têm sempre na mesma posição, uns em relação aos outros. Em todos os casos, os contactos, quer êstes sejam superfícies, linhas ou pontos, são lubrificados por óleos ou lubrificantes pastosos (massas consistentes), os quais têm por fim diminuir o atrito entre os contactos e evitar o desenvolvimento de calor.

Os rolamentos de roletes e de esferas, *fig. 71*, são muito usados em tôdas as máquinas em que se pretendem reduzir ao mínimo possível os atritos, e em

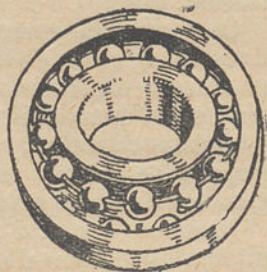


Fig. 71 — Rolamento de esferas;

máquinas que atingem grande número de rotações por minuto. Assim, é corrente o seu emprêgo na construção de automóveis, nos motores eléctricos e geradores, nas bicicletas, nas árvores de transmissões, em diferentes máquinas ferramentas, etc.

98 — **Sistema de unidades.** — Por concretizar bem as equivalências das unidades de trabalho dos diversos sistemas, organizámos o seguinte quadro :

	Sistema C. G. S.	Sistema Prático	Sistema Mecânico
Unidade de Fôrça ....	Dyne		Quilograma
Unidade de Trabalho .	Erg.	Joule	Quilogrâmetro
Unidade de Potência..	Erg. por segundo	Watt	Cavalo-Vapor

1 C. V. (cavalo-vapor) é igual a 736 Watts. 1 C. V. é também igual a 75 quilogrâmetros por se-



gundo. A unidade de Potência Dinâmica H. P. (horse-power), que pertence ao Sistema de Unidades Britânicas, equivale a 746 Watts, e a 76,07 quilogrâmetros por segundo.

Se tomarmos a hora como unidade de tempo e como unidade de potência o watt, aparece-nos uma nova unidade, o Watt-Hora, que é o trabalho efectuado em uma hora por uma máquina cuja potência dinâmica é igual a 1 Watt.

Quando a potência da máquina é medida em C. V. e o tempo em horas, temos a unidade que se chama *Cavalo-Hora*.

O *Cavalo-vapor* e o *Watt-Hora*, com os seus múltiplos (*Hectowatt-Hora* e *Quilowatt-Hora*) são os mais empregados na prática.

Eis, a seguir, outra série de equivalências de medidas de trabalho :

- 1 Joule = 0,102 quilogrâmetros.
- 1 Grande Caloria = 4,18 joules.
- 1 Watt-Hora = 3600 joules.
- 1 Quilowatt = 1,36 C. V.
- 1 Quilowatt = 1,34 H. P.
- 1 Quilogrâmetro = 9,8 joules.
- 1 C. V. Hora = 270000 quilogrâmetros.
- 1 Watt » = 1 joule por segundo.
- 1 Horse-power = 1,613 Cavalo-vapor.

$$1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ Quilowatt} = 1,34 \text{ Horse-power.}$$

## CAPÍTULO VI

### Hidrostática

#### 99 — **Propriedades gerais dos líquidos.**

— Os líquidos não têm forma própria; são quasi incompressíveis, e perfeitamente elásticos.

Não têm forma própria, pois tomam sempre a forma do vaso onde estão contidos.

São incompressíveis, visto que, quando submetidos a fortes pressões, reduzem o seu volume duma quantidade insignificante.

Perfeitamente elásticos, isto é, elles retomam o volume primitivo logo que cesse a causa que os comprimiu.

O líquido que existe na Terra em maior quantidade é a água, a qual forma os mares, os rios, as nascentes, a chuva, as nuvens, e entra em grande percentagem nos corpos orgânicos.

100 — **Propagação das pressões nos líquidos.** — As pressões exercidas sobre a superfície dum líquido transmitem-se em tôdas as direcções e integralmente, isto é, sem perda de intensidade.

Esta propriedade, que tem o nome de *princípio de Pascal*, é uma das mais importantes a considerar nos líquidos.

101 — **Princípio de Pascal.** — Este princípio diz-nos que as pressões se transmitem em tôdas

as direcções. Demonstramos esta propriedade com o frasco da *fig. 72*. Se o enchermos de água e exercermos uma pressão de 1 kg. sôbre o líquido, por meio de um êmbolo que possa deslizar no cilindro que forma a tubuladura do vaso, veremos que em qualquer parte da superfície do líquido, *B* ou *C* ou outra qualquer, se obtem uma pressão, a qual pode ser aproveitada. Assim fica demonstrado que a pressão exercida sôbre *A* se transmite em tôdas as direcções.

Se tomarmos as superfícies *B* e *C*, iguais a *A*, observaremos que as pressões recebidas por essas superfícies são exactamente iguais à pressão que exercemos sôbre o êmbolo

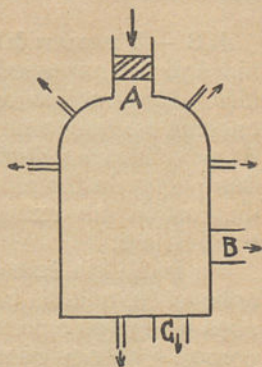


Fig. 72—Demonstração do princípio de Pascal

em *A*. O que demonstra que as pressões se transmitem integralmente (sem perda de intensidade).

Para medirmos as pressões, empregamos instrumentos que mais adiante serão estudados e que se denominam *barômetros* e *manômetros*.

### 102 — Corolário do princípio de Pascal.

— Numa massa líquida, as pressões transmitem-se proporcionalmente às superfícies que as recebem.

Podemos proceder à sua demonstração experimental, da maneira seguinte. Tomamos dois reservatórios cilíndricos *A* e *B*, que comuniquem entre si e estejam cheios de água; a secção do reservatório *A* é 100 vezes maior do que a do reservatório *B*. Colocando cargas em *B* vemos o nível de *A* subir; para que êste não suba temos de equilibrar essas cargas colocando outras no êmbolo *A*. O líquido fica em equilíbrio quando colocarmos 1 kg. em *B*

e 100 kg. em *A*. Verifica-se assim a exactidão do enunciado acima, isto é, que as pressões se transmitem proporcionalmente às superfícies que as recebem.

103 — **Prensa hidráulica.** — Utiliza a prensa hidráulica a propriedade que é expressa pelo corolário do princípio de Pascal. É uma máquina de enorme aplicação na indústria, sendo bastante usada nas fábricas de tecidos, para reduzir o volume das peças de fazenda, na compressão das pranchas de cortiça, na extracção de óleos de frutos, sementes, etc.

Na indústria êste corolário tem ainda diferentes aplicações, pois há bastantes exemplos de transmissões de forças e pressões por meio de água e óleos, como se dá nos ascensores hidráulicos, nos macacos hidráulicos, etc.

Passamos a descrever a prensa hidráulica. A prensa, *fig. 73*, é constituída por dois cilindros, *C* e *C*, os quais têm os respectivos êmbolos *y* e *x*; sôbre a base exterior do êmbolo *x* e solidário com êste, está montado o prato móvel, que tem movimento vertical entre as quatro colunas que suportam o prato fixo *O*. Entre o prato móvel e o fixo coloca-se o objecto ou corpo a comprimir. O homem exerce uma certa força na haste *L*, que é uma alavanca inter-resistente; essa força é transformada em pressão sôbre o líquido que enche os dois cilindros *C* e *C*.

Como as pressões se transmitem proporcionalmente às superfícies que as recebem, segundo já vimos, acontece que sôbre a base interior (a qual se não vê) do êmbolo maior a água que vem do cilindro pequeno exerce uma grande pressão.

Se quisermos determinar o valor teórico dessa pressão, teremos de conhecer as secções dos êmbolos e a pressão exercida pelo homem.

A fim de que a água que entra para o cilindro maior não volte para trás, quando o homem deixa de exercer pressão sôbre a água do êmbolo pequeno, existe uma válvula no tubo que liga os dois

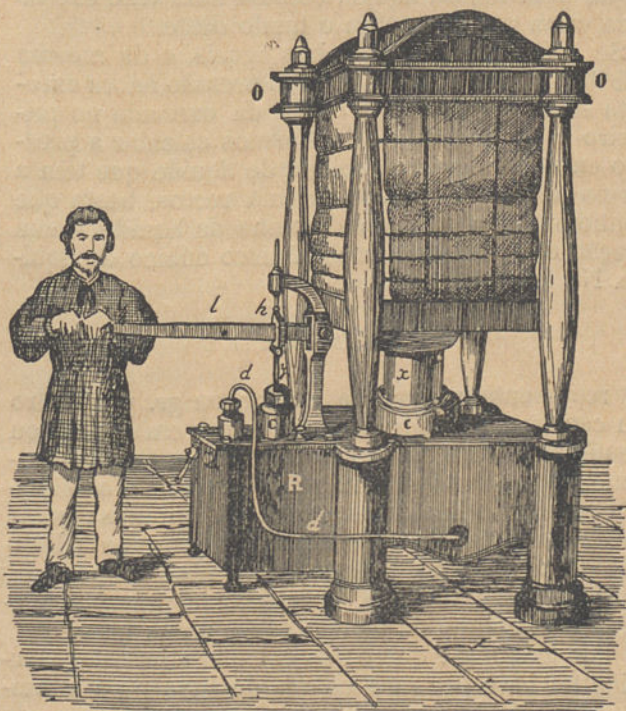


Fig. 73 — Prensa hidráulica

cilindros, evitando assim o seu retôrno. À medida que a água vai entrando para o cilindro *C* maior, a bomba onde o homem actua vai aspirando a água dum reservatório que se encontra na base da própria prensa.

104 — **Pressão de cima para baixo.**—Esta pressão é causada pelo pêsso do líquido, ou seja, devido à acção da gravidade sôbre o líquido. Pela mesma razão por que um cubo de madeira exerce uma certa pressão sôbre o plâno onde está assente, assim uma massa líquida contida num vaso exerce uma certa pressão sôbre o fundo dêste.

Se collocarmos dois cubos iguais, e da mesma substância, um sôbre o outro, a pressão agora exercida sôbre o plâno será dupla da exercida no primeiro caso. Assim, se desejarmos calcular a pressão exercida por uma coluna de líquido que tem a forma de um cilindro ou prisma rectos, basta que conheçamos a altura da coluna de líquido, a sua secção e o pêsso de um centímetro cúbico de líquido. Na fórmula seguinte :

$$P = A \times S \times D$$

*P* representa a pressão em kg. ou gr. por metro ou centímetro quadrados, *A* a altura em metros ou centímetros, *S* a secção da base em metros ou centímetros quadrados, sendo *D* o pêsso de 1 centímetro cúbico do líquido expresso em grammas; mais tarde veremos que êsse número representa a Densidade do líquido. Entrando com os respectivos valores nessa fórmula, obteremos a pressão exercida pela coluna de líquido sôbre a sua base.

Por exemplo: queremos calcular a pressão exercida na base por uma coluna de água pura à temperatura de 4° que tem de altura 10 metros e de secção 1 centímetro quadrado. Substituindo as letras, pelos respectivos valores, em

$$P = A \times S \times D$$

teremos:

$$P = 1000 \text{ cm.} \times 1 \text{ cm.}^2 \times 1 = 1000 \text{ grs. p. cm.}^2$$

Mais adiante veremos que a altura é medida na vertical e que a forma do vaso é indiferente.

Um corpo colocado no seio duma massa líquida sofre uma pressão tanto maior quanto maior fôr a profundidade a que se encontre. Um peixe que viva a 1000 metros de profundidade (abstraído da pressão atmosférica) está sujeito a uma pressão de

$$P = 100000 \text{ cm.} \times \text{cm.}^2 \times 1,3 = 130000 \text{ gr. por cm.}^2$$

sendo a densidade da água do mar igual a 1,3. Em cada centímetro quadrado da superfície do peixe actua uma pressão de 130 kg. Como se sabe, essa pressão é equilibrada pela pressão interna, que tem o mesmo valor. Quando êstes peixes veem à superfície por qualquer eventualidade, o seu aparelho circulatório tende a inchar, devido isto à pressão externa ser muito menor do que a do meio onde êles habitualmente vivem.

Temos assim um exemplo de pressão, a qual não tinha ainda sido definida. A *pressão* difere da *fôrça* em que esta última actua num ponto, ponto de aplicação, ao passo que a primeira actua sôbre uma superfície. Assim, dizemos uma pressão de 25 kg. por centímetro quadrado.

**105—Pressão de baixo para cima, ou reacção dos líquidos.** — Demonstra-se a existência desta pressão com o aparelho da *fig. 74*. Consiste êle num tubo de vidro, que tem na base inferior um disco de alumínio *m n*. Fora do líquido, teremos de

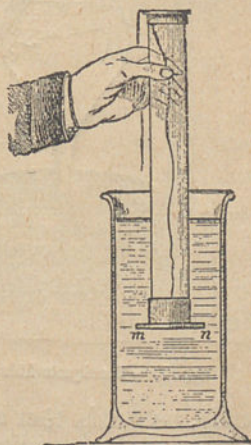


Fig. 74—Demonstração da reacção dos líquidos

puxar pelo cordel para manter o disco nessa posição; mergulhando o tubo num líquido, o disco mantém-se adaptado ao tubo sem ser necessário segurá-lo por intermédio do fio, o que demonstra a existência de uma pressão de baixo para cima.

Podemos mesmo deitar água dentro do tubo sem que se dê o descolamento do aludido disco; e só quando o nível lá dentro e cá fora forem iguais é que o disco se descolará, o que prova ser a pressão ou reacção igual à pressão, de cima para baixo, do líquido que se lançou no tubo; o disco e o fio devem ter pesos mínimos.

106 — **Pressões laterais.** — Os líquidos, quando contidos em vasos, exercem pressões sôbre as paredes dêstes, devido à acção da gravidade sôbre êles próprios e à sua grande mobilidade.

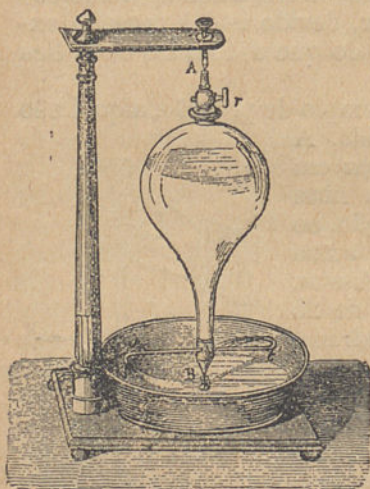


Fig. 75 — Torniquete hidráulico

Demonstramos experimentalmente a existência de tais pressões com o conhecido *torniquete hidráulico*, *fig. 75*, o qual é constituído por um reservatório, montado verticalmente e apoiado de modo a poder girar em tórno do seu eixo vertical. Na parte inferior do reservatório há dois tubos de

saída, os quais têm as pontas curvas de modo que o jacto sai perpendicular à direcção dos tubos. A água exerce pressão sôbre o fundo recipiente onde



cai e, como este reage, a pressão é então transmitida ao reservatório, o qual gira em sentido oposto à saída do líquido, com movimento de rotação. O torniquete hidráulico é também um exemplo dum binário.

As pressões laterais são factores muito importantes a atender na construção de reservatórios para água, os quais por vezes são escorados pela parte interna, ou externa, a fim de se evitar que as paredes laterais se afastem ou se deformem. Estudemos agora as pressões exercidas sobre o fundo horizontal dum vaso. Foi já determinada a fórmula que dá a pressão exercida no fundo dum vaso. Demonstra-se com o *aparêlho de Haldat*, *fig. 76*, que a pressão exercida sobre o fundo do vaso é independente da forma deste. Em *R* colocamos, um por cada vez, os diferentes vasos, os quais têm bases iguais; enchemo-los sucessivamente de água e vemos que a pressão exercida pelo líquido contido nos diferentes vasos sobre os respectivos fundos é sempre a mesma, desde que a distância que vai da base à superfície livre do líquido em cada um desses vasos seja a mesma. Esta pressão é medida com o auxílio do manómetro de ar livre *N*.

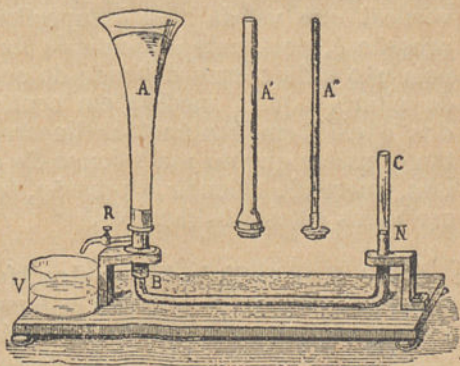


Fig. 76 — Aparêlho de Haldat

É interessante notar que o vaso *A''*, apesar de ter um pequeno diâmetro, exerce sobre o fundo

em  $R$  uma pressão exactamente igual à do vaso em forma cónica, desde que o nível do líquido atinja a mesma altura em  $A$  e em  $A''$ .

Esta particularidade é conhecida, em física, pelo nome de *paradoxo hidrostático*.

A pressão exercida por uma massa líquida sobre o fundo horizontal do vaso que a contém é igual à pressão que exerce uma coluna de líquido que tem por base a mesma base, e por altura a distância vertical que vai da base à superfície de líquido. A pressão é, pois, independente da forma, forma que nela não influi; mas depende da secção da base e da altura, aquela medida em centímetros quadrados e esta em centímetros lineares. A pressão é tanto maior quanto mais denso fôr o líquido e, por isso, querendo calcular a pressão, temos de conhecer todos estes três factores.

**107 — Superfície livre dos líquidos.** — É a superfície do líquido que não está em contacto com as paredes do vaso onde aquele está contido. Esta superfície tem a propriedade de ser plana e horizontal, como já sabemos.

**108 — Princípio de Arquimedes.** — As pressões que os líquidos exercem, em todos os sentidos, nas paredes internas dos vasos que os contêm, manifestam-se também, como já dissemos, sobre os corpos mergulhados nos mesmos líquidos. Assim, quando um corpo qualquer mergulha num líquido, êste exerce sobre êle as seguintes pressões: pressões laterais, de baixo para cima e de cima para baixo.

As pressões laterais não têm resultante alguma, ou melhor, equilibram-se, visto que são iguais e opostas. As de cima para baixo são iguais à pressão exercida pela coluna de líquido que tem por base a superfície exposta a essas pressões, e por

altura a distância que vai do corpo à superfície líquida. As de baixo para cima são iguais à pressão exercida por uma coluna de líquido que tem por base a superfície exposta a essa pressão, e por altura a distância que vai dessa superfície à superfície livre do líquido. Comparando estas duas pressões, vemos que esta última deverá ser maior do que a de cima para baixo, por ser maior a altura da coluna que lhe corresponde. É esta a razão por que qualquer corpo mergulhado num líquido parece perder uma parte do seu peso.

*O princípio de Arquimedes diz-nos assim : Qualquer corpo mergulhado num líquido, perde uma parte do seu peso igual ao peso do líquido que deslocou.*

Demonstramos êste princípio com a chamada balança hidrostática, *fig. 77*, que é uma balança de pratos suspensos e que tem na parte inferior dos pratos dois ganchos, onde podemos suspender diferentes corpos.

Num gancho colocado na parte inferior do prato *M*, pendura-se um cilindro maciço *B*, que entra no primeiro *A* ajustando-se nêle perfeitamente. No prato *M'* vão-se pondo pesos até equilibrar o peso dos dois cilindros. Mergulha-se então o cilindro maciço completamente na água do vaso *V*, para o que se baixa o travessão *GH* da balança, por meio do carrête dentado *C*. Vê-se logo o prato *M* descer, o que prova que o cilindro maciço diminuiu de peso.

Enchendo em seguida de água o cilindro ôco *A*, a balança volta à posição de equilíbrio, o que significa que a diminuição de peso do cilindro maciço é igual ao peso da água que se deitou no cilindro ôco; e como êste tem a capacidade igual ao volume do outro, provado fica que o cilindro maciço perdeu, quando mergulhado, uma parte do seu peso igual ao peso do volume de água que deslocou.

Muitas são as aplicações do princípio de Arquimedes. Vamos citar algumas.

Devido à mobilidade das partículas dos líquidos e ao referido princípio, deslocamos com muita fa-

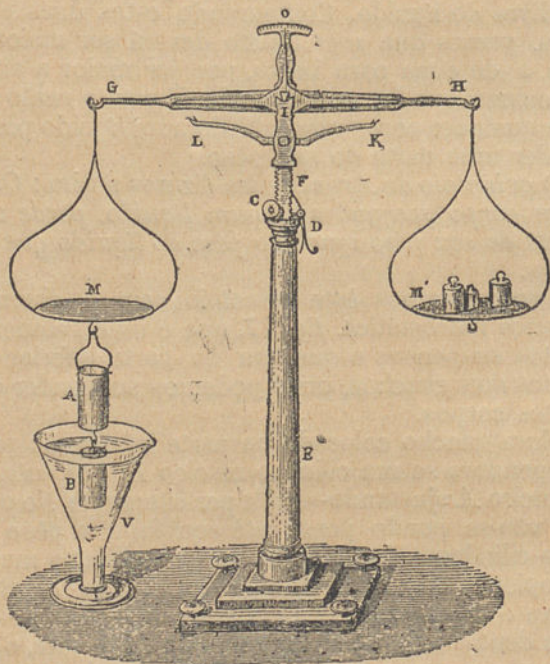


Fig. 77 — Balança hidrostática

cilidade qualquer corpo flutuante. Os barcos são exemplos disso; com um esforço mínimo deslocamos um barco que pesa centenas de quilogramas. Esse barco posto a sêco, devido ao atrito e ao seu pêsso, não pode ser deslocado com facilidade.

Um homem pode, com relativa facilidade, transportar, sôbre a corrente dos rios, etc., grandes por-

ções de madeira, fazendo apenas uma jangada. O transporte dessa mesma madeira por estrada firme exigiria veículos mecânicos ou de tracção animal, isto é, um dispêndio muito mais considerável.

Quando a gente se banha no mar, sente-se mais leve; mas como a cabeça é mais pesada e desloca muito pouca água, em relação ao seu pêso, resulta daí que mergulhamos de cabeça para baixo, podendo ser mortal o resultado, se não soubermos nadar. A parte difícil do exercício de natação é exactamente conservar a cabeça fora de água.

Um corpo que, mergulhado completamente na água, desloca um pêso de água exactamente igual ao seu, isto é, que tem a mesma densidade, fica estacionário no ponto do líquido onde o colocarmos. Assim succede aos peixes, quando se conservam à mesma altura na água. Quando êles querem subir ou descer, alargam, no primeiro caso, e contraem no segundo, um órgão que possuem, chamado *beziga natatória*, a qual está cheia de ar, aumentando ou diminuindo o volume de água deslocado e, conseqüentemente, a força da impulsão de baixo para cima.

Um corpo flutua quando o pêso do líquido deslocado é superior ao pêso desse mesmo corpo. É este princípio que preside à construção das embarcações, seja qual fôr a sua forma, a sua grandeza e a substância de que sejam feitas.

Quando se diz que uma embarcação tem mil toneladas de deslocamento, entende-se que é esse o pêso de água que ela deve deslocar para flutuar, incluindo-se nesse pêso a carga máxima que comporta.

A maior ou menor flutuação dum corpo num líquido depende da densidade do líquido, pois quanto mais denso fôr o líquido, maior é a flutuação do corpo, isto é, menor porção do corpo está imersa.

Um ovo mergulhado em água doce vai ao fundo ; na água salgada flutua.

O ferro flutua no mercúrio como a cortiça na água.

109 — **Impulsão dos líquidos.** — Assim se denomina a força exercida pelo líquido sobre o corpo nêle mergulhado ; esta força acha-se aplicada no centro de gravidade do volume do líquido deslocado pelo corpo, ponto que se chama *centro de impulsão*. Vê-se, pois, que um corpo mergulhado num líquido está sujeito à acção de duas forças : o seu peso actuando de cima para baixo, e a impulsão do líquido actuando de baixo para cima. A resultante destas duas forças é, como já sabemos, igual à soma algébrica das suas intensidades. Se o peso do corpo for maior que o peso do líquido deslocado, aquela resultante actuará de cima para baixo, e o corpo irá para o fundo ; se forem iguais, a resultante será nula e o corpo ficará em equilíbrio, em qualquer ponto do líquido ; finalmente, se o peso do corpo for menor do que o peso do volume do líquido deslocado, a resultante actuará de baixo, para cima, e o corpo subirá até que uma parte dêle saia fora do líquido, de modo que o peso total do corpo seja igual ao peso do líquido deslocado pela parte do corpo que fique mergulhada. Neste último caso, o corpo flutua.

Um corpo que flutua num líquido pode ir ao fundo noutro ; assim, o chumbo, que vai ao fundo na água, flutua no mercúrio, porque, como dissemos, é mais denso do que a água e menos do que o mercúrio.

O *Ludion*, *fig.* 78, é um pequeno instrumento que serve para verificar as conseqüências do principio de Arquimedes. Fechado hermêticamente na parte superior, por meio de uma membrana ou de êmbolo, tem dentro uma figura de porcelana, sus-

pensa de uma esfera de vidro ôca  $a$ , que tem um orifício na parte inferior e que contém ar e uma quantidade de água tal que a dita figura flutua, só indo ao fundo desde que o seu pêsso aumenta.

Carregando com o dedo na membrana ou no êmbolo, a pressão transmite se à água, a qual, em parte, entra dentro da esfera comprimindo o ar contido nela; a esfera fica assim mais pesada e vai ao fundo. Tirando o dedo, o ar comprimido dentro da esfera expulsa a água da esfera, que se torna mais leve, e o corpo sobe outra vez no líquido. Assim, segundo a pressão exercida superiormente, fazemos variar o pêsso do sistema e podemos determinar a descida, o equilíbrio, ou a ascensão do corpo no líquido.

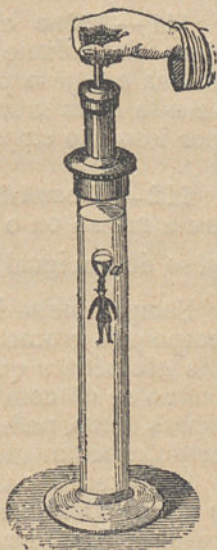


Fig. 78 — Ludion

110 — **Massa específica dum corpo.** — É a massa da unidade de volume dêsse corpo.

A massa específica da água à temperatura de  $4^{\circ}$  é 1, porque  $1 \text{ cm.}^3$  de água pesa 1 gr. A massa específica do ferro é 7,8, porque  $1 \text{ cm.}^3$  de ferro pesa 7,8 gr.

*Densidade* é outra designação que pode ter a massa específica e a que é mais corrente. A *densidade* é expressa por um número abstrato, ao passo que a *massa específica* é expressa por um número concreto; mas uma e outra são expressas pelo mesmo número.

O corpo que tem a densidade 1 é a água, pelo que constitui ela o padrão para os sólidos e líquidos.

111 — **Pêso específico.** — É o pêso da unidade de volume dum corpo. Como já vimos, a massa e o pêso podem ser expressos em gramas-massa e em gramas-pêso, e pelo mesmo número; por isso são empregados indiferentemente.

112 — **Densidade.** — É a relação que existe entre a massa ou o pêso dum corpo, e a massa ou o pêso de um igual volume de água:  $D = \frac{P}{P'}$

Sempre que se deseje determinar a densidade dum corpo pela geometria, isto é, no caso do corpo ter forma geométrica que permita calcular o seu volume (como se dá com os materiais de construção, madeiras, ferro, pedra, etc.), recorre-se a um certo processo, exactamente denominado *processo geométrico*.

Por exemplo: temos um bloco de pedra que tem a forma dum cubo e que tem 1 metro de aresta, pesando 5.000 kg. Vamos determinar a densidade da pedra:

$$D = \frac{P}{P'} = \frac{5.000 \text{ kg.}}{1.000 \text{ kg.}} = 5$$

A densidade da pedra é igual a 5.

Conhecendo a densidade dum corpo e o seu volume, podemos determinar o seu pêso.

Por exemplo: desejamos calcular o pêso dum bloco de mármore que tem a forma dum paralelepípedo com as seguintes arestas:

$$1,5 \text{ m} \times 0,70 \text{ m} \times 0,30 \text{ m.}$$

sabendo nós que a densidade do mármore é igual 2,5.

$D = \frac{P}{P'}$ , donde  $P = D \times P'$ ; substituindo pelos seus valores,

$$P = (1,5 \times 0,70 \times 0,30) \times 25 = 315 \text{ gr.} \times 2,5 = 787,5 \text{ kg.}$$



### 113 — Método da balança hidrostática.—

A impulsão é também empregada para determinar a densidade dos corpos que podem ser imersos num líquido sem que se altere a sua constituição ou a sua forma.

Pesamos o corpo no ar, por meio duma balança hidrostática, não colocando o corpo no prato da balança, mas sim suspenso pelo gancho; obtemos assim o pêso  $P$  do corpo. Em seguida metêmo-lo no líquido, como procedemos na demonstração do princípio de Arquimedes. O travessão inclina-se para o lado oposto, isto é, o prato onde o corpo está suspenso eleva-se. Colocamos depois massas marcadas, pesos, nesse prato, até equilibrarmos a balança; êsses pêsos representam o pêso dum volume de líquido igual ao volume do corpo, ou seja  $P'$ .

Como conhecemos  $P$  e  $P'$ , determinamos a densidade pela fórmula  $D = \frac{P}{P'}$ .

114 — **Areómetros.** — A impulsão é utilizada nos areómetros, alguns dos quais servem para determinar a densidade dos corpos sólidos que não se alteram quando mergulhados num líquido: são êstes os *areómetros de Nicholson*. Outros servem para determinar a densidade dos líquidos, tais como os *de Fahrenheit*, em que podemos fazer variar o seu pêso. Outros ainda, e são assim os *de Beaumé*, têm sempre a mesma massa e por isso se chamam de massa constante. Êstes últimos são muito empregados na indústria, no comércio e nos laboratórios. O chamado *processo do frasco* serve para determinar a densidade dos corpos no estado sólido e, principalmente, em pó. Com a balança hidrostática também podemos obter densidades de líquidos.

Mas, como dissemos, o processo mais empre-

gado para se obter a densidade de um líquido, ou a percentagem dum líquido ou dum corpo sólido dissolvido num líquido, é o uso dos areómetros de Beaumé e dos *densímetros*.

Os areómetros, em geral, são constituídos por uma haste de vidro que tem na parte inferior uma empôla, à qual está ligada pela parte de baixo outra empôla, esta mais pequena, que serve para lhe dar estabilidade e por isso contém granelha de chumbo. O areómetro, mergulhado num líquido, mantém-se vertical devido ao lastro, e mergulha mais ou menos, como qualquer corpo flutuante, segundo a densidade do líquido é menor ou maior.

Quando o areómetro se encontra em equilíbrio no líquido, o peso do areómetro é exactamente igual ao peso do volume de líquido deslocado por êle.



Fig. 79  
Areómetro  
Beaumé  
(pesa-ácidos)

No tubo de vidro dos areómetros encontra-se inscrita uma escala. Se mergulharmos o areómetro de Beaumé, que é *pesa-ácidos*, *fig. 79*, no ácido sulfúrico concentrado, êle marcará 66°. O zero da escala encontra-se no alto do tubo. Essa graduação 66° não nos indica percentagem alguma. Se quisermos saber a percentagem de ácido que existe numa solução de ácido sulfúrico

e água, teremos de consultar tabelas especiais. Muitas vezes não nos interessa conhecer a percentagem de ácido na água, mas sim obter uma solução nas mesmas condições que outra dada. Para isso medimos com um *pesa-ácidos* essa solução, pelo que obtemos um certo número de graus. Depois tomamos uma porção de água e vamos deitando ácido até que o densímetro aflore na altura do mesmo número de graus: nesse momento a nova solução está nas mesmas condições que a primeira, considerada, nesse caso, padrão.

Existe também o *pesa-espíritos de Beaumé*, que é destinado a medir densidades de líquidos mais leves, menos densos do que a água, alcoóis, éteres, etc. O *pesa-espíritos de Beaumé* marca 22° quando mergulhado no amoníaco.

115—**Densímetros.**—Quando os areómetros são graduados de forma a darem pela leitura directa a densidade dos líquidos onde estão mergulhados, chamam-se *densímetros*, *fig. 80*.

O densímetro, quando mergulhado em água pura à temperatura de 4°, deve marcar 1.

O corpo mais denso que se conhece é o metal *ósmio*, cuja densidade é 22,5; um centímetro cúbico d'este metal pesa 22,5 gr. O menos denso, ou seja o mais leve, é o gás hidrogénio; um centímetro cúbico d'esse gás pesa 0,07 gr.

A densidade para os gases é indicada em relação ao ar; este tem, por consequência, a densidade 1.

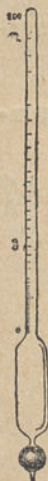


Fig. 81  
Alcoómetro  
centesimal

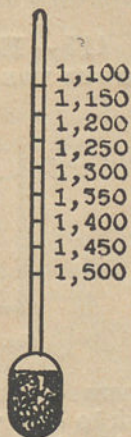


Fig. 80—Densímetro

116—**Alcoómetro centesimal de Gay-Lussac.**—É um areómetro, *fig. 81*, que, mergulhado numa mistura de água e álcool, indica a percentagem de álcool contido na mistura. Emprega-se para determinar a riqueza alcoólica dos vinhos; mas para isso têm-se de separar do vinho as substâncias corantes, a glicerina, etc., por meio de destilação, até obtermos água e álcool só; nessa altura a simples leitura do alcoómetro dar-nos-á a percentagem desejada. No álcool puro o alcoómetro marca 100°. Um processo muito usado hoje pelos vi-

nicultores é o da aplicação do ebulioscópio de Vidal-Malligand. O ponto de ebulição dos vinhos varia com a percentagem de álcool. Com o auxílio duma tabela e do termómetro, determina-se o grau alcoólico do vinho.

**117 — Equilíbrio dos líquidos contidos num vaso.** — A superfície livre, *fig. 82*, dum líquido em repouso num vaso é plana e horizontal.

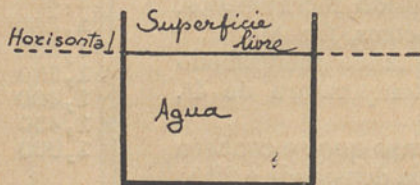


Fig. 82 — Superfície livre

Esta posição de equilíbrio é devida à acção da gravidade sobre as partículas do líquido, a qual as atrai, a tôdas,

para o centro da Terra, resultando daí uma posição de equilíbrio que tem as características mencionadas.

**118 — Princípio dos vasos comunicantes.** — Começemos por estudar o equilíbrio duma massa líquida contida em dois ou mais vasos comunicantes.

Este equilíbrio é regido pelo chamado *princípio dos vasos comunicantes*, que nos diz o seguinte: *As superfícies livres dum líquido contido em diferentes vasos comunicantes entre*

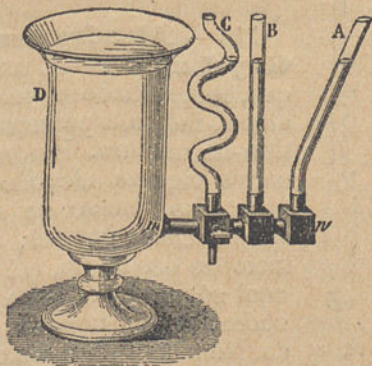


Fig. 83 — Vasos comunicantes

*si estão no mesmo plano horizontal.* Este princípio verifica-se com o aparelho da *fig. 83*, que é constituído por um vaso *D* que está em comunicação com a parte inferior dos vasos *C*, *B* e *A*, os quais são abertos na parte superior. A comunicação não precisa de ser feita pela parte inferior, mas sim apenas à altura suficiente para se obter saída do líquido.

Como se vê na referida figura, os vasos têm formas e capacidades diferentes. Deitando o líquido

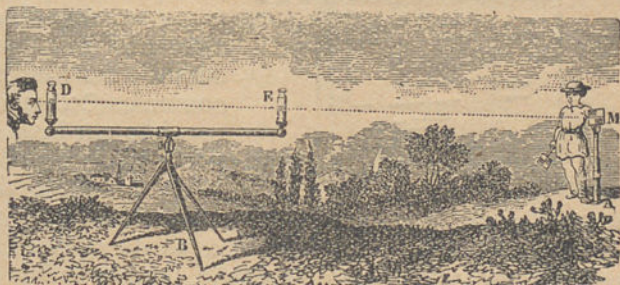
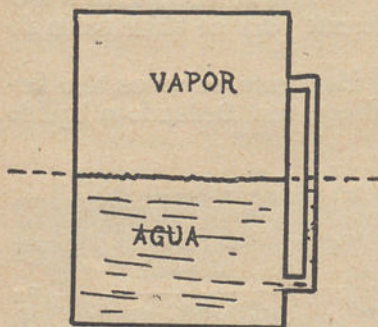


Fig. 84 — Nivel topográfico

em *D* e verificando os níveis em *D*, *B*, *C* e *A*, vemos que êles estão no mesmo plano horizontal. Esta mesma propriedade serve para determinar uma linha horizontal, nela se baseando o nível topográfico, *fig. 84*, que é constituído por um tubo de metal que tem nas suas extremidades dois tubos, *D* e *E*, que lhe são perpendiculares. Tirando o observador uma linha visual de mira que passe rasgando as superfícies livres do líquido em *B* e *E*, obtém uma horizontal. Medindo a distância que vai dessa linha ao ponto *B* e a que vai de *M* a *A*, está êle apto a dizer se os pontos *A* e *B* estão na mesma linha horizontal, ou não. Neste último caso pode-se precisar a altura, medindo-a com o

metro. Este nível é muito empregado na Topografia, sciência que tem por fim estudar e fazer as plantas, cartas e mapas geográficos.

Estudemos agora o nível de água das caldeiras das máquinas de vapor, *fig. 85*. É uma aplicação



*Fig. 85* — Nível de água nas caldeiras

do princípio dos vasos comunicantes. Este nível comunica pela parte de baixo com a água da caldeira, e se não fôsse a pressão que o vapor exerce sobre esta, não seria necessário fazer outra comunicação, a qual consiste em ligar a parte mais alta do tubo do nível de

água à parte da caldeira onde se encontrava vapor de água. Assim, temos que a água do nível está, como a da caldeira, sob pressão. O nível indica a altura da água dentro da caldeira e esta indicação é muito importante para o condutor de máquina e para o fogueiro.

Outras aplicações há ainda a considerar, quanto ao princípio dos vasos comunicantes. Vejamos algumas.

Desde que exista uma pequena diferença de nível entre o ponto onde temos um dado líquido e aquele outro para onde o desejamos transportar, sendo o nível dêste inferior ao primeiro, podemos, mercê do princípio dos vasos comunicantes, transportar êsse líquido. O transporte de líquidos nessas condições é feito por canos.

É assim que se faz, em geral, a distribuição de águas nas cidades. Antigamente, antes de se ter descoberto êste princípio, fazia-se o transporte de água a distância de modo que a água percorresse um

caminho inclinado; e, quando, devido aos acidentes do terreno, a canalização não podia ser apoiada directamente no solo, construíam-se aquedutos. Assim, a canalização era, como se disse, sempre inclinada e podia ser aberta. Hoje, que se conhece o princípio dos vasos comunicantes, a canalização pode ter subidas e descidas. Desde que o líquido esteja colocado num nível superior àquele para onde se deseja transportar, não temos mais do que estabelecer a comunicação por meio de tubos (canos).



Fig. 86 — Líquidos de diferentes qualidades

Consideremos agora o caso do equilíbrio de dois ou mais líquidos que não se misturam intimamente. Esses dois ou mais líquidos, quando deitados no mesmo vaso, sobrepõem-se pela ordem decrescente das suas densidades.

Verifica-se esta propriedade deitando num recipiente mercúrio, água e azeite, *fig. 86*. Vemos logo que o mercúrio, que tem a densidade 13,60 é o primeiro a contar de baixo para cima; em seguida nota-se a água, com 1,00; e o último é o azeite, com 0,91.

116 — **Fenómenos capilares.** — Chama-se assim a uma série de fenómenos que parecem estar em contradição

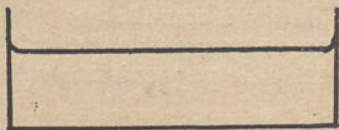


Fig. 87 — Fenómenos capilares

com as leis da hidrostática. Assim, se deitarmos água dentro dum vaso, *fig. 87*, veremos que, perto das suas paredes, a superfície do líquido não é plana mas sim curva e que o líquido tende a subir pelas paredes do vaso. Se em lugar de água, o lí-

quido fôr mercúrio (o único metal líquido) a superfície do mercúrio perto das paredes do vaso será

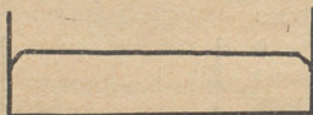


Fig. 88 — Fenómenos capilares

também curva, *fig. 88*, mas o líquido, em vez de tender a subir, tenderá a descer. Se deitarmos êstes dois líquidos cada um em seu tubo, *fig. 89*, e se ês-

ses tubos tiverem diâmetros muito reduzidos, veremos que as superfícies, em vez de serem planas e horizontais, são curvas. No caso da água a superfície é côncava, e no do mercúrio convexa. Os líquidos que molham produzem superfícies côncavas; os que não molham, convexas.

Os fenômenos capilares são devidos às forças de coesão. A própria superfície do líquido oferece uma

certa resistência. Uma agulha de costura pode ser colocada à superfície da água, apesar da densidade do aço ser muito superior à da água. As forças de coesão da água é que a sustentam. Os líquidos sobem (elevam-se) nos tubos capilares devido a êsses fenômenos, que constituem, por assim dizer, uma exceção às leis da hidrostática. Nas plantas, a seiva sobe até às folhas devido à constituição especial das raízes do caule ou do tronco e das próprias folhas, as quais são munidas de pequeníssimos canais.



Fig. 89 — Tubos capilares

120 — **Difusão nos líquidos.** — Muitos líquidos têm esta propriedade, que consiste em se misturarem intimamente. Assim, se deitarmos num vaso, *fig. 90*, uma solução concentrada de sulfato



de cobre, a qual tem a cor azul, e se deitarmos em seguida uma camada de água, esta não se misturará com aquela solução, devido à diferença de densidades. Ao fim de algumas horas a água aparecerá com a cor azulada, devido à difusão da solução concentrada na água, e no fim dum certo tempo estarão ambas intimamente misturadas. Este fenómeno tem

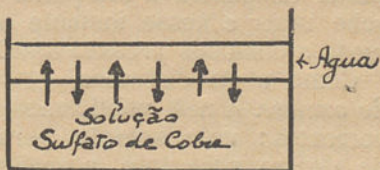


Fig. 90 — Difusão nos líquidos

o nome de *difusão*. A água e o álcool difundem-se com grande facilidade um no outro.

Existe também a difusão através duma membrana porosa, fenómeno que se denomina *osmose*.

Neste caso os líquidos encontram-se separados por uma membrana de cauchú ou de qualquer outra substância porosa, papel pergaminho, be-xiga, etc.

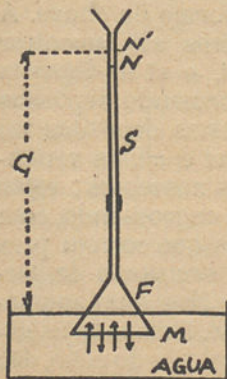


Fig. 91 — Difusão através de membrana

Servimo-nos do seguinte aparelho para provar esta propriedade dos líquidos. No funil *F*, *fig. 91*, adaptamos uma membrana *M*; invertendo o funil *F*, enchêmo-lo com uma solução concentrada de sulfato de cobre, tendo antes feito um prolongamento do tubo do funil por meio duma ligação *S*, com um tubo de

borracha. O nível de solução concentrada é marcado no tubo de vidro em *N*. Mergulhando o funil num vaso que contenha água, vemos, ao fim dum certo tempo, que a água do vaso onde mergulhá-

mos o funil toma uma cloração azulada e que o nível do líquido contido no tubo subiu. Verifica-se assim que houve difusão e que entrou maior quantidade de líquido para dentro do funil do que saía dêste. Chegamos a um ponto em que o nível não sobe mais e nesse instante a altura da coluna *C* mede a chamada *pressão osmótica da solução*.

Como atrás dissemos, esta difusão tem o nome de *osmose*. E nela verificamos a existência de duas correntes: uma solução para a água, ou seja de dentro para fora, a qual se chama *exosmose*; outra da água para a solução, isto é, de fora para dentro, e que tem o nome de *endosmose*.

121 — **Movimento das águas.** — A água dos mares evapora-se constantemente para a atmosfera; as correntes de ar frio condensam-na em nuvens; estas, resfriando ainda mais, passam ao estado líquido, caindo então sob a forma de chuva. A água da chuva penetra nas terras até encontrar uma camada mais impermeável, e aí se deposita em maior ou menor extensão, formando depósitos ou lençóis de água; a água dêstes depósitos vai rompendo a pouco e pouco, aqui e ali, as vertentes das montanhas, formando as nascentes; estas nascentes correm para os vales e engrossando, com outras nascentes, formam os rios que correm para outros rios e êstes para o Mar, seu ponto de partida; e assim indefinidamente. Nas altas montanhas a água está no estado de gelo, formando as geleiras que, derretendo-se com os calores do estio, dão origem também a correntes que alimentam os rios.

122 — **Poços ordinários e poços artesianos.** — Examinando a *fig. 92*, vemos que, se existir uma camada de água em *Q*, logo que se cave o terreno de *P* a *Q*, essa água será encontrada, constituindo-se assim o chamado poço ordinário.

Mas se o depósito natural de água fôr a um nível superior, em *C* por exemplo, descendo em camada até *Q*, logo que se faça um orifício de *P* a *Q*, através do terreno, a água, encontrando a passagem livre, irá ganhar o nível *C* repuxando com força.

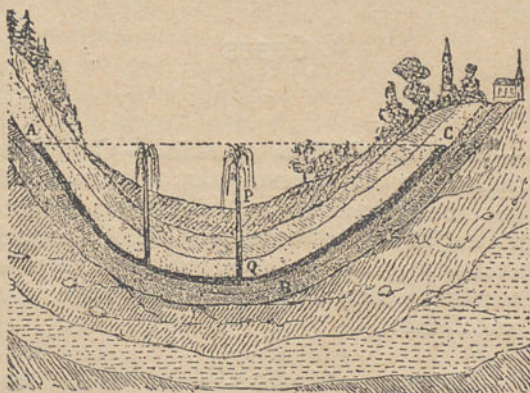


Fig. 92 — Pôço

Para fazer êsse orifício emprega-se um tubo de ferro aguçado num dos extremos, ferro que está crivado de orifícios por onde pode passar a água. Enterra-se êsse tubo e vão-se-lhe depois acrescentando outros tubos até chegar ao depósito da água. Esta, encontrando a passagem livre pelos orifícios, vem, através dos tubos, até à superfície, constituindo assim os chamados poços artesianos.

## CAPITULO VII

### Gases

23 — **Propriedades gerais.** — Os gases e os líquidos, devido a terem algumas propriedades comuns, têm o nome de flúidos. Os gases, como os líquidos, não têm forma própria. As propriedades gerais dos gases são as seguintes: *Força elástica* (tensão ou força expansiva), *compressibilidade* e *difusibilidade*.

124 — **Fôrça elástica.** — Os gases tendem constantemente a aumentar de volume; e exercem pressões sobre as paredes internas dos reservatórios onde estão contidos. Uma massa de gás em estado livre tende a aumentar de volume indefinidamente. O volume duma dada massa de gás contida num reservatório varia com as resistências que lhe oferecem as paredes do ambiente.

Assim, se collocarmos debaixo da campânula da máquina pneumática uma bexiga com um pouco de ar e fizermos o vácuo dentro da campânula, a bexiga aumentará de volume, visto que a pressão de fora para dentro diminuiu. Isto prova que o gás, que neste caso é o ar, tende a aumentar de volume devido à resistência das paredes ter diminuído.

125 — **Compressibilidade.** — Os gases são facilmente compressíveis; e a sua compressão é, em geral, acompanhada por desenvolvimento de

calor. Muitos gases, quando fortemente comprimidos, liquifazem-se; outros, para se liquifazerem, precisam de ser mantidos a baixas temperaturas, o que se consegue em aparelhos especiais. A compressibilidade é uma propriedade muito importante dos gases, e que tem muitas aplicações industriais. O oxigénio, o gás carbónico, o cloro, o gás iluminante, têm, quando comprimidos, aplicações várias. O oxigénio é empregado para facilitar a respiração aos doentes, e para, juntamente com o gás iluminante ou com o acetilene, queimada essa mistura em maçaricos especiais, produzir altas temperaturas (soldadura autogénea). Também o hidrogénio é utilizado neste processo de soldadura; e no enchimento dos aeróstatos é freqüente o emprego dêste mesmo gás.

O gás carbónico é muito empregado para expulsar a cerveja dos barris e, ao mesmo tempo, para conservá-la em bom estado.

Alguns gases que têm aplicações industriais são guardados e transportados, quando comprimidos, em reservatórios especiais que têm a forma cilíndrica e podem resistir a muito grandes pressões, as quais atingem por vezes 200 atmosferas.

O ar atmosférico, sendo comprimido, é capaz de produzir trabalho, fazendo mover diferentes máquinas; é aplicado, na indústria, nas máquinas ferramentas pneumáticas, etc. Outra das suas aplicações está no chamado *correio pneumático*.

Uma instalação dêste género consta de duas estações, ligadas por um tubo ao interior do qual se adapta um cilindro muito leve; dentro dêste se coloca o papel, com a mensagem escrita que se deseja expedir para a outra estação. Colocando o cilindro dentro do tubo e fazendo actuar a pressão do ar comprimido na base do cilindro voltada para nós, o cilindro deslizará até à outra estação transportando a aludida mensagem. Poderíamos tam-

bém, para alcançar o mesmo efeito, rarefazer bastante o ar que está dentro do tubo e que vai duma estação à outra: o cilindro deslizaria dentro do tubo devido à pressão atmosférica.

Existe entre nós, em Lisboa, uma instalação destas, que liga uma Estação sita na Rua da Conceição com outra da Praça do Comércio.

Os pneumáticos dos automóveis e bicicletas constituem uma das mais importantes aplicações do ar comprimido. A pressão a que o ar se encontra nestas aplicações chega a atingir algumas atmosferas. O ar está dentro de uma câmara de ar, que consiste num recipiente de borracha de forma toróide e que é protegida por um envólucro muito resistente, formado de bastantes camadas de lona e de borracha, oferecendo assim uma grande resistência à pressão interna. O ar comprimido é bastante elástico, e por essa razão os veículos equipados com «pneumáticos» sofrem menos os choques e vibrações dos caminhos, e daqui resulta maior comodidade para quem se transporta neles.

A compressibilidade dos gases e a sua elasticidade são propriedades muito importantes e de numerosas aplicações.

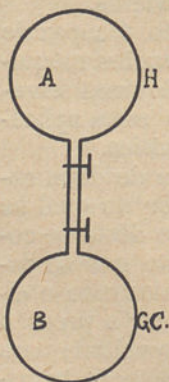


Fig. 93 — Balões

126. — **Difusibilidade.** — Dois ou mais gases (sem acções químicas entre si), quando postos em presença, misturam-se intimamente. A seguinte experiência demonstra esta sua propriedade.

Tomamos dois balões, *A* e *B*, que comuniquem entre si, *fig. 93*. Em *A* temos hidrogénio e em *B* gás carbónico, que é 22 vezes mais pesado do que o hidrogénio. Estabelecemos a comunicação entre êles durante algumas horas, e analisando depois

o conteúdo de cada um dos balões, notamos que no balão *A* se encontra uma mistura de hidrogénio e gás carbónico, mistura que é exactamente igual à que ocupa o balão *B*. Houve, pois, difusão dos dois gases, apesar da sua grande diferença de densidades.

Os gases também se difundem através de paredes porosas.

127 — **Massa dos gases.** — Os gases têm, como os corpos materiais, uma certa massa; e como estão sujeitos à acção da gravidade, têm um certo peso. Um litro de Ar pesa, quando puro e sêco, à temperatura de  $0^{\circ}$  e à pressão de  $760 \text{ m/m}$ , 1,293 gr.

128 — **Pressões nos gases.** — Os gases, quando contidos em reservatórios, exercem pressões sobre as paredes internas, como já dissemos; essas pressões actuam sempre perpendicularmente ao plano das superfícies. Se, por intermédio dum compressor, comprimirmos um gás, êle reage oferecendo uma contra-pressão, a qual se opõe à que empregamos.

Um gás, sendo comprimido, aumenta de pressão, aumento de pressão êsse que se transmite a tôda a massa gasosa.

Consideremos também as pressões devidas à acção da gravidade. Apesar dos gases serem muito pouco densos em relação aos sólidos e líquidos, a gravidade também actua sobre êles, tornamos a dizê-lo. Como as pressões devidas à acção da gravidade são função do seu peso, aquelas atingem valores mínimos comparadas com as dos líquidos.

Estas pressões só se tornam consideráveis quando no caso de grandes alturas, tais como a do Ar atmosférico; a pressão dêste tem o nome de *pressão atmosférica*. A pressão atmosférica varia,

como mais adiante veremos; no seu estado normal é de 1,033 Kg. por cm.<sup>2</sup>.

Não podemos aplicar aos gases a fórmula  $P=A \times S \times D$ , para determinar a pressão que exerce uma certa coluna de gás sobre a sua base, pela seguinte razão: como os gases são facilmente compressíveis, as camadas de gás que estão mais perto da base da coluna gasosa estão submetidas a uma certa pressão, reduzindo o seu volume devido à pressão; tornam-se pois mais densas. E daí resulta ser impossível aplicar a dita fórmula, a qual só tem aplicação para os líquidos, visto nos gases não se conhecer uma densidade única, variando esta de camada para camada.

129—**Atmosfera.**—O ar, que é uma mistura de diferentes gases, sendo os mais importantes o oxigénio e o azoto, rodeia toda a Terra, numa camada de altura ainda não bem determinada. É invisível e transparente, mas apresenta uma cor azul, que constitui a cor da atmosfera e dá também um tom azulado às montanhas muito distantes. O Ar desloca-se constantemente em correntes, produzindo as brisas, os ventos fortes e as tempestades. O ar atmosférico exerce pressões sobre o nosso corpo, o qual reage, opondo pressões iguais e de dentro para fora, devido à existência do nosso sistema circulatório.

130 — **Experiências que demonstram a existência da pressão atmosférica.** — Os hemisférios de Magdburgo são um aparelho que serve para demonstrar a existência da pressão atmosférica. Consta êle, *fig. 91*, de dois hemisférios de metal, *A* e *B*, tendo um deles um rebordo plano munido duma rodela de coiro; esta é untada, o que permite ligar os hemisférios, um ao outro, por modo que o espaço interior fique hermêticamente



fechado. O hemisfério *B* tem uma torneira *D*, aplicada a um canal, que se pode adaptar aparafusando-o ao tubo existente no prato *A* da máquina pneumática, *fig. 120*. Unidos os dois hemisférios, simplesmente daquele modo, podem êles separar-se sem dificuldade; mas se, depois de unidos, os aplicarmos à máquina pneumática extraindo-lhes, até onde pudermos, o ar (o que se conhece logo que a máquina custe a mover), e fecharmos em seguida a torneira, já êles não se separarão a não ser com um enorme esforço. Assim se verifica que é grande a pressão do ar sôbre a superfície externa dos hemisférios, pressão que não é equilibrada pela pressão interna, visto termos extraído o ar que estava dentro dêles.



Fig. 94 — Hemisférios de Magdburgo

Logo que se abra a torneira *D*, o equilíbrio das pressões restabelece-se, pela entrada do ar, e os hemisférios separam-se.

Ainda se podem fazer outras experiências demonstrativas do mesmo fenómeno. Mergulhando na água um tubo *AB*, *fig. 95*, e aspirando com a bôca o ar que está dentro dêle, o nível do líquido sobe logo, impellido pela pressão que o ar exerce sôbre a superfície exterior do mesmo líquido.

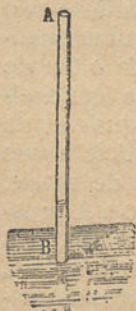


Fig. 95 — Tubo de vidro

É claro que a coluna de líquido sobe no tubo, supondo-se êste bastante comprido, até onde o pêso dessa coluna seja igual à pressão atmosférica que sofre. Se, em lugar de água, fôr mercúrio, cuja densidade é 13,6, o líquido onde se mergulha o tubo, como êste líquido é mais pesado do que a água, precisa de menos altura para equilibrar a pressão que sofre.

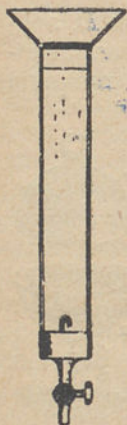


Fig. 96—Chuva de mercúrio

A chuva de mercúrio no vácuo faz-se com o aparelho da *fig. 96*: ela serve, ao mesmo tempo, para provar a grandeza da pressão atmosférica e a porosidade de certas substâncias, que aos nossos olhos se afiguram compactas.

A proveta que se vê na referida *fig.* é apenas obturada, superiormente, com um pequeno disco de madeira. Sobre este disco há um envasamento em forma de funil, onde se lança mercúrio. Quando se rarefaz o ar, nota-se que o mercúrio, trespassando a madeira, cai em chuva finíssima dentro da proveta. A força da pressão atmosférica obrigou-o a passar pelos poros da madeira.

**131 — Limite da ascensão dos líquidos aspirados.** — Mergulhando um tubo de vidro em uma tina de mercúrio, e ligando este tubo por meio de um tubo de cauchú endurecido (para este não se achatar quando se extrai o ar) à máquina pneumática, logo que esta começa a extraír o ar do tubo de vidro o mercúrio sobe até uma certa altura, e depois pára. Medindo a altura que vai da superfície exterior do mercúrio à superfície a que êle chega no tubo, ou seja a diferença de níveis, acham-se aproximadamente 760 milímetros. A pressão atmosférica equilibra a pressão exercida pela coluna de mercúrio; a ascensão do mercúrio tem, pois, um limite, para uma determinada pressão atmosférica. Se, em vez de mercúrio, empregarmos água, a coluna de líquido tem de exercer a mesma pressão na base que a coluna de mercúrio, e como a água é muito menos densa do que o mercúrio, a coluna de água será tantas vezes mais alta quantas o número que exprime a densidade do mercúrio, ou seja 13,6.

Altura da coluna de mercúrio:

760 mm.

Altura da coluna de água que exerce uma pressão exactamente igual à de mercúrio:

$$760 \text{ mm.} \times 13,6 = 10.336 \text{ mm.}$$

Mergulhando um tubo na água e aspirando depois, a água subirá até à altura de  $10^{\text{m}},33$ ; mais tarde, quando estudarmos as bombas, ver-se-á como o limite da ascensão dos líquidos é importante.

132 — **Princípio de Arquimedes.** — Êste princípio também se aplica aos gases e diz-nos que um corpo mergulhado num gás sofre uma impulsão de baixo para cima, igual ao pêso do gás que desloca. Este princípio demonstra-se com o *baroscópio*. Consta êste aparelho, *fig. 97*, duma balança envolvida por uma redoma de vidro. Num dos braços da balança tem uma esfera *B*, ôça, de metal, que se equilibra com um pêso maciço *C*, de muito menor volume. Fazendo o vácuo dentro da redoma, por meio duma máquina pneumática, vê-se imediatamente pender o travessão para o lado da esfera maior. No ar a esfera maior sofre uma impulsão muito grande em relação à esfera pequena, pois desloca um muito maior volume de ar, donde resulta perder mais em pêso do que a esfera de menor diâmetro. Quando extraímos



Fig. 97 — Baroscópio

o ar as esferas deixaram de estar sujeitas ao princípio de Arquimedes, ficando simplesmente actuando sobre elas a acção da gravidade. A balança indicará pois qual é a esfera mais pesada. A pesagem feita no ar, quando os corpos a pesar têm volumes diferentes, é, como acabamos de ver, uma pesagem errada. Na prática não se entra em linha de conta com a impulsão dos gases, mas em trabalhos de laboratórios esta circunstância é por vezes considerada.

133 — **Aeróstatos.** — É devida à impulsão de baixo para cima a ascensão dos aeróstatos na atmosfera.

Inventados, segundo parece, pelo Padre Bartolomeu de Gusmão (século xvii), os aeróstatos são essencialmente formados por um envólucro esférico, *fig. 98*, ou cilíndrico, de tecido impermeável,

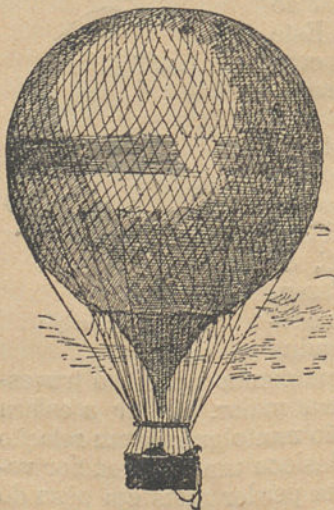


Fig. 98 — Aeróstato

cheio de um gás que seja menos denso do que o ar. O balão está sujeito a duas forças, que são a gravidade e a impulsão, forças estas que têm sentidos opostos. A impulsão terá uma maior intensidade do que a força da gravidade quando o volume de ar deslocado pelo balão e pelos tripulantes e acessórios tiver um peso superior ao desses corpos; só nestas condições o aeróstato sobe no ar.

Como o ar quente é

menos denso do que o ar frio, foi o ar quente que o nosso compatriota precursor da viação aérea empregou no seu aparelho voador. Mas usa-se hoje também o gás hidrogénio, que é muito menos denso do que o ar, assim como o gás iluminante e outros gases.

Um aeróstato tem, em geral, como suas peças acessórias, o seguinte: a barquinha, feita quasi sempre de vêrga, para alívio de pêsso do aparelho; uma válvula colocada na parte superior, a qual, ao abrir-se, dá saída ao gás, diminuindo assim a fôrça ascensional do balão; uma âncora para, na descida daquele, se prender aos obstáculos; e, finalmente, *lastro*, constituído por areia em sacos que se podem esvasiar, aliviando assim o pêsso total do balão e, portanto, aumentando a sua fôrça ascensional. Na barquinha deverá ir um *altímetro* (barómetro) para medir as altitudes atingidas pelo aeróstato.

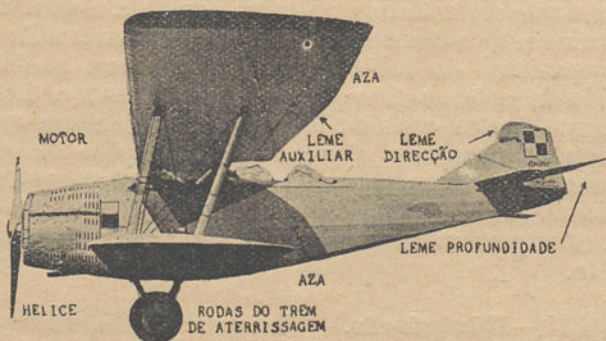
134 — **Dirigíveis.** — Têm-se applicado motores, que movem hélices, a balões de formas especiais, *fig. 99*, conseguindo-se em bôas condições atmos-



Fig. 99 — Dirigível

féricas dirigir o balão segundo um sentido marcado previamente. Um dirigível inglês d'este tipo fez há anos, com êxito, uma viagem aos Estados Unidos da América, regressando também pelo ar.

135 — **Aeroplanos.** — Êstes aparelhos de viação aérea são mais pesados do que o ar, tendo o ar que deslocam um pêso muito menor do que o dêles. São constituídos, *fig. 100*, por diferentes planos ligados entre si, os quais são propulsionados por uma hélice que recebe movimento dum motor a gasolina. Os planos têm uma certa ligação, de modo que a resistência do ar e o esforço do mo-



AVIÃO SECM AMIOT, TIPO BIPLANO, COM MOTOR LORRAINE.

Fig. 100 — Aeroplano

tor do aparelho mantêm no no ar. Quando, por qualquer circunstância, a resistência do ar diminui, ou o motor não imprime uma certa velocidade ao aeroplano, êste tende a descer, não podendo muitas vezes o piloto evitar uma queda violenta. No entanto, estas máquinas atingiram uma segurança bastante grande nos últimos anos.

Os aeróstatos são hoje usados quasi exclusivamente pelo exército, como postos de observação, pois um observador dum balão cativo, subindo a algumas dezenas de metros, pode, com facilidade, vigiar uma grande zona, dando informações sôbre a situação e os movimentos das fôrças inimigas.

Os aeroplanos, em tempo de guerra, têm muitas aplicações: operam bombardeamentos, municiam núcleos de tropas que se encontram distantes do grosso do exército, fazem reconhecimentos directos e fotográficos, etc. Em tempo de paz constituem um transporte rápido, muito superior, a êsse respeito, ao de qualquer expresso. São também empregados para levantamento de plantas por meio da fotografia, e nos Estados Unidos da América do Norte, onde abundam as imensas florestas, são usados para, voando sôbre elas, localizarem os incêndios, facilitando assim o ataque dos mesmos e salvando de perda certa grande número de árvores que representam um valor muito importante. Na Europa, e não só aqui como em todo o mundo civilizado, já existem bastantes carreiras aéreas regulares ao serviço do público, sendo uma das mais notáveis a de Londres-Paris.

136 — **Experiência de Torricelli.** — A experiência do tubo de mercúrio, de que falámos atrás, pode fazer-se por outro processo devido a Torricelli, grande físico italiano do século xvii. Consiste êsse processo, *fig. 101*, em encher de mercúrio um tubo de vidro de 80 cm. fechado num dos extremos; tapa-se depois com o dedo polegar a extremidade aberta, mergulhando em seguida o tubo, por êste extremo, numa tina com mercúrio; tirando o dedo que tapa o tubo, o mercúrio desce, até que a pressão que êle exerce na sua base equilibre a pressão exterior, que é neste caso a pressão atmosférica. O vácuo que fica por



Fig. 101 — Experiência de Torricelli

cima do mercúrio do tubo chama-se *câmara barométrica*.

Medindo a altura da coluna de mercúrio (ou seja a diferença de níveis existente), verifica-se que é aproximadamente igual a 760 mm. Esta experiência deu origem aos instrumentos chamados *barômetros*, que servem para medir a pressão atmosférica, e provou a existência desta.

Temos dito que a altura da coluna de mercúrio capaz de equilibrar a pressão atmosférica é aproximadamente 760 mm., porque a pressão atmosférica nem sempre é a mesma, variando com a altura da camada atmosférica desde o nível do mar ao cume das mais altas montanhas ; além disso, também o calor dilata o ar, tornando-o menos denso, e daí resulta a diferença do seu peso em diversas épocas e regiões.

As tempestades, os tufões, os ciclones, as trovoadas, etc., têm sempre influência na pressão atmosférica, e daí a necessidade de se medir essa pressão para estabelecer previsões sobre o estado do tempo, do qual se ocupa a Meteorologia.

A unidade de medida é o milímetro, por isso que as variações da altura da coluna de mercúrio são medidas em milímetros. A pressão exercida na base pela coluna de mercúrio que tem um centímetro quadrado de base e por altura 760 mm., é de 1,033 kg. Esta pressão tem o nome de *atmosfera* e é empregada como unidade de pressão.

**137 — Pressões inferiores à pressão atmosférica.** — Emprega-se para as medir o aparelho representado na *fig. 102*, que se intitula *barômetro de cuva alongada*. Consiste o aparelho numa cuva metálica muito comprida, assente num tripé ou suspensa dêle. Nessa cuva, em que se lança mercúrio, pode imergir-se um longo tubo de cristal graduado, fechado num lado e aberto no outro.



Estando dentro dêsse tubo uma certa porção de ar e de mercúrio, e imergindo-o lentamente na cova, quando o nível do mercúrio fôr o mesmo dentro e fora do tubo o ar interno sofrerá apenas a pressão atmosférica, transmitida pela superfície do mercúrio da tina. Nota-se então a divisão, marcada no tubo, a que se acham os níveis. Levantando o tubo lentamente, observa-se que o ar se vai dilatando e que se vai erguendo com o tubo uma coluna de mercúrio, que em breve atinge a altura de 38 cm. (metade da pressão atmosférica). Neste momento a pressão que o ar sofre é, evidentemente, aquela que é contrabalançada por uma coluna de mercúrio de 38 cm., ou seja, a que equivale a meia atmosfera. Notaremos que o volume do ar é, neste momento, precisamente duplo do primitivo. Isto é, a pressão passou de 1 para 0,5, e o volume de 0,5 para 1.



Fig. 102—Barômetro de cova alongada

138 — **Barômetros.** — São, portanto, aparelhos destinados a medir o valor da pressão atmosférica, em milímetros de mercúrio; a pressão atmosférica é hoje também expressa numa nova unidade chamada o *milibar*. Entre os seus diferentes tipos, temos os barômetros chamados: *de tina*; *de sifão*; *de Fortin*; *de Bourdon*; e *Aneróide*.

O *barômetro de tina* é constituído por uma tina com mercúrio e por um tubo de vidro, fechado numa das extremidades, *fig. 101*, já citada para a experiência de Torricelli. Enche-se o tubo, exacta-



Fig. 103  
Barômetro  
de sifão

mente como na aludida experiência, e inverte-se sobre o mercúrio da tina conservando o tubo numa posição perpendicular à do mercúrio, ou seja perfeitamente vertical. Medimos então a pressão atmosférica lendo o número de milímetros que mede a diferença de níveis. Desde que a pressão atmosférica varie, a diferença de níveis varia também; assim, quando a pressão aumentar, a coluna de mercúrio terá uma maior altura; se em seguida a pressão diminuir, o mercúrio descerá no tubo até que a pressão exercida na sua base seja igual à pressão atmosférica. Como vemos, este barômetro é bastante simples, sendo apenas necessário que o tubo esteja graduado. Não é um aparelho cómodo nem de grande rigor, mas mais adiante conheceremos outros que satisfazem a estas duas condições.

O *barômetro de sifão* consta de um tubo curvo, *AB*, *fig. 103*, ligado a uma régua de madeira. O tubo é fechado na extremidade do ramo maior e aberto na outra. Depois de cheio de mercúrio, e fervendo este a pouco e pouco, para o libertar de qualquer ar que contenha, inverte-se o tubo, para a coluna de mercúrio do ramo maior descer, assim resultando superiormente um espaço vazio de ar. Neste instrumento, a altura barométrica mede-se pela distância vertical dos níveis do mercúrio nos dois ramos. O zero da escala é colocado a meia distância vertical, entre esses dois níveis *A* e *B* do mercúrio; no ramo *A*, a escala gra-



Fig. 104  
Barômetro de  
quadrante

dua-se em milímetros e cresce de  $O$  para cima, diminuindo de  $O$  para baixo. Lendo as duas escalas, somam-se os números e obtem-se o valor da pressão.

O *barómetro de quadrante* é também um barómetro de sifão; mas a sua leitura faz-se num quadrante graduado, *fig. 104*, onde gira um ponteiro montado num eixo com roldana  $O$ . As variações de nível do mercúrio no ramo menor fazem levantar ou baixar um flutuador ligado ao contrapêso  $P$  por um fio, que passa na roldana; êsses movimentos, sendo transmitidos pelo fio ao ponteiro, fazem com que êste indique no quadrante o valor da pressão atmosférica.



Fig. 406  
Barômetro  
de Fortin

No *barómetro de Fortin*, que constitui outra espécie destes aparelhos representados nas *figs. 105 e 106*, faz-se sempre coincidir o nível do mercúrio que está na tina com o zero da escala, de modo que a altura barométrica é medida com todo o rigor; para isso a tina tem um fundo de camurça, que se move por meio de um parafuso, o qual leva o nível a coincidir com o vértice de um pequeno cone de marfim, correspondendo êsse nível ao zero da escala.

O tubo e a tina são protegidos por um envólucro metálico, *fig. 106*, onde se acha inscrita uma escala que é munida dum Nónio, permitindo assim medir a altura da coluna com grande precisão. Êste instrumento é de fácil transporte, devido à sua construção especial.

De todos os barómetros, os mais usados são o *de Bourdon* e o *Aneróide*.



Fig. 405  
Barômetro  
de Fortin

O primeiro, *fig. 107*, consta de um aro ôco, de metal, tendo, entre as suas extremidades e articulado nelas, um ponteiro, o qual gira por cima dum quadrante, como se vê na dita *fig.* Extraíndo o ar que está dentro do tubo, que tem a forma dum arco, êste tende a abrir-se quando a pressão atmosférica diminui, e a fechar-se quando ela aumenta; êstes movimentos são transmitidos às duas articulações, e por sua vez ao ponteiro.

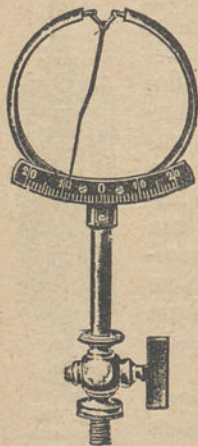


Fig. 107 — Barômetro de Bourdon

O *barômetro Aneróide* é o mais vulgar. As *figs. 108 e 109* mostram-nos, respectivamente, um córte e uma planta dum aneróide, onde se podem ver, quer a sua construção, quer o seu funcionamento. A caixa *K*, que é ôca e não tem ar dentro, tem a parede superior menos resistente do que as outras. Essa parede, baixando

ou levantando conforme aumenta ou diminui a pressão, transmite êsses movimentos ao ponteiro, por meio das alavancas *abc* e *noi*, do tirante *b i* e da cadeia *n r*, que está tensa pela acção da mola *r*. A mola maior, *R*, serve para que as paredes da caixa *K* não sejam deformadas pela pressão atmosférica. As deformações imprimidas, pela pressão atmosférica, no tampo da caixa metálica, são, como vimos, transmitidas ao ponteiro, indicando êste a pressão atmosférica em milímetros de mercúrio. E como a pressão atmosférica está bastante relacionada com o estado do tempo, os ba-



Fig. 108 — Barômetro Aneróide

rômetros apresentam no mesmo quadrante indicações sôbre o estado daquele.

As baixas pressões correspondem a mau tempo; e a bom as altas. Assim, são correntes as seguintes indicações, a partir das baixas e a acabar nas altas: Tempestade, Chuva, Variável, Bom, Bom fixo, Muito sêco. *Variável* está inscrito por cima de 760  $\text{m}/\text{m}$ . A gradação dos barômetros vai, em geral, de 730 a 790  $\text{m}/\text{m}$ . Também se procede à medição das altitudes por meio dos barômetros. Quanto mais alto se está na atmosfera menos esta pesa, porque menor é a altura da coluna de ar que exerce pressão sôbre nós. Os barômetros fornecem-nos, pois, um meio de sa-

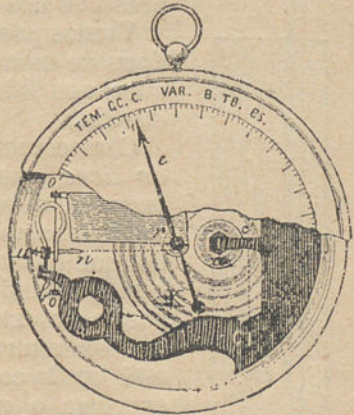


Fig. 109 — Barômetro Aneróide

bermos a altura a que estamos, quando subimos na atmosfera; contudo, êste cálculo não é muito simples, porque depende da humidade, da temperatura e do estado atmosférico. Entretanto, para pequenas alturas, calcula-se que cada descida de um milímetro num barômetro representa uma subida de 10 metros e, portanto, se o barômetro descer 40 milímetros quando atingirmos o cimo de uma montanha, quere isto dizer que a sua altura é de 400 metros. Hoje há instrumentos especiais, usados na aviação, que indicam em metros a altura a que uma máquina voadora se encontra; são êles conhecidos pelo nome de *altímetros*. São, afinal, barômetros que não indicam pressões em milímetros, mas

sim altura em metros, visto a pressão atmosférica ser inversamente proporcional à altura.

139 — **Manómetros.** — São instrumentos destinados a medir as pressões dos gases contidos em reservatórios, assim como as tensões dos vapores das caldeiras e as pressões nos líquidos.

Vamos passar a descrever alguns tipos de manómetros mais usados, quer nos laboratórios quer na indústria.

Começemos pelo *manómetro de ar livre*, que consta de um tubo curvado, de vidro, *fig. 110*, formando dois ramos, um dos quais maior do que o outro. Esse ramo maior está graduado em centímetros e é aberto na extremidade; o ramo menor tem um reservatório *M*, o qual está ligado com o recipiente onde se encontra o gás de que desejamos saber a pressão. A leitura faz-se do seguinte modo: o líquido, que neste caso é o mercúrio, sobe no ramo maior até uma certa altura, pela acção da pressão exercida sobre a superfície do mercúrio do reservatório. Tomamos, pois, nota do número de milímetros que mede a diferença de níveis (e não da altura da coluna de mercúrio), número esse que nos indicará o valor da



Fig. 110—Manómetro de ar livre

pressão que se pretende determinar. Mas, como na extremidade do tubo aberto actua a pressão atmosférica, teremos que a pressão de que pretendemos achar o valor é igual à pressão atmosférica mais a obtida pela diferença de níveis.

Exemplo: se ligando um manómetro de ar livre a um reservatório, a diferença de níveis fôr de  $560 \text{ m/m}$ , a pressão existente dentro do reservatório dado será de  $560 \text{ m/m} + 760 \text{ m/m} = 1320 \text{ m/m}$ . Na verdade, assim é, pois todos os recipientes abertos, ou mesmo quando os fechamos, ficam contendo ar à pressão atmosférica: logo têm sempre 1 atmosfera de pressão. Se lhes extraímos o ar, então é que essa pressão diminui. Se aumentar a pressão, elles ficam com uma atmosfera adicionada ao aumento dessa pressão exercida sobre elles próprios.

Os monómetros podem ser graduados em milímetros, em atmosferas e em quilogramas por centímetro quadrado.

Passemos a outro tipo de manómetro: o de *ar comprimido*. Consta êle de uma tina fechada *V*, *fig. 111*, provida de mercúrio e onde entra um tubo *T*, aberto na parte inferior e fechado na parte superior, mas contendo ar. A tina está ligada a um canal munido de torneira, canal que se faz comunicar com o recipiente onde está o gás cuja pressão se quiere medir. Quando se abre a torneira, o gás entra para a tina onde está o mercúrio, por um canal que se abre por cima dêste, e, comprimindo-o, fá-lo subir pelo tubo.

Quando a pressão do gás é de uma atmosfera, o nível do mercúrio é o mesmo no tubo e na tina; quando a pressão é de duas, três atmosferas, etc., o mercúrio sobe no tubo reduzindo-se a metade, a um terço, etc., o volume de ar que se encontra por cima. A leitura da pressão faz-se na escala.

O *manómetro de Bourdon* consta de um tubo de latão achatado e de secção elíptica, *fig. 112*, semelhante ao do barómetro do mesmo autor, isto



Fig. 111  
Manómetro  
de ar  
comprimido

é, tendo uma forma curva. Um dos extremos dêsse tubo é fixo e comunica com a caldeira onde se encontra o vapor, por meio duma torneira *m*. O outro

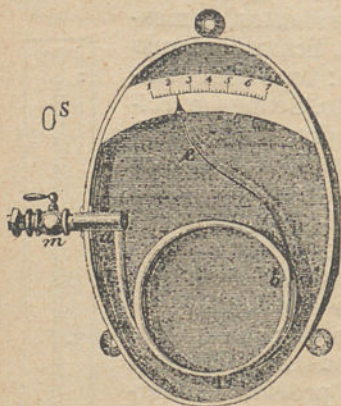


Fig. 412 — Manómetro de Bourdon

extremo livre está fechado e ligado directamente a um porteiro *e* que se move sôbre um mostrador graduado.

Quando a pressão dentro do tubo aumenta, êste abre-se, isto é, tende a rectificar-se, e o porteiro move-se num sentido; quando diminui a pressão, êle move-se em sentido contrário. Este tipo de manómetro é muito usado nas caldeiras de vapor, indicando as tensões do vapor em

atmosferas, em quilogramas por centímetro quadrado ou em libras por polegada quadrada. Esta última unidade aparece muitíssimo nos manómetros de origem inglesa: 1 libra por polegada quadrada equivale a 0,0703 quilogramas por centímetro quadrado.

140 — **Lei de Boyle Mariotte.** — Esta lei, que foi verificada pelos dois sábios dos quais ela recebeu o nome, diz-nos o seguinte: existe uma relação entre o volume duma dada massa gasosa e a sua pressão; essa relação é constante. Podemos enunciar a lei do seguinte modo:

*Os volumes duma dada massa de gás são inversamente proporcionais às suas pressões, para uma mesma temperatura. O que se exprime por:*

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}$$



fórmula em que  $V$  é o volume inicial da massa gasosa, a qual está à pressão  $P$ , e  $V'$  é o volume da mesma massa gasosa à pressão  $P'$ .

Vamos proceder, pois, à necessária demonstração experimental. Tomamos um tubo dobrado sobre si mesmo, *fig. 110*, e que tenha um ramo maior do que outro, sendo ambos os ramos graduados e o menor munido de uma torneira. Deitando mercúrio no tubo, êle subirá à mesma altura nos dois ramos, desde que a torneira esteja aberta. Como os ramos são graduados, podemos medir o volume de ar que está contido no ramo menor; no caso presente êsse volume é igual a  $12 \text{ cm}^3$ . e está à pressão atmosférica.

Se em seguida sujeitarmos essa mesma massa de ar a uma pressão dupla da pressão atmosférica, o seu volume, segundo diz a lei, será reduzido a metade. É o que vamos vêr na segunda parte da demonstração.

Para fazer actuar sobre a massa de ar contida no ramo menor uma pressão dupla da presente basta fechar a torneira e deitar pela parte superior do ramo maior uma porção de mercúrio tal, que a diferença de níveis seja igual a  $760 \text{ m/m}$  (no caso da pressão atmosférica na ocasião em que se faz, a experiência ser também  $760 \text{ m/m}$ ; se o não fôr, proceder-se-á de modo que a diferença de níveis seja igual ao número de milímetros que exprime a pressão atmosférica nessa ocasião). Veremos então o volume da massa de ar diminuir e, procedendo-se à leitura, obteremos  $6 \text{ cm}^3$ , número que é metade do volume primitivo.

Portanto, a fórmula, já atrás enunciada:

$$\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}$$

exprime a lei de Boyle-Mariotte.

141 — **Pipetas.** — São pequenos tubos, *fig. 113*, abertos nas duas extremidades e que têm na parte média uma câmara, em geral cilíndrica. Servem para tirar e medir porções de líquidos, pois são graduadas.

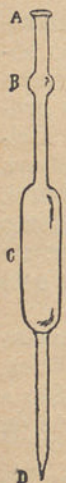


Fig. 113  
Pipeta

Mergulhando a parte inferior da pipeta no líquido e aspirando pela abertura oposta, devido à pressão atmosférica o líquido sobe; quando temos já a porção de líquido desejada colocamos imediatamente o dedo indicador sobre a abertura superior, e, ainda devido à pressão atmosférica, o líquido contido na pipeta não sai. Para que ele saia nada mais temos a fazer do que deixar entrar pequenas quantidades de ar entre a cabeça do dedo e o bordo do tubo. Assim deitamos com a pipeta pequenas porções de líquido. Se o quisermos despejar por uma só vez bastar-nos-á para isso retirar o dedo, permitindo a entrada cons-

tante do ar atmosférico: dêste modo o jacto será contínuo.

As pipetas são muito usadas nos laboratórios de química, e sempre que se tem necessidade de medir pequenas porções de líquidos com certo rigor.

142 — **Sifão.** — É um tubo curvo, *fig. 114*, de ramos desiguais em altura. O ramo menor mergulha no líquido que se quer esgotar e que supomos ser água. Se pelo orifício *D* do ramo maior se aspirar a água com a bôca, de maneira a encher o sifão, e em seguida se abandonar o aparelho, a água

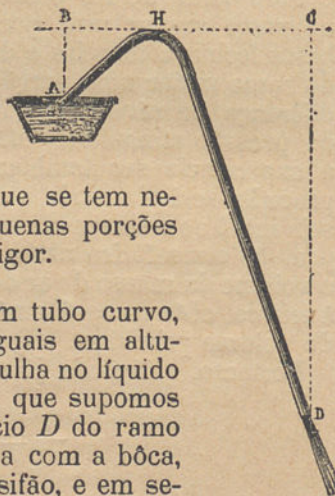


Fig. 114 — Sifão

começará a sair pela extremidade do ramo maior; é isto efeito da pressão atmosférica. É preciso notar que a altura dos dois ramos deve ser medida segundo a vertical, porque a pressão de uma coluna de líquido não depende do seu comprimento real, mas sim da altura vertical. Assim, na figura aludida, o ramo menor tem de altura  $AB$  e o ramo maior  $CD$ . E' claro que, se a altura do ramo menor fôsse mais de 10 metros, o escoamento de água não se efectuaria, porque essa coluna só por si equilibrava a pressão atmosférica e esta não podia exercer a sua acção.

143 — **Fontes intermitentes naturais.** — Em diversos pontos da Terra existem certas fontes

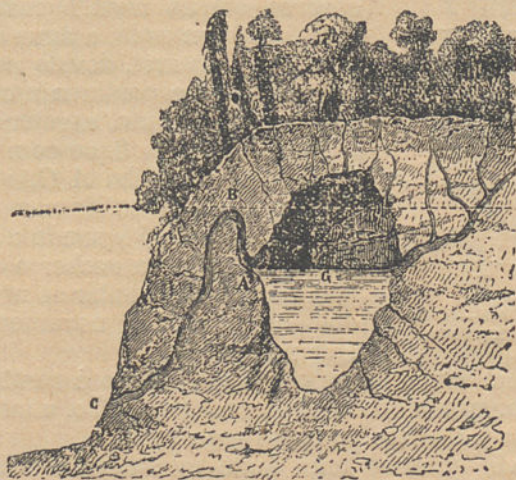


Fig. 115 — Caverna

naturais, que vertem água durante um tempo mais ou menos longo, podendo até ser durante meses, e

depois param de correr outro período de maior ou menor duração, voltando mais tarde a correr novamente.

Chamam-se estas nascentes *fontes intermitentes*; tais são as de Colmars, nos Alpes, as de Chambéry, na Sabóia, correndo de seis em seis horas, etc.

A explicação dêste fenómeno torna-se fácil examinando o desenho que se segue e que não é mais do que a aplicação da teoria do sifão que acabámos de expôr.

Suponhamos que há no interior da Terra, *fig. 115*, uma caverna onde as águas da chuva se depositaram, caverna que comunica

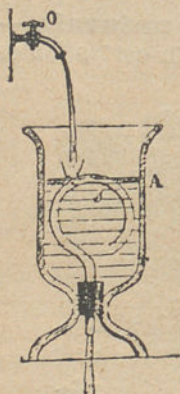


Fig. 116 — Fonte intermitente

para fora por um canal natural em forma de sifão *A B C*. Quando as águas da chuva têm enchido essa caverna até ao nível *B* indicado pela linha pontuada, a água corre pelo sifão natural, devido ao seu próprio pêso, e continua a correr até que o depósito, esgotando-se a pouco e pouco, fique com o nível abaixo da linha *A G*, isto é, abaixo do extremo do ramo menor do sifão; só quando a água da chuva tornar a encher o depósito é que torna a subir ao nível *B*, começando então novamente a sair pelo sifão.

Se a corrente que enche o depósito é contínua e menor que a corrente que sai pelo sifão, a intermitência faz-se em períodos regulares.

Pode obter-se uma fonte intermitente artificial, pelo modo indicado na *fig. 116*. O vaso é atravessado no fundo por um tubo *s*, em sifão *e*, por consequência, aberto nos dois extremos. Fazendo cair sobre o vaso *A*, pela torneira *O*, água com uma torneira constante, mas menor do que a corrente

de água que sai pelo tubo sifão, o nível do líquido no vaso vai baixando a pouco e pouco, e quando desce para baixo do extremo do sifão, que está dentro do vaso, a água deixa de correr pelo extremo inferior. Como a torneira continua a verter, então o nível no vaso eleva-se até passar acima do sifão; neste momento o sifão, tendo sido alimentado, volta a funcionar, e assim sucessivamente.

#### 144 — Bombas e seus diversos tipos. —

No emprêgo das bombas, tanto para tirar água como quaisquer líquidos duns reservatórios para outros, encontra-se uma das aplicações mais vulgares da pressão atmosférica e da compressibilidade. Existem diversos tipos de bombas: Aspirante; Premente; Aspirante-premente; Centrífuga; e Rotativa.

Começemos por descrever a *bomba aspirante*, que na *fig. 117* está representada. Ela consta de um corpo de bomba *A B C D*, ligado a um tubo de aspiração *E F*, no qual gira um êmbolo com haste. Em *s* e *s'* há duas válvulas, ambas abrindo de baixo para cima.

Estando o êmbolo em baixo e a água do reservatório ao mesmo nível (vasos comunicantes) que a do tubo de aspiração, logo que o êmbolo sobe, a pressão do ar contido no tubo *E F* diminui, pois essa massa de ar é obrigada a ocupar um maior volume e, como sabemos pela lei Boyle-Mariotte, a sua pressão é assim diminuída; neste momento existe desigualdade entre a pressão exterior (pressão atmosférica) e a pressão interna. O lí-

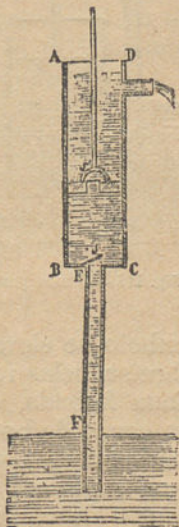


Fig. 117 — Bomba aspirante

quido sobe pelo tubo de aspiração, até que a pressão exercida pela coluna de líquido que vai do nível dentro do corpo de bomba ao nível do reservatório exerça uma pressão exactamente igual à da pressão atmosférica nesse instante. Tendo o êmbolo atingido a sua posição mais alta, a válvula de aspiração fecha-se, e o corpo de bomba contém nesta altura ar e água; quando o êmbolo desce, o ar é então comprimido e exerce por sua vez uma forte pressão sobre a água, encontrando esta uma

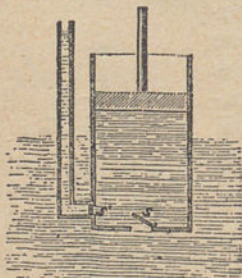


Fig. 118 — Bomba premente

saída pela válvula  $s'$  a isso destinada. À medida que o êmbolo desce, a água vai passando da parte inferior do êmbolo para a parte de cima d'êste. O êmbolo atinge assim a parte mais baixa tendo quasi tôda a água passado para a parte de cima d'êle; e durante êsse seu deslocamento a válvula  $s'$  manteve-se fechada, devido à pressão dentro do corpo de bomba ser superior à atmosférica. Novamente o

êmbolo se eleva no corpo de bomba, e a válvula  $s$  abre-se, pelas razões já expostas; a válvula  $s'$  continua fechada, e assim a água que estava contida no corpo de bomba, ou antes, por cima do êmbolo, vai sendo transportada com êste, até que encontra uma saída em  $D$ , esgotando-se por aí. Como acabamos de ver, a pressão atmosférica e a compressibilidade do ar e dos líquidos representam papéis muito importantes nas bombas.

Estudemos agora outro tipo de bomba, a *bomba premente*, representado na *fig. 118*. O corpo de bomba está, em parte, mergulhado na água; tem também duas válvulas  $s$  e  $s'$ , fechando a válvula  $s$  de dentro para fora e a  $s'$  de fora para dentro.

Subindo o êmbolo, a água acompanha-o até acima; descendo, ela é impelida para dentro do canal de saída, abrindo a válvula  $s'$ ; esta é, depois, fechada pelo pêso da água que enche o canal, tornando a abrir-se com a pressão da água do corpo de bomba, quando o êmbolo desce; e assim sucessivamente.

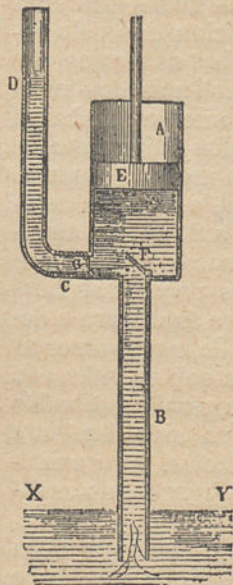


Fig. 119—Bomba aspirante-premente

Passemos a estudar a *bomba aspirante premente*. Como o seu nome indica, participa esta bomba das propriedades dos dois tipos já mencionados. Está indicada na *fig. 119* e consta de: o corpo de bomba  $A$ ; o tubo de aspiração  $B$ ; o tubo de elevação  $D$ ; o êmbolo  $E$ ; a válvula  $F$ , que abre de baixo para cima; e a válvula  $G$ , que abre de dentro do corpo para o canal de elevação. É fácil ver pela mesma figura o seu funcionamento. A água entra pela válvula  $F$ , tendo sido impelida pela pressão atmosférica pelo tubo de aspiração, e atingindo o êmbolo a parte mais alta da sua corrida, a válvula  $F$  fecha-se; começando o êmbolo a sua descida comprime algum ar que exista dentro do corpo de bomba

(pois estas têm sempre pequenas fugas) e também a água, a qual obriga a válvula  $G$  a abrir-se, subindo ela, portanto, no tubo de elevação, até que o êmbolo atinja a parte inferior do cilindro do corpo de bomba; nesta altura o êmbolo começa novamente a subir, e então a pressão que a coluna de líquido contida no tubo de elevação exerce sobre a válvula é superior à exercida pela pressão de den-

tro para fora; por esta razão, a válvula *G* mantém-se fechada, até que o êmbolo atinja a parte superior do corpo de bomba. Repetindo-se êstes movimentos, conseguem-se elevar líquidos a grandes alturas.

Estas bombas não dependem por completo da pressão atmosférica, e por isso os níveis que com elas se podem alcançar são condicionados pelo esforço que se pode fazer actuar sôbre os órgãos que as compõem e também pela resistência dos mesmos. Estas razões, de ordem puramente mecânica, é que determinam o diâmetro dos tubos, etc., e, principalmente, a altura (distância medida segundo a vertical) dos mesmos. Em geral, o tubo de aspiração não pode ter mais do que 7 a 8 metros, medidos, como se sabe, segundo a vertical. Estas bombas são de emprêgo corrente nos poços, nas adegas, nas fábricas, para ser elevada a água para o depósito principal, donde depois há de ir abastecer as diferentes dependências com água sob pressão, etc.

As *bombas centrifugas* são, em geral, destinadas a fornecer grandes caudais e têm sido bastante empregadas nas explorações agrícolas, para a irrigação de grandes superfícies de terrenos, no esgotamento de minas, etc.

Um dispositivo especial imprime à água que entra num cilindro um violento movimento de rotação, e a fôrça centrífuga que se desenvolve então é a suficiente para impelir essa água para um tubo de descarga, transportando-a assim dum nível para outro.

O jacto das modernas bombas de incêndio atinge com facilidade grandes alturas, 20 a 30 metros. São bombas de grande compressão movidas pelo próprio motor de explosão que faz andar o veículo sôbre o qual são montadas.

145 — **Rarefação dos gases.** — As bombas podem, como se disse já, servir para elevar e trans-



portar líquidos; mas, se em vez de a utilizarmos para líquidos, applicarmos uma bomba aspirante, por exemplo, a um reservatório fechado, tendo essa bomba uma vedação muito perfeita nas válvulas, e também entre o êmbolo e as paredes do cilindro, o ar contido no reservatório será aspirado, não todo duma só vez, mas sim às porções, uma por cada movimento do êmbolo.

A porção de ar que fica no reservatório, devido às propriedades dos gases, dilata-se sempre, de modo a ocupar todo o reservatório, evidentemente tornando-se menor a sua pressão do que no começo da experiência, visto que uma massa menor de gás é obrigada a ocupar o mesmo volume, donde resulta, pela lei Boyle-Mariotte, diminuir a sua pressão. Vai-se, pois, o ar tornando mais rarefeito, a pouco e pouco; e se pudéssemos retirar sempre uma porção de ar, embora cada vez menor, e se não existissem fugas, atingiríamos um limite, isto é, deixaria, por completo, de haver ar dentro do recipiente. Em summa, obteríamos o vácuo absoluto. Todavia, se, como acabamos de verificar, o vácuo absoluto é impossível de obter, saiba-se que, por meio de bombas especiais que empregam mercúrio, se conseguem obter graus de rarefacção tão altos que, praticamente, se consideram satisfatórios para as diversas exigências das indústrias.

As máquinas de rarefacção têm hoje grande applicação na indústria das lâmpadas eléctricas para iluminação; há, no entanto, alguns tipos delas em que, além do ar em pequeníssima quantidade, se encontram outros gases, os quais exercem acções sobre o filamento metálico. Na construção de tubos dos raios X empregam-se também máquinas de rarefacção; e o mesmo succede no fabrico das válvulas *audiões*, destinadas à T. S. F., indústria esta bastante desenvolvida presentemente.

146 — **Máquina pneumática ordinária.** — Tem o nome de máquina pneumática, *fig. 120*, a que serve para fazer o vácuo. A máquina pneumática compõe-se de dois corpos de bomba cilíndricos  $c$  e  $c'$ , com dois êmbolos  $P$  e  $P'$ . Estes êm-

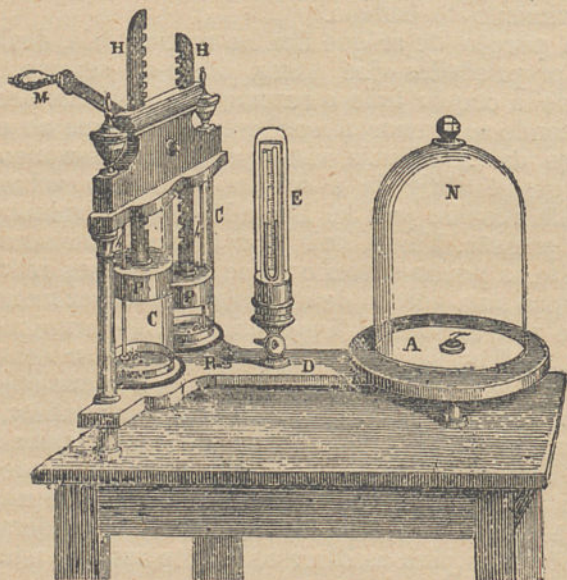


Fig. 120 — Máquina pneumática

bolos têm hastes dentadas  $H$ , que engrenam com uma roda dentada  $B$ , munida de uma dupla manivela  $M$ , de modo que, dando movimento alternado a esta, os êmbolos tomam movimento de vai-vem, subindo um quando o outro desce. Os êmbolos são formados de rodela de coiro, comprimidas entre duas lâminas metálicas, e ajustam contra as paredes dos cilindros. Untam-se com azeite a fim de

obter uma perfeita vedação à entrada do ar, e cada êmbolo tem uma válvula que abre de baixo para cima, válvula formada por um pequeno cone de coiro com haste, *fig. 121*, que, passando por uma pequena abertura, comanda os movimentos da válvula. Uma leve mola comprime a válvula de encontro à sua sede.

Na base dos corpos de bomba há duas aberturas  $o$  e  $o'$  que comunicam por um canal  $D$ , o qual se abre em um prato circular de latão revestido de um disco de vidro  $A$ , que tem o nome de *platina*. É sôbre a *platina* que se colocam as campânulas  $N$ , ou aparelhos em que se quer fazer o vácuo. A extremidade do canal  $D$  tem uma rosca  $r$ , a que se podem atarraxar diversos recipientes munidos de torneira, nos quais se pretende fazer o vácuo. As aberturas  $o$  e  $o'$  são fechadas por meio de cônes de coiro fixos a hastes de ferro  $h$ , que atravessam os êmbolos com grande fricção, de modo que quando os êmbolos sobem, em qualquer posição em que se achem, levantam um pouco as hastes e abrem as válvulas  $o$  e  $o'$ ; quando os êmbolos descem fecham estas válvulas. O canal  $D$  comunica com uma campânula de vidro  $E$ , contendo um manómetro de rarefacção, que indica a pressão do ar dentro do recipiente. A torneira  $R$  tem dois canais: um faz comunicar a *platina* com as bombas.

Estabelece-se esta comunicação, quando a torneira tem a posição representada na *fig. 120*; o ou-

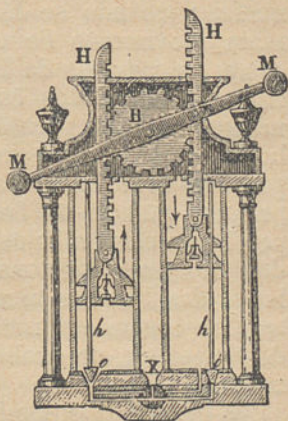


Fig. 121 — Máquina pneumática

tro canal estabelece a comunicação entre a platina e a atmosfera.

Está aberto quando se gira de  $90^\circ$  com a torneira e se lhe tira um botão que fecha o orifício superiormente. Abre-se esta comunicação quando se quer fazer entrar o ar exterior no recipiente, o que é preciso para poder tirar os aparelhos em que se fez o vácuo. De contrário, a pressão exterior comprimí-los-ia de encontro à platina.

Eis, resumindo, como funciona a máquina pneumática: quando se dá à manivela, os êmbolos tomam movimento de vai-vem; quando descem, fecham as válvulas da base das bombas, e o ar que fica por baixo dos êmbolos é comprimido e, aumentando a sua pressão, abre as válvulas dos êmbolos e passa para cima, saindo para a atmosfera, por dois orifícios que as bombas têm na parte superior; quando os êmbolos sobem, o ar que está por baixo dos êmbolos dilata-se, as válvulas montadas nos êmbolos conservam-se fechadas e as das bases das bombas abrem-se, devido à pressão dentro dos corpos ser menor do que a pressão dentro do recipiente ao qual está ligada a máquina pneumática.

Ao descerem os êmbolos novamente, as válvulas montadas nêles abrem-se, e o ar que começa a ser comprimido escapa-se para a atmosfera. Executando diferentes vezes êstes movimentos obtem-se o vácuo.

**147 — Compressão de gáses.** — Os gáses podem comprimir-se com grande facilidade. Empregam-se para isso as bombas compressoras, *fig. 122*, que são muito semelhantes às bombas aspirantes prementes. Uma compressora é constituída por um corpo de bomba, o qual encerra um êmbolo; na parte inferior do corpo de bomba estão montadas duas válvulas, uma que é a de aspiração *A*, abrindo

esta de fora para dentro, e outra *S*, que abre de dentro para fora. Quando se dá a aspiração do gás que se deseja comprimir, a válvula *A* abre-se, devido à diferença de pressões, e quando o êmbolo atinge a parte mais alta, ou seja o fim do seu curso, a válvula fecha-se; durante a aspiração a válvula *S* mantém-se fechada. Fazendo descer o êm-

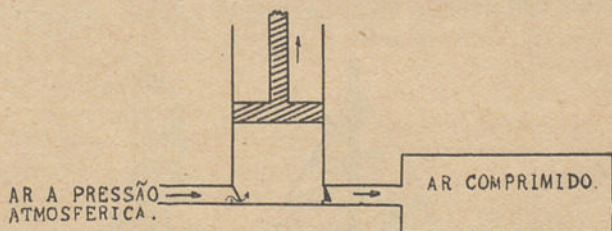


Fig. 122 — Bombas compressoras

bôlo o gás começa a aumentar de pressão, e abre a válvula de saída, a qual está em comunicação com o reservatório onde se pretende comprimir o gás.

Empregam-se as compressoras para comprimir gases dentro de cilindros, os quais são fornecidos à indústria, para comprimir o ar dentro das câmaras de ar dos pneumáticos das rodas de automóveis, para expulsar a água das câmaras dos submersíveis e submarinos, para projectar areia com grande violência sobre superfícies metálicas pulindo-as, para pulverizar tintas especiais, no processo de pintura chamado à pistola, para aumentar o rendimento dos poços artesianos, etc.

**148 — Compressibilidade dos gases e sua liquefacção.** — Andrews descobriu que há para cada gás uma temperatura abaixo da qual é necessário levá-lo, para, com aumento de pressão, conseguir a sua liquefacção, isto é, transformá-lo num

líquido. Outrora dividiam-se os gases em *permanentes* e *não permanentes*, consoante se liquefaziam ou não pela pressão. Hoje essa distinção acabou, porque todos os gases se liquefazem, desde que se obtenham com temperaturas inferiores ao seu ponto crítico pressões suficientemente consideráveis.

Num simples tubo de Faraday, *fig. 123*, do qual

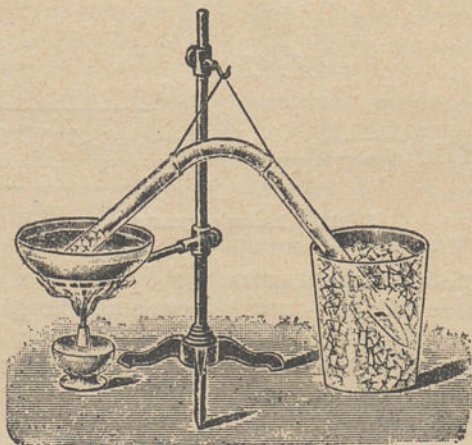


Fig. 123 — Tubo de Faraday

um dos ramos se mergulha numa mistura frigorífica, e outro num banho-maria (água quente), se liquefazem o cloro, o ácido clorídrico, o amoníaco, etc.

Os gases da atmosfera e da água, hidrogénio, oxigénio e azoto, que antigamente resistiam a todos os esforços, são hoje correntemente liquefeitos.

O ácido carbónico tem uma temperatura crítica de  $31^{\circ}$ , acima da qual resiste às maiores pressões.

Os processos modernos de liquefacção dos gases assentam principalmente sôbre :

Emprêgo do resfriamento ;  
 Emprêgo da pressão ;  
 Emprêgo da expansão.

No aparelho da *fig. 124*, do físico Cailletet, 1878, há duas partes distintas: uma prensa hidráulica

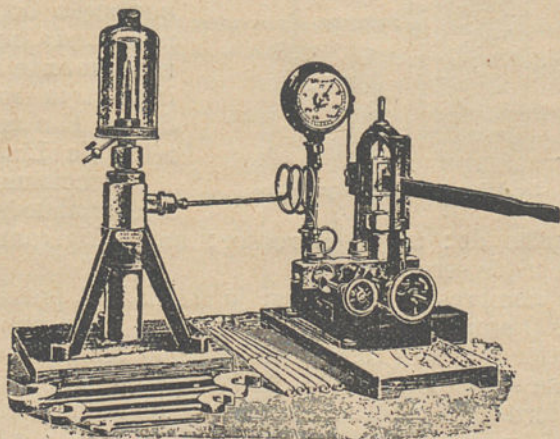


Fig. 124 — Aparêlho Cailletet

que injecta água num reservatório com mercúrio; e um tubo forte envolvido por uma manga de vidro (por seu turno dentro dum envólucro de cristal) onde está o gás a comprimir, e no qual penetra o mercúrio, forçado pela pressão da água que a prensa hidráulica comprime.

Na manga de vidro passa uma mistura frigorífica. Pode elevar-se no aparelho a pressão até 300 atmosferas (em cada  $\text{cm}^2 = 300 \times 1^{\text{kg}}, 033$ ).

Assim se liquefizeram ali, fugazmente, o hidrogénio e o oxigénio.

Quando o gás estava muito comprimido, Cailletet baixava bruscamente a pressão, o que originava na massa gasosa uma expansão súbita (*détente*), cujo efeito era a liquefacção immediata, pelo resfriamento produzido pela absorção de calor do gás ao aumentar o seu volume.

O aparelho da *fig. 125*, (esquema) serve moderna-

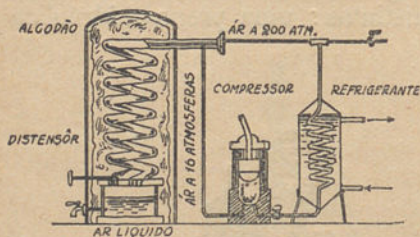


Fig. 125 — Appareho de liquefacção

mente, mais ou menos modificado, para a liquefacção do ar praticada correntemente na indústria moderna. É o aparelho de Linde.

Essencialmente, é formado este

aparelho de: um compressor; um refrigerante; uma triple serpentina.

O compressor leva o ar já resfriado à pressão de 200 atmosferas; esse ar vai para a serpentina exterior (são três tubos concêntricos), onde bruscamente se expande a 16 atmosferas, o que origina um fortíssimo resfriamento. Voltando ao compressor, esse ar é novamente comprimido a 200 atmosferas, indo outra vez expandir-se até chegar um momento em que se liquefaz. Na triple serpentina o ar que chega em corrente contínua, e também nos vários tubos concêntricos, resfria-se a si próprio, de forma que, num certo momento, uma corrente contínua de ar líquido sai da torneira do aparelho.

Este ar líquido, formado de uma mistura de oxigénio e azoto, emprega-se nas câmaras frigoríficas de portos e paquetes.

O ar líquido atingiu hoje um preço baixo, em comparação com o que tinha há anos, havendo já em Portugal algumas fábricas dêle.





## CAPÍTULO VIII

### O calor

149 — **Movimento vibratório das moléculas dos corpos.** — As moléculas dos corpos são animadas de um movimento vibratório muito rápido, mas de pequeníssima amplitude, de onde resultam os fenómenos do calor, luz, som, electricidade e magnetismo. Este movimento transmite-se a distância por intermédio de um meio elástico, o *éter* espalhado em todo o Universo e enchendo os espaços intermoleculares, no qual as vibrações produzem ondulações que se propagam da mesma maneira que no ar se propagam as ondas sonoras.

A vibração que nos dá a sensação do frio ou do quente chama-se *calor*, e um corpo está mais quente quanto maior fôr o movimento vibratório que animar as suas moléculas. Além disso, êsse movimento vibratório, ou calor, produz outros fenómenos, como são a dilatação dos corpos e a sua passagem do estado sólido ao estado líquido e dêste ao de vapor. A diferença de calor nos diversos corpos nem sempre é apreciável aos nossos sentidos, e a ideia de frio ou de calor é relativa. A água de um poço, que num dia muito quente de verão nos parece fresca, num dia muito frio de inverno parece-nos quente. É que a água de um poço, se êste é fundo, está numa temperatura constante, e de aí provém a sensação de frio ou de calor que nos dá numa ou noutra estação.

Em geral, chama-se frio à sensação que experimentamos ao contacto de um corpo que tem menor temperatura do que a nossa, e um corpo está tanto menos frio quanto menor for o movimento vibratório que animar as suas moléculas.

150 — **Dilatação e contracção.** — Os corpos, quando se aquecem, aumentam de volume, e quando esfriam deminuem de volume; no primeiro caso, diz-se que se *dilataram*, e no segundo que se *contrairam*.

a) *Pirómetro de quadrante*, Consta de uma haste de ferro *A B*, *fig. 126*, fixa em *B* na coluna e livre

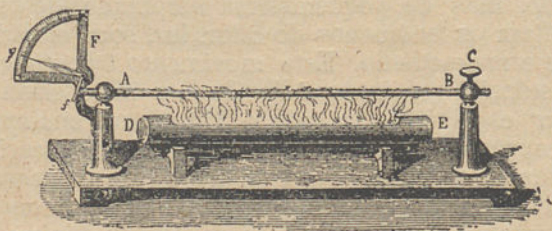


Fig. 136 — Pirómetro

em *A*. A coluna *A* está fixo um quadrante graduado *F*. Quando a haste *A B* é aquecida pela lâmpada de álcool *D E*, *dilata-se*, e, tornando-se mais comprida, vai pelo extremo livre *A* mover a alavanca *f* ligada ao ponteiro *g*, o qual, girando sobre o quadrante, indica os milímetros que a haste se dilatou. Logo que desaparece a chama do álcool, a haste volta ao comprimento primitivo, isto é, *contrai-se*, e o ponteiro volta a marcar zero, como no princípio da experiência.

b) O aparelho da *fig. 127*, anel de *S' Gravesande* (Jacob/S Gravesande, célebre físico holandês, que

viveu do 1688 a 1742), demonstra que a dilatação dos corpos se faz em todos os sentidos,

isto é, que a dilatação é cúbica. A bola metálica *B*, à temperatura em que está antes de aquecida pela lâmpada de álcool, passa pelo anel *A*; mas, quando se aquece, deixa de passar porque se *dilatou*.



Fig. 128  
Aparêlho  
para  
dilatação  
dos  
líquidos

c) Demonstra-se a dilatação dos líquidos com o aparelho da *fig. 128*. O balão de vidro *A*, ligado ao tubo capilar *B C*, contém um líquido, o álcool por exemplo, corado de vermelho para se ver bem e conhecer o seu nível conforme as diferentes temperaturas. Quando se aquece o instrumento, o líquido, *dilatando-se*, passa de *B* a *D*, e continua a subir se continuar a aquecer-se. Logo que esfria *contraí-se* e desce a *B*.

d) Demonstra-se a dilatação dos gases com o aparelho da *fig. 129*. Um balão *A*, cheio de ar ou de outro gás, está ligado a um tubo em *S*, capilar, onde se introduziu um índice de mercúrio em *D*. Aquecendo o balão, mesmo com o calor da mão, o ar que está por baixo do índice *dilata-se* e impele-o. Se se mergulhar o balão em água fria, o ar que está por baixo do índice *contraí-se*, e o índice desce arrastado por êle.

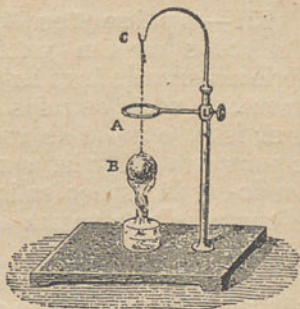


Fig. 127 — Anel de S' Gravesande



Fig. 129  
Aparêlho  
para  
dilatação  
dos  
gases

**151—Aplicações diversas da dilatação.—**

As rodas de um veículo têm sempre na periferia um arco de ferro bastante forte, que liga sòlidamente à roda os raios e o cubo. Para se conseguir isso, o aro é de menor diâmetro que a roda, e para esta caber lá, aquece-se o aro, o qual, dilatando-se, dá espaço suficiente à roda. Depois esfria, e contraindo-se aperta enèrgicamente as diversas peças.

Os rebites com que se ligam as chapas de ferro são metidos aquecendo-os até ao rubro. Depois de metidos, batem-se ; e, quando esfriam, contraem-se de maneira que apertam as chapas de encontro uma à outra, ficando assim as juntas bem vedadas.

Se duas paredes opostas de um edificio estiverem inclinadas para fóra, endireitam-se fazendo-as atravessar por barras de ferro. Depois de postas estas, aquecem-se até ao rubro e metem-se-lhes cunhas ou travessas de ferro, do lado exterior e rente às paredes. Como as cunhas se meteram com as barras muito dilatadas, quando estas esfriam, contraem-se com tal fôrça que aproximam as paredes.

Quando uma rôlha de esmeril, que fecha um frasco, está muito apertada, tira-se fàcilmente aquecendo com cuidado o bocal à chama de alcohol. O bocal dilata-se e a rôlha é extraída logo.

Nas linhas férreas, os carris não se juntam tôpo a tôpo, deixando-se entre êles um pequeno intervalo, porque, sem esta precaução, o calor, dilatando-os, faria com que êles, apertando-se uns de encontro aos outros, se deslocassem. Alguns accidentes de caminhos de ferro têm tido por causa a dilatação dos carris. Os canos de condução de água não devem estar todos soldados uns aos outros, para evitar idêntica deslocação.

**152 — Pêndulo compensador.** — Nos relójos, quer sejam de pêndulo, quer sejam de volante,

há de verão um atraso e de inverno um avanço, porque, no primeiro caso, o calor dilata os pêndulos ou os volantes, e o andamento é mais vagaroso; no inverno contrai-os e o andamento é mais rápido. Por isso, nos relógios de pêndulo adopta-se uma construção engenhosa, fundada na desigual dilatação dos metais, e que consiste em montar um pêndulo numa grade de ferro e cobre, como se vê na *fig. 130*. As duas travessas  $A A'$  e  $E E'$  são ligadas por duas hastes de ferro  $F F''$ . A travessa  $E E'$  tem ainda duas hastes  $C C'$ , ligadas em cima pela travessa  $B B'$ , a qual tem a haste  $F'$  do pêndulo. Esta haste passa por um orifício de  $E E'$  onde está livre. Este jôgo de hastes, pelo calor, funciona assim: dilatando-se  $F F''$ , a travessa  $E E'$  desce, tornando o pêndulo mais comprido, pois que este está ligado à travessa  $B B'$ , que também desce. Mas como as hastes  $C C'$  só se podem dilatar para cima, visto que em baixo vão de encontro a  $E E'$  e em cima têm o intervalo entre  $A A'$  e  $B B'$ , elas arrastam o pêndulo. Ora estas hastes  $C C'$  são de cobre, que se dilata mais do que o ferro, e por isso compensam perfeitamente a dilatação de tôdas as outras, que são daquele metal.



Fig. 130—Pêndulo compensador

153 — **Temperatura.** — É o grau de calor, ou o estado calorífico, dum corpo. Ela pode ser comparada ao nível hidrostático, e não deve ser confundida com a noção de quantidade de calor, de que trata adiante o § 167. As temperaturas são medidas, ou melhor comparadas, com os instrumentos chamados *termômetros*.

a) — *Construção dos termómetros.* Os termómetros constam de um tubo de vidro *A B*, *fig. 131*, capilar, bem calibrado, tendo em baixo um depósito *B*, e em cima uma parte mais larga *A*, que serve de funil quando se constrói o termómetro.

Deita-se mercúrio em *A*, e para o fazer entrar aquece-se o depósito: o ar que aí está dilata-se saindo por cima e então a pressão atmosférica faz ir parte do mercúrio para *B*. Repete-se a operação até que no depósito *B* haja um pequeníssimo volume de ar. Para expulsar o ar, faz-se entrar o mercúrio em ebulição, e os vapores mercuriais que se desenvolvem arrastam todo o ar e toda a humidade que existem no depósito e no tubo. Estando o instrumento cheio de mercúrio até ao ponto onde deve terminar o termómetro, fecha-se à lâmpada de alcohol o extremo do tubo.



Fig. 131  
Construção  
de um  
termómetro

b) — *Gradação dos termómetros.* — As principais escalas usadas nos termómetros são: *Centigrada*, *Réaumur* e *Fahrenheit*.

Para a escala centígrada tomam-se dois pontos fixos, que são as temperaturas do gelo fundente e do vapor de água fervente; para isso introduz-se o termómetro em gelo fundente; o mercúrio contrai-se até certo ponto; onde pára marca-se 0; depois introduz-se o termómetro em um vaso contendo água fervente, cujos vapores saem por uns tubos laterais, devendo o instrumento ficar envolvido pelo vapor; o mercúrio dilata-se até certo ponto; onde pára marca-se 100°; o intervalo entre estes dois pontos divide-se em 100 partes iguais, que se chamam *graus centígrados*. Continua-se depois a gradação para cima e para baixo. Os graus abaixo de zero dizem-se *negativos*.

Na escala de Réaumur os pontos fixos corres-

pondem à temperatura do gelo fundente e à do vapor de água fervente, mas o intervalo entre êstes dois pontos é apenas dividido em 80 graus.

Na escala de Fahrenheit o ponto fixo superior corresponde à temperatura do vapor de água fervente e nêle se marca  $212^{\circ}$ ; mas o inferior corresponde à da mistura de gelo e sal amoníaco em partes iguais; neste ponto marca-se  $0^{\circ}$ ; o intervalo entre êstes dois pontos é, pois, dividido em 212 partes iguais. A temperatura de gelo fundente corresponde a  $32^{\circ}$  da escala de Fahrenheit; de modo que o intervalo entre as temperaturas de gelo fundente e de água fervente é neste termómetro representado por 180 graus.

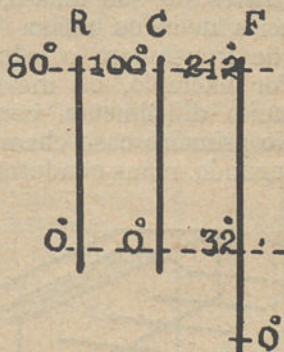


Fig. 132 — Escalas termométricas

Na *fig. 132* representamos as três escalas termométricas.

Sejam:  $C$ ,  $R$ ,  $F$ , números equivalentes de graus nas escalas centígradas, Réaumur e Fahrenheit; teremos as relações

$$\frac{180}{F-32} = \frac{100}{C} = \frac{80}{R}$$

que permitem passar de umas escalas para as outras.

Para avaliar temperaturas muito baixas, enche-se da mesma forma o tubo capilar de álcool côrado (para se ver bem), graduando-se até  $-100^{\circ}$ . Mas não se pode marcar mais de  $42^{\circ}$  acima de zero, porque a  $79^{\circ}$  o álcool ferve.

Para comparar as temperaturas dos fornos, servem os pirómetros, de que há vários tipos. Um

dêles foi descrito atrás, quando tratámos, na generalidade, da dilatação e contracção dos corpos.

**154 — Condutibilidade dos corpos para o calor.** — Os corpos deixam transmitir o calor através da sua massa, mas fazem-no de uma maneira mais ou menos intensa. Assim, há corpos que transmitem o calor com uma grande rapidez. Por exemplo, os metais. Outros transmitem-no muito difficilmente, como, por exemplo, o vidro. No primeiro caso chamam-se bons condutores; no segundo, maus condutores. Pode-se pegar numa vareta de vidro muito

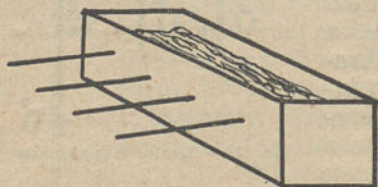


Fig. 133 — Aparêlho Ingenhousz

curta, tendo um dos seus extremos na chama do alcool; já não acontece o mesmo com uma haste de ferro, a qual, aquecida num dos extremos, mesmo sendo comprida,

não pode ser pegada pelo outro sem queimar quem lhe pegue.

Também se pode fazer outra experiência para demonstrar a condutibilidade dos sólidos, com o aparelho de Ingenhousz, *fig. 133*, que é constituído por um reservatório *R* tendo numa das suas paredes orifícios, os quais são atravessados por varetas de diferentes substâncias revestidas de cera. Deitando água quente no reservatório o calor da água propaga-se, por condutibilidade, nas varetas e a cera começa a fundir-se. Observamos então que na vareta de cobre a cera funde-se mais rapidamente do que na vareta de ferro, sendo mínima a fusão produzida na vareta de vidro, o que demonstra propagar-se o calor nos corpos sólidos de modo diferente para cada substância.



Os líquidos são muito fracos condutores de calor; por isso a água não se pode aquecer pondo-lhe por cima o foco de calor, que só aqueceria a camada superior. Pondo-se o foco por baixo, devido à dilatação a água que está mais próxima do foco do calor vai para cima, e a de cima, mais pesada, vem para baixo; e assim se estabelecem duas correntes que, revolvendo a água, a vão aquecendo na totalidade.

Estas correntes, que se encontram representadas na *fig. 134*, são chamadas *correntes de convecção*.

Os gases são também maus condutores de calor e, como a água, só aquecem na totalidade por estabelecerem, em contacto com um foco de calor, correntes em sentido contrário, que vão espalhando o calor por toda a sua massa.

Os corpos filamentosos e os corpos pulverulentos são também maus condutores do calor. Por isso o vestuário que usamos conserva o calor que temos no corpo, e não deixa chegar a êste o calor solar em toda a sua intensidade. A cinza, que é matéria em pó ou pulverulenta, conserva acasas e com calor as brasas que estão por baixo, porque, sendo má condutora, não se deixa atravessar pelo calor das brasas, conservando-lho.

Como a água, mesmo gelada, é má condutora de calor, os groelandeses fazem abrigos de gelo, onde ficam livres dos frios excessivos do exterior (que chegam a ser de 40 graus abaixo de zero), porque conservam o seu próprio calor.

Finalmente, o gelo conserva-se rodeando-o de substâncias más condutoras, como: panos de lã, serradura de madeira ou de cortiça, etc.



Fig. 134 — Correntes de convecção

**155 — Irradiação do calor.** — O calor transmite-se de uns corpos para os outros, não só pelo contacto, mas também a distância. Esta propagação a distância chama-se irradiação do calor, e faz-se através do espaço e às maiores distâncias, como o prova o calor intenso que recebemos do Sol, que está a muitos milhões de léguas distante de nós.

É o Sol a maior fonte de calor e de luz; o calor e a luz solares são dois agentes imprescindíveis à vida animal e vegetal.

a) O calor irradiante diz-se *obscuro* quando não é acompanhado de luz, como o calor da água quente, do corpo humano, etc.

b) O calor irradiante diz-se *luminoso* quando é acompanhado de luz, como o calor do sol, o dos metais aquecidos ao rubro ou incandescentes, o dos gases incendiados, o dos carvões incandescentes, etc.

Os metais podem ter calor *obscuro* ou *luminoso*, conforme a temperatura a que se aquecem.

**156 — Corpos diatérmicos e atérmicos.** — Os corpos que se deixam atravessar pelo calor, chamam-se *diatérmicos*; e os que não se deixam atravessar por êle chamam-se *atérmicos*.

Há, contudo, substâncias ou corpos que, sendo diatérmicos para o calor luminoso, são atérmicos para o calor obscuro. Assim acontece, por exemplo, com o vidro, a água, o ar, etc.

O vidro deixa passar o calor solar, o que pode verificar qualquer pessoa que se encoste à vidraça de uma janela onde dê o sol, a qual receberá tanto calor como se estivesse sem vidros. Mas se, em lugar do calor do sol, fôr calor obscuro de uma massa de ferro muito quente, ainda que esta esteja muito perto da vidraça, quem estiver do lado oposto não lhe sentirá o calor.

Tendo uma caixa de madeira tôda pintada de negro por dentro, e com uma das faces formada

de três lâminas de vidro paralelas, a pequenas distâncias umas das outras, e expondo-a ao sol, o seu calor luminoso entra pela face do vidro para a caixa; mas, como esta é pintada de preto, o calor que entrou torna-se obscuro, e, portanto, não atravessa o vidro nem se perde para fora da caixa, porque esta é de madeira. Um termómetro que esteja dentro acusa, em pouco tempo,  $100^{\circ}$  de temperatura.

Os jardineiros conservam calor às plantas guardando-as em estufas de vidro.

O facto do ar ser diatérmico para o calor luminoso e atérmico para o calor obscuro, constitui por assim dizer a vida à superfície da terra. O calor luminoso atravessa-o e fica, porque, quando é emitido da terra para fora, já é obscuro, e o ar já o não deixa passar; e êsse facto explica também porque é que as regiões superiores da atmosfera são extraordinariamente frias em relação às inferiores.

**157 — Poder emissivo dos corpos para o calor.**—O poder emissivo ou irradiante do calor faz com que o corpo mais quente transmita calor a outro menos quente. É fácil verificar a desigualdade do poder emissivo dos corpos enchendo três recipientes de água, todos do mesmo metal, mas um pulido, outro com uma fôlha de papel e outro com negro de fumo. Munidos todos êles de termómetros, faz-se aquecer a água que contêm, e quando chegar a  $100^{\circ}$ , tiram-se-lhes os focos de calor que serviram para o aquecimento. Começam os três recipientes a esfriar, isto é, a emitir calor, e, ao fim de certo tempo, observando os termómetros, vê-se que o recipiente coberto de negro de fumo tem temperatura mais elevada, seguindo-se-lhe o coberto de papel e depois o pulido. Donde se conclui que o pulido foi o que deixou perder mais calor.

É devido a isto que se devem preferir vasos não

pulidos para aquecer a água e conservá-la depois quente.

158 — **Poder absorvente e poder reflectidor dos corpos para o calor.** — A faculdade de absorver calor varia também de corpo para corpo. Assim, pela última experiência, verifica-se que os corpos pulidos absorvem menos calor do que os não pulidos e que o negro de fumo tem um grande poder absorvente. Por outro lado, os corpos reflectem o calor irradiante como um espelho reflecte a luz, e portanto essa faculdade está na razão inversa do poder absorvente. Um corpo que, como o negro

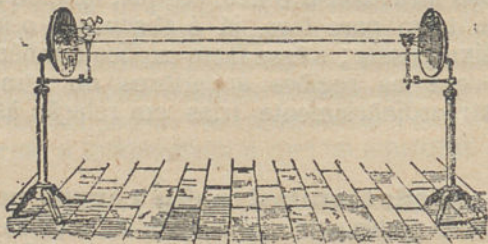


Fig. 135 — Espelhos parabólicos

de fumo, tem um grande poder absorvente para o calor, tem muito pouco poder reflectidor. O contrário sucede nos corpos pulidos, que reflectem muito o calor e têm, ao contrário, muito pouco poder absorvente. Uma experiência demonstra perfeitamente o poder reflectidor dos corpos pulidos para o calor: colocam-se dois espelhos parabólicos côncavos de cobre pulido, um defronte do outro, a 4 ou 5 metros de distância, *fig. 135*, de modo que os seus eixos coincidam; num dêles e no seu foco, colocam-se brasas, e no outro, igualmente no foco, coloca-se uma porção de algodão pólvora. Ao fim de pouco tempo o calor das brasas, reflectindo-se

vai em raios paralelos encontrar o outro espelho, onde se torna a reflectir, concentrando-se todo no fóco onde está o algodão, que arde, não se inflando aquém nem além dêsse foco.

159 — **Fusão dos corpos.** — A passagem do estado sólido ao líquido chama-se  *fusão* . A temperatura da fusão é sempre a mesma para cada substância variando, porém, de substância para substância.

### Temperatura da fusão de diferentes substâncias

	Graus
Mercúrio .....	—39
Gêlo .....	0
Cloreto de cálcio hidratado .....	+29
Sebo .....	33
Fósforo .....	44
Potássio .....	69
Estearina .....	60
Sódio .....	96
Enxofre .....	111
Ouro .....	1250
Platina .....	1750
Estanho .....	228
Chumbo .....	330
Zinco .....	415
Antimónio .....	432
Bronze .....	900
Prata .....	1050
Ferro fundido branco ..	1100
Ferro fundido cinzento .....	1200
Aço .....	1350
Ferro forjado .....	1500

Durante a fusão de um corpo, a sua temperatura conserva-se sempre a mesma ainda que se aumente a temperatura do foco calorífico que o funde. Assim, se pusermos ao fogo, dentro de um vaso, uma pedra de gêlo, esta começa a derreter-se, mas se lhe metermos um termómetro, êste conserva-se a zero enquanto houver gêlo dentro do vaso, ainda que se active o fogo, o que só influi no tempo que

leva a fusão completa a fazer-se. Só depois disso é que o termómetro sobe. Quere isto dizer que todo o calor do foco se empregou em fazer passar o gêlo ao estado líquido, não se manifestando exteriormente. O calor que eleva a temperatura de um corpo sem o fazer mudar de estado chama-se *calor sensível*, e êste é acusado pelo termómetro.

160 — **Misturas frigoríficas.** — Para passar do estado sólido ao líquido, nem sempre é preciso aquecer os corpos; a alguns, basta que se dissolvam num líquido. É o que acontece ao sal quando se deita na água. Mas, como a fusão dos corpos precisa de calor, é claro que a fusão do sal na água foi buscar o calor preciso à água em que se dissolveu, e esta, fornecendo-lhe êsse calor, baixou de temperatura. Este fenómeno tem aplicação nas misturas frigoríficas, que servem para obter temperaturas muito baixas, como succede com a mistura de gêlo e sal. Regando com ácido clorídrico uma porção de sáis de sulfato de soda obtem-se uma mistura frigorífica capaz de gelar a água.

161 — **Solidificação.** — E' a passagem dos corpos do estado líquido ao sólido. As mesmas leis da fusão àcerca da temperatura são applicáveis à solidificação.

Assim, a temperatura fica sempre a mesma durante a solidificação, ainda que a causa do frio aumente de intensidade. Além disso, a solidificação de um corpo faz-se à mesma temperatura da sua fusão. A água em estado de gêlo começa a fundir a 0°. Existe igualmente na solidificação, como na fusão, um calor no estado latente e que não se manifesta no termómetro. Mas há casos especiais em que êsse calor passa a calor sensível, mesmo que se trate de uma congelação. E aí se origina certo fenómeno curioso de um corpo, ao con-

gelar-se repentinamente, produzir aumento de temperatura.

A solidificação dos corpos produz, em geral, diminuição de volume nesses corpos. Mas há alguns em que a solidificação faz aumentar o seu volume, como acontece com a água e o ferro fundido. Esta propriedade do ferro fundido, é observada na indústria ao moldar os objectos de ferro, o qual, entrando fundido nos moldes, nêles se adapta perfeitamente, por aumentar um pouco de volume ao esfriar.

A água no estado de gelo, aumentando de volume, sobrenada na água líquida, por deslocar um pêso maior desta água do que o pêso que o gelo tem. Finalmente, a água contida em vasos fechados, estando êstes cheios, parte-os quando um inverno rigoroso a faz gelar. As rochas são fendidas a pouco e pouco nas regiões onde a água gela, porque esta, introduzindo-se no estado líquido e depositando-se nas suas cavidades, quando gela aumenta de volume e estala as rochas.

**162 — Evaporação—Vaporização—Sublimação.** — A passagem de um líquido ao estado gasoso faz-se por evaporação ou por vaporização. *A evaporação faz-se a qualquer temperatura e é sempre lenta e realizada à superfície; a vaporização faz-se no seio da massa líquida.* Assim, a água de uma poça vai passando para o estado de vapor lentamente, estando a água tranquila, até secar. Mas aquecendo ao lume uma porção de água, então a passagem ao estado de vapor faz-se de uma maneira tumultuosa, como se verifica quando está em ebulição. A sublimação é a passagem de um corpo do estado sólido a vapor, sem passar pelo estado líquido.

A evaporação aumenta com a temperatura, com a superfície e com as correntes de ar. Quanto maior

fôr a superfície sôbre que um líquido se espalhar, mais rápidamente se evaporará. E essa rapidez aumentará se sôbre a superfície passar uma corrente de ar.

E' fácil reconhecer êsses fenómenos com a roupa húmida que se estende em geral em sítios onde há sol e vento. A humidade da atmosfera influi também na evaporação. Quanto mais húmida estiver, mais difficil será a evaporação. E comprende-se, pois quanto mais vapor de água houver na atmosfera, menos ela poderá receber.

A evaporação produz deminuição de temperatura, o que é fácil de compreender, pois a passagem de um corpo do estado líquido a vapor há de ser à custa do calor que o corpo vai buscar aos que estão em contacto com êle.

E' por isso que, ao saírmos de um banho quente, sentimos um frio intenso. E' a evaporação da água que está à superfície do corpo que vai roubando a êste algum calor. E' por isso também que de verão se refresca a água em bilhas de barro muito poroso, porque os poros deixam passar a água para a superfície exterior da bilha e essa água evaporando-se esfria a bilha. Finalmente, torna-se perigoso para a saúde expormo-nos a uma corrente de ar quando estamos suados, pois a evaporação da transpiração, fazendo-se muito rápidamente, esfria consideravelmente os órgãos internos, como os pulmões, resultando de aí as constipações, pneumonias, etc.

A evaporação é mais ou menos rápida, conforme os corpos. O alcool e o éter evaporam-se muito mais rápidamente do que a água. O éter e os líquidos que se evaporam com muita rapidez chamam-se líquidos *voláteis*.

A evaporação muito rápida de certos líquidos pode produzir frios intensíssimos, a ponto de congelar o mercúrio. Os corpos voláteis são os que



mais se empregam para a produção de muito baixas temperaturas, conseguindo-se quasi gelar o alcool com a evaporação do protóxido de azote misturado com éter, que é o líquido mais volátil que se conhece; tal líquido em contacto com o mercúrio gela-o repentinamente.

Os corpos a uma temperatura extremamente baixa, ou os corpos excessivamente voláteis, apossam-se do calor com tal intensidade que, em contacto com a pele, por exemplo, produzem o mesmo efeito que um ferro em brasa.

163 — **Ebulição.** — É a passagem de um líquido a vapor de uma maneira tumultuosa, quando em contacto com um foco calorífico.

A água, como vimos, é má condutora do calor e por isso o seu aquecimento faz-se por correntes que vão comunicando a pouco e pouco o calor às camadas superiores. Por êsse motivo vemos que, num recipiente de água que se aquece, as paredes e o fundo começam a cobrir-se de bôlhas, que vão subindo e condensando-se à medida que chegam acima, produzindo êsse ruido característico da água quando está quasi a ferver. A temperatura da água vai subindo e, quando ferve, o termómetro marca 100°. É esta a sua temperatura de ebulição. Por muito que se aumente o fogo, a temperatura conserva-se sempre a mesma enquanto há água para ferver.

Essa temperatura, que se conserva constante, chama-se ponto de ebulição. Cada líquido tem o seu ponto especial de ebulição. O do alcool é de + 79°, o do éter é de + 13°, o do mercúrio é de + 267°, etc.

Em todo o caso a pressão atmosférica influi muito na temperatura de ebulição dos líquidos. Quanto maior é a pressão, tanto maior é a temperatura da ebulição; e inversamente, ela é menor

quando diminui a pressão. Assim, no Monte Branco, cuja altitude é de 4800 metros, a temperatura de ebulição da água é de  $84^{\circ}$ . A ebulição da água faz-se a  $100^{\circ}$  quando a pressão atmosférica é de 760 milímetros.

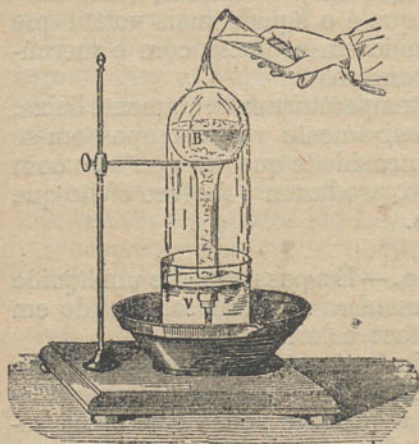


Fig. 136 — Ebulição da água

As seguintes experiências demonstram o facto:

1.<sup>a</sup> — Ferve-se a água contida num balão B, *fig. 136*, e quando está em ebulição tapa-se a boca com uma rôlha

bem apertada, retirando-se logo o balão do fogo, para o não estalar. A água deixou de ferver. Invertendo o balão, o espaço contido entre o líquido e o fundo fica cheio de vapores de água, que exercem certa pressão sobre a superfície líquida. Deitando sobre o fundo do balão água fria, esta condensa esses vapores, que diminuem por isso de força elástica. E sendo portanto menor a sua pressão sobre a água do balão, esta começa outra vez a ferver.



Fig. 137 — Fervedor de Franklin

2.<sup>a</sup> — Num tubo de vidro terminado pelas esferas a e b, *fig. 137*, introduz-se água e faz-se ferver esta, depois do que se fecha à lâmpada a esfera b, onde havia um orifício. Os vapores de

água expulsaram o ar que havia dentro do tubo e das esferas. Depois da água ter esfriado, se aquecermos com a mão a esfera *a*, como na esfera *b* não há ar, a água ferve imediatamente, por não ter a pressão do ar que se lhe opunha. Este chama-se *fervedor de Franklin*.

Quando a água ferve, em vasos abertos e à pressão de 760 milímetros, a sua temperatura é de 100 graus; mas se a fervermos em vasos bem fechados, essa temperatura é superior, porque os vapores em tensão que lhe ficam por cima, e que não podem sair, exercem pressão sobre o líquido e este ferve com mais dificuldade, e portanto precisa de mais calor. É o que sucede na *marmitta de Papin*. Consta este aparelho de um vaso de bronze *A*, *fig. 138*, com uma tampa *B* apertada fortemente pelo parafuso *V*, que gira no arco *C C'*. Em *s* tem uma válvula de segurança que é apertada pela alavanca *D*, por meio do pêso *P*, que faz maior ou menor pressão sobre essa válvula, conforme está mais ou menos afastado dela. Fervendo-se a água dentro da marmitta, como os vapores não podem sair fazem pressão sobre o líquido, e a temperatura necessária para ferver a água chega a ser de 720°. É claro que as paredes da marmitta são muito resistentes, porque a pressão do vapor pode atingir 30 e 40 atmosferas; mas a válvula de segurança faz equilíbrio a uma pressão menor que a necessária para

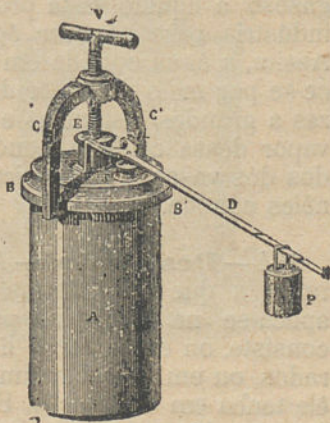


Fig. 138 — Marmitta de Papin

rebentar as paredes, e quando chega a essa pressão abre-se, deixando escapar os vapores. Sem essa precaução, a marmita rebentaria em estilhaços. Com este aparelho os ossos amolecem, e o chumbo e o estanho fundem dentro de água.

O vapor de água tem também o seu calor latente, que se manifesta ou se torna em calor sensível quando completa a sua passagem do estado gasoso a líquido. Esta propriedade é utilizada na indústria para aquecer água por meio de vapor. Assim, a água contida em vasos de madeira aquece-se por meio de vapor de água, produzido às vezes a grandes distâncias e em uma só caldeira. O vapor dessa caldeira, conduzido por tubos aos fundos dos vasos de madeira, vai aquecendo a água nêles contida.

164 — **Destilação.** — A diferença de temperaturas a que os diversos líquidos se vaporizam, aplica-se na indústria para a *destilação*. Esta consiste, ou em separar líquidos que estão misturados, ou em purificar um líquido dos corpos que êle tenha em dissolução. Estas operações fazem-se em aparelhos chamados *alambiques*. Constan êles de um vaso *O*, *fig. 139*, chamado *caldeira*, sobreposto por uma cúpula *A*, chamada *capitel*, munida de um tubo condutor *T*, que continua ou liga com uma *serpentina S* metida num vaso *R*, chamado *refrigerante*. O extremo da serpentina sai pelo fundo do *refrigerante*, e êste tem dois tubos: *P* por onde sai a água em excesso, e *D* que entra pelo fundo e que serve para alimentar o refrigerante de água. Os líquidos a separar põem-se na caldeira *O*, ao fogo da fornalha *F*. Suponhamos que temos água e alcool. Como o alcool ferve a 79°, quando chega a esta temperatura vaporiza-se, mas encontrando o tubo mais frio *T*, aí começa a condensar-se novamente, condensação que se continua

pela serpentina, donde, já líquido, sai para o vaso que está por baixo. A água do refrigerante é renovada constantemente, porque os vapores que veem

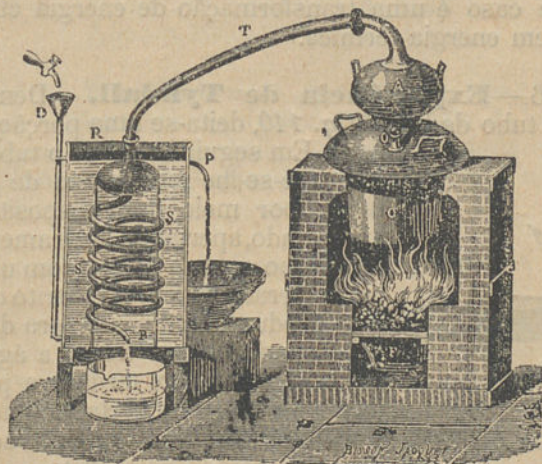


Fig. 439 — Alambique

da caldeira aquecem-na, e é preciso tê-la sempre fria.

É por destilação que a bordo dos navios se faz, por vezes, provisão de água potável proveniente da água do mar. Destilando-a, ela deixa na caldeira o sal, e vem pura para a serpentina, onde se liquefaz.

165 — **Transformação de energia.** — O calor é uma forma invisível de energia. Como tal pode ser medido, e a experiência diz-nos que *sempre que se produz calor desaparece uma quantidade correspondente doutra energia. Também a experiência nos diz que, quando desaparece o calor, manifesta-se uma quantidade doutra energia, quantidade que é correspondente à do calor desaparecido.*

Uma bala animada de grande velocidade, se encontra no seu caminho uma chapa de aço que não pode perfurar, desenvolve tão grande quantidade de calor que atinge mesmo o rubro. O que se dá neste caso é uma transformação de energia cinética em energia térmica.

166 — **Experiência de Tyndall.** — Dentro dum tubo de latão, *fig. 140*, deita-se uma porção de água. Em seguida tapa-se o tubo e imprime-se-lhe movimento de rotação, por meio dum dispositivo apropriado, apertando ligeiramente o tubo, ao mesmo tempo, com uma pinça forrada de feltro. O atrito que esta produz é suficiente para dentro em pouco fazer ferver a água, cujos vapores não tardam a projectar a rólha com certa violência. Temos assim uma demonstração do calor gerado pelo atrito.



Fig. 140 — Experiência de Tyndall

Mais adiante, no parágrafo dedicado ao estudo das máquinas térmicas, veremos alguns exemplos da transformação da energia térmica em mecânica.

167 — **Pequena caloría.** — É a quantidade de calor necessária para que 1 gr. de água eleve a sua temperatura de 1° centígrado.

*Grande caloría.* É a quantidade de calor necessária para que 1 kg. de água eleve a sua temperatura de 1° centígrado.

A pequena caloría e a grande caloría são, pois, unidades de quantidade de calor.

O *calor específico* duma substância é expresso em calorías e indica-nos o número de calorías que temos de fornecer a 1 kg. ou a 1 gr. dessa substância para que a sua temperatura se eleve de 1° centígrado.

Alguns calores específicos :

Carvão.....	0,204
Cobre .....	0,094
Ferro.....	0,11 a 0,22
Água a 20°.....	1

168 — **Equivalente mecânico da caloría.** — Chama-se equivalente mecânico da caloría à quantidade de trabalho que corresponde a uma caloría. A experiência dá-nos a seguinte equivalência :

1 grande caloría = 425 quilogrâmetros

O calor pode também ser gerado por meio de acções químicas. A combustão duma substância é a combinação dessa substância com o oxigénio do ar atmosférico, na maioria dos casos. A combustão dos carvões, do petróleo, da gasolina, do gás iluminante, do gás pobre, são exemplos da combinação do carbono, contido nessas substâncias, com o oxigénio do ar.

O calor que nós próprios temos é devido à combinação de certas substâncias que os nossos tecidos contêm com o oxigénio do ar, que se transporta nos glóbulos vermelhos existentes no sangue. A nossa temperatura normal é cêrca de 37° ; se a temperatura se eleva é porque temos febre, o que corresponde a um excesso das referidas combinações, não funcionando então o organismo sãdiamente.

169 — **Máquinas térmicas.** — As máquinas térmicas são transformadores de energia térmica (calor) em outras energias, não sendo nunca a transformação completa. Assim, não se podem transformar 100 unidades térmicas, no seu equiva-

lente integral, em unidades mecânicas. De resto, sabe-se que, devido a perdas de diferentes naturezas, não é possível, mesmo nas máquinas mais perfeitas, conseguir-se um rendimento de 100 %. O rendimento destas máquinas é, como mais adiante se verá, acentuadamente baixo. O corpo humano considerado como máquina tem um rendimento relativamente alto.

170 — **Máquina de vapor de água.** — James Watt pensou e realizou a transformação da pressão exercida pelo vapor de água sobre as paredes internas da caldeira em energia mecânica. Nas máquinas de vapor, a

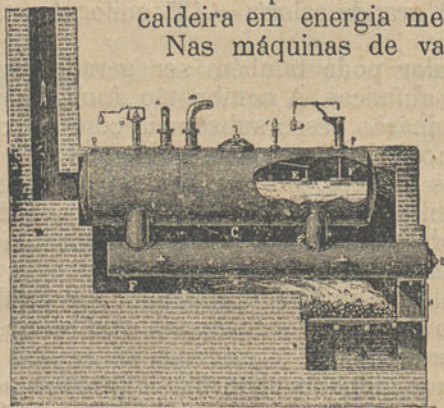


Fig. 141 — Caldeira

fonte calorífica está na fornalha, na qual os combustíveis mais usados são os carvões. Entre estes o mais consumido é a hulha ou carvão de pedra. Na caldeira que nos mostra a *fig. 141*, vemos a água que, sendo aquecida, se vaporiza, produzindo vapor de água sob pressão.

É claro que podemos obter calor por meio de qualquer combustão. Assim, há fornalhas onde se



podem mesmo queimar serradura e outros produtos, desde que tenham grêlhas apropriadas e que a quantidade proveniente da combustão seja a sufi-

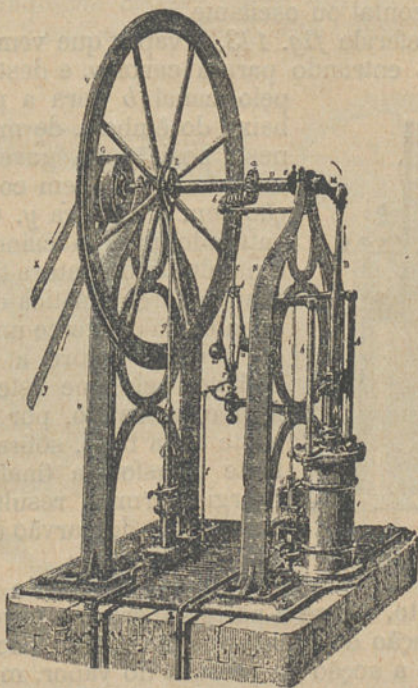


Fig. 142 — Máquina vertical

ciente. Nalgumas máquinas de vapor empregam-se os óleos como combustível.

*Máquina* — A máquina, *fig. 142*, é constituída por um corpo cilíndrico onde existe um êmbolo *T*, *fig. 143*, perfeitamente justo e a que o vapor dá movimento rectilíneo alternado, actuando ora de uma face ora de outra, o que se consegue por

meio do maquinismo especial *y*, chamado caixa de distribuição e gaveta.

*Disposição do cilindro.* — Da disposição do cilindro recebe a máquina o nome, podendo ser: vertical, horizontal ou oscilante.

Na já referida *fig. 143*, o vapor que vem da caldeira está entrando para a caixa *y*, e desta passa pelo canal *b* para a parte de baixo do êmbolo, de modo que nesta posição da gaveta o canal inferior está em comunicação com a câmara *y*. O vapor entrando para o cilindro com uma alta temperatura tem uma grande fôrça elástica e, conseqüentemente, exerce uma grande pressão sôbre a face do êmbolo, pelo que êste se desloca e, actuando, por meio da haste e da biela, sôbre um volante transforma finalmente a energia térmica resultante da combustão do carvão em energia mecânica.

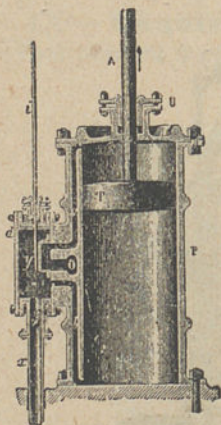


Fig. 143 — Cilindro

Quando o êmbolo, no seu movimento, atinge a parte superior, a gaveta faz a comunicação do canal superior com *y*, e novamente se repete a acção da pressão do vapor, mas agora sôbre a face superior do êmbolo. Entretanto o vapor que enche o espaço que fica entre o êmbolo e a parte inferior do cilindro é posto em comunicação com a atmosfera pelo orifício *O*. Quando o vapor da caldeira está entrando para o cilindro, automaticamente a gaveta põe o vapor que acabou de efectuar trabalho em comunicação com a atmosfera. Êsse vapor tem uma temperatura relativamente baixa, devido exactamente a ter produzido o referido trabalho.

171 — **Máquinas a vapor.** — São muito empregadas para mover as máquinas industriais, moinhos de cereais, trituradores, bombas, tornos, frezas, dínamos, alternadores, etc.

As máquinas classificam-se nos dois seguintes grupos: *fixas* e *semi-fixas*, isto consoante a fun-

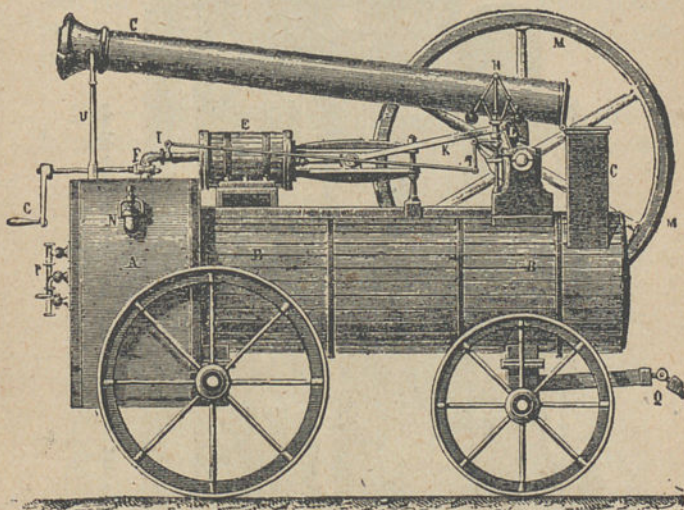


Fig. 144 — Locomóvel

dação da caldeira é permanente, ou seja para trabalhar sempre no mesmo ponto, ou se se destina a ser transportada de um ponto para o outro, segundo as necessidades da exploração. No tipo semi-fixa temos ainda as máquinas que se podem deslocar dum local para outro, pela sua própria força; este último tipo tem o nome de *locomóvel*, *fig. 144*.

*Locomotivas* — São assim chamadas as máquinas, *fig. 145*, empregadas exclusivamente na tracção dos caminhos de ferro. Foi no ano de 1825

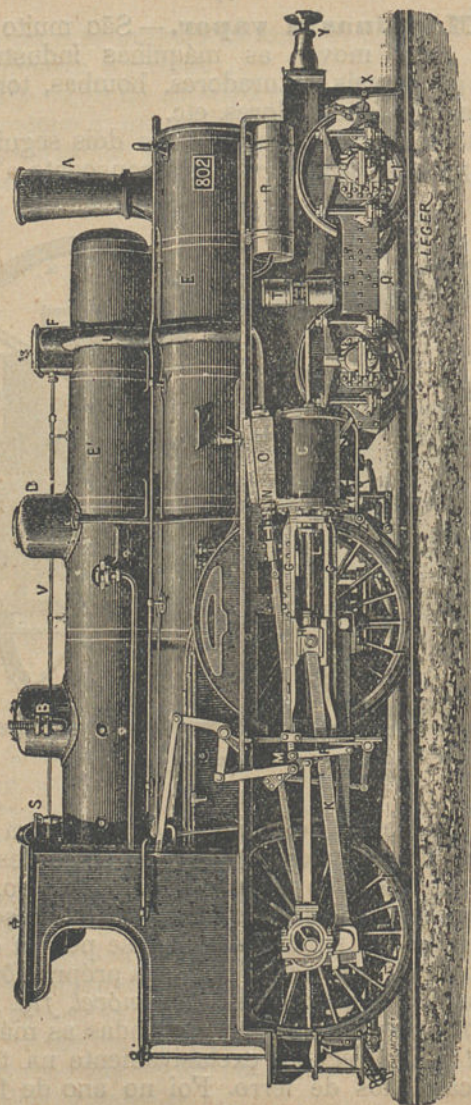


Fig. 145 — Locomotiva mista de grande velocidade

que se construiu a primeira locomotiva, destinada ao transporte de carvão duma mina inglesa. Hoje as locomotivas a vapor atingiram um grau de aperfeiçoamento notável, rebocando pesados combóios de mercadorias e imprimindo aos expressos grandes velocidades. Para exemplo, basta apontar o percurso de Lisboa ao Porto, feito actualmente apenas em 6 horas. A máquina a vapor é também empregada para a propulsão de barcos, quer da marinha mercante, quer da de guerra.

172 — **Turbinas a vapor.** — O dispositivo formado pelo cilindro, gaveta, etc., a que atrás nos

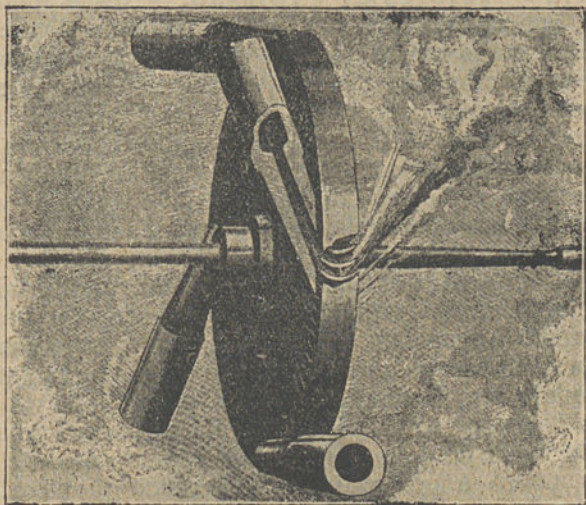


Fig. 146 — Turbina Laval

referimos, pode ser substituído pela turbina, *fig. 146*, a qual é constituída por uma série de palhetas montadas na periferia dum disco (ou outro dispo

sitivo), disco êsse solidário com o veio motor. Neste sistema, o vapor projectando-se sôbre essas palhetas, segundo uma direcção tangencial, imprime movimento de rotação ao disco e ao veio motor.

Nas máquinas de cilindro temos de lançar mão duma transformação de movimentos, transformação que se obtem por intermédio da manivela e da biela. As turbinas têm um maior número de rotações por minuto, sendo por isso utilizadas principalmente para accionar dínamos (produção de energia eléctrica) e também nos barcos modernos.

O rendimento da máquina a vapor é, nos melhores tipos que se conhecem, de 12 % a 14 %.

**173 — Motores de explosão.** — Nestes motores, que representam um tipo de máquina térmica, a combustão dá-se dentro do próprio cilindro. Dessa combustão, não lenta mas instantânea explosão, resulta um grande desenvolvimento de calor e um aumento de pressão instantâneo, sendo o êmbolo impellido com fôrça. Por meio de uma simples biela, o mesmo êmbolo transmite o seu movimento a uma manivela que está montada num eixo, onde se encontra um volante.

São diferentes os combustíveis empregados, tais como o petróleo refinado, alcool, etc. sendo o mais corrente a gasolina (essência de petróleo). Como combustíveis gasosos, temos o gás iluminante (produto da destilação do carvão de pedra) e o gás pobre (produto que resulta da passagem do ar e do vapor de água pelo carvão incandescente); o gás pobre é produzido num gerador que tem o nome de gasogénio e que se encontra sempre perto do motor, do qual é privativo.

No caso dos combustíveis serem líquidos, é necessário pulverizá-los por meio de uma corrente de ar, a qual é produzida pela aspiração do próprio motor.

O aparelho onde se efectua a pulverização chama-se *carbura-dor*, *fig. 147*.

O líquido entra por *P* e vai enchendo o depósito onde está a boia *B*, a qual começa a subir devido a ser ôca. E como ela tem na parte superior

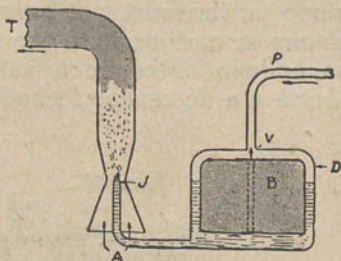


Fig. 147 — Esquema de um carburador

uma válvula que se adapta em *V*, veda a entrada de líquido, quando êste atinge uma certa altura. Esta altura é determinada pela parte mais alta do injetor que se encontra em *J*. Em virtude do princípio dos vasos comunicantes, temos que o líquido aflora no injetor. O motor estando em marcha aspira ar pelo tubo de admissão *T* e, devido à diferença de pressões, o líquido repuxa do injetor pulverizando-se.

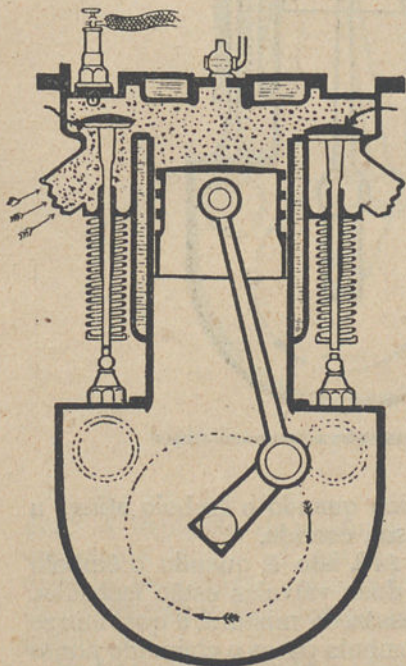


Fig. 148 — Admissão num motor a quatro tempos

Os motores de explosão dividem-se em dois tipos principais: de 2 e de 4 tempos.

*Motores de 4 tempos* — No 1.º tempo, *fig. 148*, o ar, juntamente com o lí-

quido pulverizado, por exemplo gasolina, e que se chama ar carburado, é aspirado pelo motor, devido ao êmbolo descer e à válvula de admissão estar aberta e a de escape fechada; a aspiração, ou me-

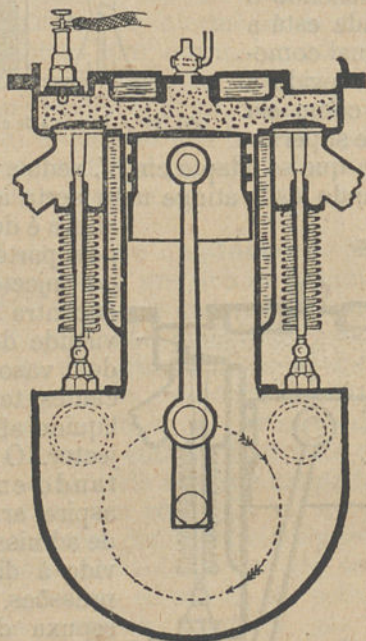


Fig. 149 - Compressão num motor a quatro tempos

lhor admissão, termina quando o êmbolo atinge a parte mais baixa da sua corrida.

No 2.º tempo, *fig. 149*, isto é, quando o êmbolo começa a subir, as duas válvulas estão fechadas. Dá-se então a compressão da mistura, a qual atinge o máximo quando o êmbolo passa o chamado *ponto morto superior*.



No 3.º tempo, *fig. 150*, faz-se saltar uma faísca eléctrica entre duas pontas metálicas (vela). Essa faísca tem o poder calorífico suficiente para pro-

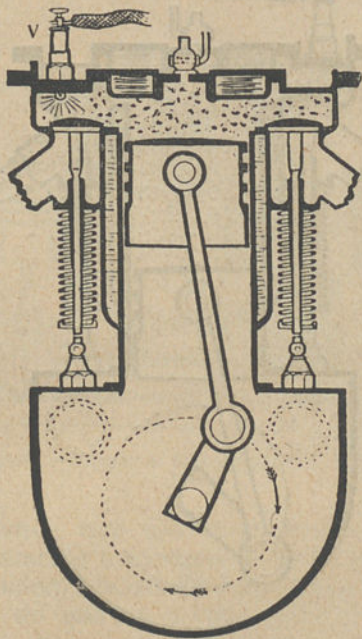


Fig. 150 — Explosão num motor a quatro tempos

duzir a explosão da mistura. Durante êsse curto espaço de tempo há grande desenvolvimento de calor e de pressão, descendo o êmbolo e executando trabalho. Êste tempo é, dos quatro, o único tempo motor.

No 4.º tempo, *fig. 151*, a válvula de escape abre-se

e a de admissão fecha-se, dando-se a evacuação dos gases queimados, devido ao movimento ascendente do êmbolo.

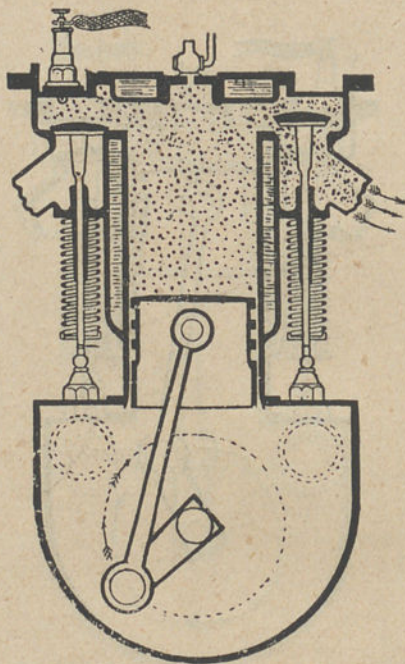


Fig. 151 — Evacuação num motor a quatro tempos

Os motores dêste tipo são muito empregados nos automóveis, aeroplanos, dirigíveis, instalações fixas e móveis, barcos, etc.

**174 — Motor de explosão dos automóveis.** — Os motores de explosão dos automóveis, *figs. 152 e 153*, assim como os dos aeroplanos e

dirigíveis, são muito leves em relação à sua potência e ocupam um espaço muito menor do que o de uma máquina de vapor. Têm, além disso, um rendimento superior a estas máquinas.

Os motores fixos do tipo Diesel, *fig. 154*, são diferentes dos até aqui mencionados, e simples-

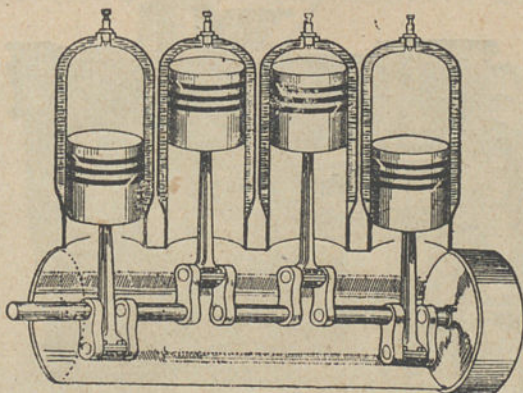


Fig. 152 — Esquema de um motor de quatro cilindros

mente diremos que são duma grande constância de funcionamento e capazes de produzir potências muito consideráveis, sendo duma manutenção mais económica do que os a vapor ou a gasolina. São empregados para accionar grandes dínamos (produção de energia eléctrica), barcos, etc. O combustível é o óleo, o qual é injectado nos cilindros a uma alta pressão e ali queimado à maneira que vai entrando, motivo por que tais motores se chamam de combustão interna, e não de explosão.

Os motores a gasolina têm sido aplicados com grande êxito.

No automóvel temos, de uma maneira elementar, de considerar as seguintes partes: o motor; o car-

burador ; o depósito de gasolina ; o magneto (máquina magneto eléctrica, ou qualquer outro dispositivo capaz de produzir corrente eléctrica de alta

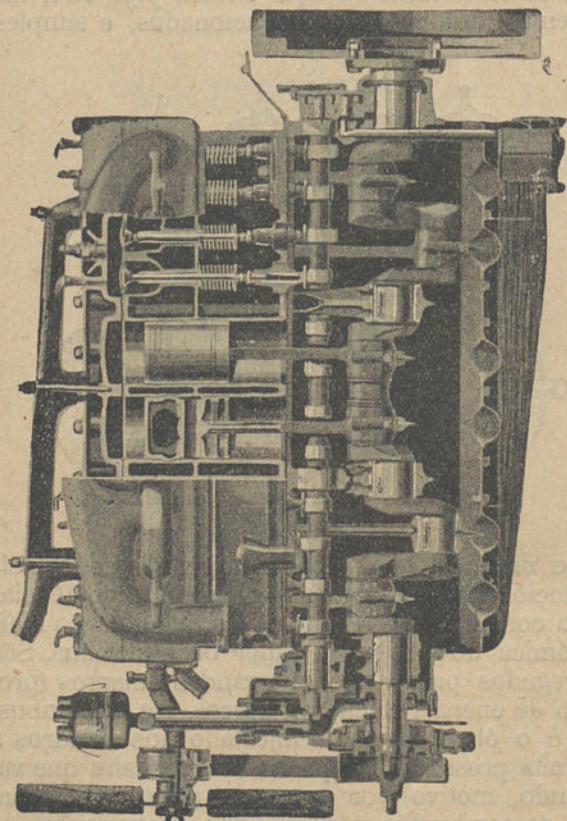


Fig. 153 — Motor de seis cilindros (corte)

tensão); a união de fricção, *fig. 155*, a qual tem por fim ligar ou desligar o motor do veio do de transmissão, podendo por isso o motor estar em

movimento e o automóvel parado, ou a inversa; e a caixa de mudança de velocidades, a qual tem por função fazer variar, de acôrdo com o perfil do caminho a percorrer, a relação existente entre o número de voltas do motor e o das rodas motoras do veículo, que são em geral as traseiras. Quando o carro sobe o motor tem de desenvolver uma po-

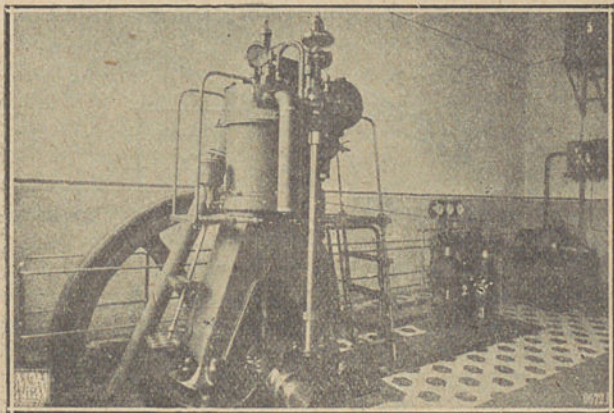


Fig. 154 — Motor Diesel

tência maior do que em caminho horizontal (considerando o caso das velocidades serem iguais). Empregando trens de engrenagens que produzem uma multiplicação apropriada e aumentando o número de rotações do motor, consegue-se que o carro suba uma rampa com relativa facilidade. Se os automóveis não fôsem munidos das chamadas caixas de velocidade, teríamos de empregar motores de maior potência, o que traria grandes inconvenientes, pois êles seriam muito dispendiosos, muito mais pesados, etc. Se os motores a gasolina não tivessem regimes de rotação de grandes amplitudes, pois

passam da marcha lenta de 200 rotações por minuto a 2000 dentro de alguns segundos, não seria também possível o emprêgo das mesmas caixas, que não são outra coisa que uma aplicação do

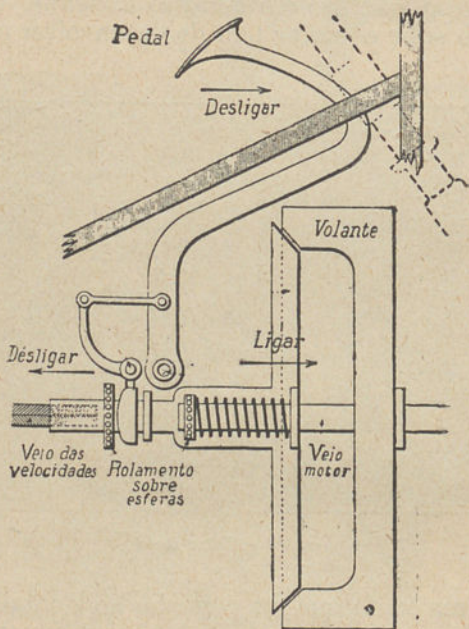


Fig. 155 — União de fricção (embragem)

seguinte princípio: o que se perde em caminho ganha-se em torça. Na 1.<sup>a</sup> velocidade perde-se em caminho e ganha-se em fôrça, num grau bastante elevado; depois, na 2.<sup>a</sup>, êsse grau é menor; e mínimo na 3.<sup>a</sup> velocidade. Por isso, a 1.<sup>a</sup> será empregada para arrancar e nas grandes subidas; a 2.<sup>a</sup> quando o declive é pequeno e para velocidades pe-

quenas; finalmente, a 3.<sup>a</sup> para plâno e velocidades maiores.

O leito é feito de aço e tem nêle montadas as molas, que estão por sua vez ligadas aos dois eixos das rodas, sendo estas, as de frente, directrizes, e as da rectaguarda motrizes.

### 175 — **Produção de altas temperaturas.**

— As, altas temperaturas têm grandes applicações na indústria: assim, o ourives, o canalizador, a construção civil, a indústria automobilista, a serralharia mecânica, etc., usam para o efeito de aparelhos especiais, chamados maçaricos, com os quais conseguem fazer fundir metais, soldá-los, caldeá-los, cortá-los, etc.

*Maçarico de bôca* — Este maçarico, muito utilizado na ourivesaria, para soldar pequenas peças de prata, ouro, etc., consiste, basilarmente, num tubo de metal. As chamas do bico de gás ou de uma vela esteárica não são muito quentes, mas se fizermos passar, com o auxílio do maçarico de bôca, uma forte corrente de ar por qualquer dessas chamas obteremos logo uma chama de mais elevada temperatura. E' que nestas chamas existe carbono que não é completamente queimado antes da introdução nelas da corrente de ar, a qual vai fornecer a quantidade de oxigênio suficiente para que se realize uma maior combustão do carbono, dando o resultado de uma combustão mais activa e de mais alta temperatura.

*Maçarico ordinário* — E' muito utilizado pelo canalizador, para soldar canos (chumbo com chumbo), para soldar a solda forte, para fundir pequenas porções de metais, cujo ponto de fusão é baixo, etc. Também dêle se serve o pintor para retirar com rapidez a tinta velha, quando pretende pintar de novo.

E' constituído, *fig. 156*, por um depósito cilín-

drico, o qual tem no centro um tubo; êste termina na parte superior por uma pequena abertura, *bico*,

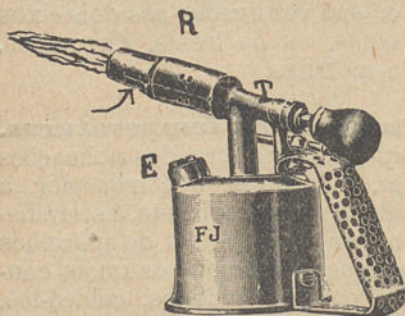


Fig. 156 — Maçarico ordinário

o qual está revestido pelo resguardo *R*, que tem algumas aberturas no sentido do comprimento, entrando por elas o ar. Deitando gasolina no depósito pela entrada *E*, ela sobe por capilaridade, nos fios que constituem a mecha

existente dentro do tubo *T*. Aquecendo bastante a zona externa, que é constituída pelo resguardo, pelo bico, e pela parte superior do tubo, a gasolina (ou petróleo), que chegou, por dentro do tubo, até êsse nível vaporiza-se em virtude da temperatura que aí existe. Estes vapores entram em combustão viva, produzindo uma chama de alta temperatura, 800° centígrados aproximadamente.

*Maçarico de pressão*

— Os maçaricos dêste tipo, *fig. 157*, têm mais vastas aplicações, destinando-se principalmente a aquecer obras maiores. As temperaturas obtidas podem atingir 1000°. O combustível é, em geral,

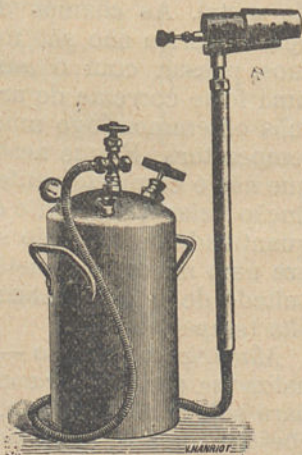


Fig. 157 — Maçarico de pressão



petróleo, o qual, além de subir por capilaridade, é forçado também a isso, por se fazer actuar sôbre êle uma pressão proveniente do ar que uma bomba aí comprime.

*Maçaricos oxídrico e oxiacetilénico* — No primeiro, os gases que queimamos são o oxigénio e o hidrogénio, que são conduzidos dos seus respecti-

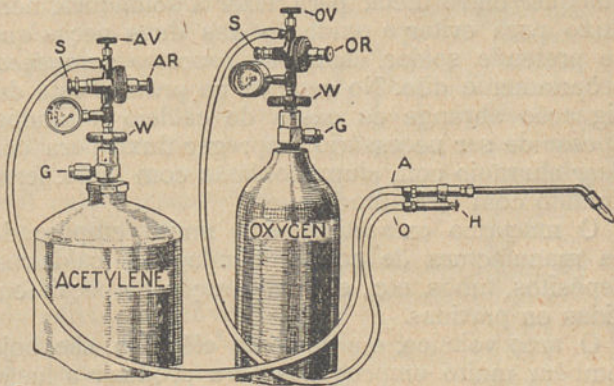


Fig. 158 — Maçarico oxiacetilénico

vos reservatórios a dois tubos, os quais estão montados um dentro do outro. O tubo interno fornece oxigénio, o externo hidrogénio; iniciamos a combustão com uma chama, sendo o maçarico metido dentro duma caixa de cal viva, onde se encontra o metal que se pretende fundir ou soldar.

No maçarico oxiacetilénico, *fig. 158*, emprega-se o gás oxigénio e o acetileno (produto da acção da água sôbre o carboneto de cálcio). A chama tem, em igualdade de circunstâncias, isto é, de volume de acetileno, uma temperatura muito mais alta do que a do oxídrico, pois atinge 3000° centígrados. Insistimos. Se compararmos a quantidade de calor

emitido pelo maçarico oxídrico com o do calor do oxiacetilénico, veremos que a quantidade de calor produzido por êste último é muito superior à do primeiro. Os dois gases estão contidos nos reservatórios e sob pressão. Com êstes maçaricos pode fazer-se a união de ferro fundido, ferro forjado, cobre, latão, bronze, alumínio, etc. A união pela fusão do próprio metal, não sendo necessário empregar qualquer outro metal para fazer a soldadura, nem fluxo para evitar a oxidação das duas peças que se pretende soldar, chama-se *processo autogéneo*, propriamente dito. No entanto, na prática, esta designação abrange os casos de caldeio já citados, apesar de ser necessário empregar fluxo para caldear alumínio com alumínio, latão com latão, ferro fundido com ferro fundido, etc.

O maçarico oxiacetilénico é muito empregado na manufactura de cofres, blindagens, caldeiras, depósitos, tubos, etc., e na reparação de peças fendidas ou partidas.

O arco voltaico, e a corrente eléctrica, são hoje também muito empregados para produzir a fusão de metais e a soldadura eléctrica, a qual se encontra descrita no respectivo capítulo.

176 — **Frio industrial.** — O emprêgo das baixas temperaturas tem grandes applicações na indústria e no comércio, e obtem-se por meio de máquinas que se chamam de refrigeração, sendo o frio produzido por elas chamado *frio industrial*.

O calor que as câmaras de refrigeração contêm é absorvido por um conjunto de órgãos, baixando por isso a temperatura.

Uma instalação para a produção do frio consta das seguintes partes :

Uma máquina de refrigeração.

Uma câmara de refrigeração.

A máquina é constituída por: uma compressora, um condensador, uns tubos colocados nas paredes da câmara, e, por último, uma pequena caixa ou câmara de expansão.

Na *fig. 159* temos representada, em esquema, uma máquina do tipo corrente.

O gás amoníaco, sendo comprimido pela bomba *A*, é obrigado a passar pelo condensador *B*, que é formado por uma serpentina, a qual é resfriada exteriormente por água corrente, que absorve o calor desenvolvido pela compressão e condensação. Já no estado líquido, o amoníaco sai pela válvula *C*, pulverizado; evapora-se então rapidamente e expande-se. A expansão e a passagem ao estado de gás dão-se nos tubos que forram as paredes da câmara frigorífica, absorvendo então o calor de

que precisa para efectuar a mudança de estado, pelo que se produz uma baixa temperatura na câmara. Devido à constante entrada de líquido que se transforma em gás, este vai percorrendo os tubos até que encontra a câmara de expansão, onde se expande ainda mais, tendo absorvido já bastante calor.

Admitido novamente na compressora, a qual é accionada por um motor, torna a efectuar outro ciclo. Os tubos contêm também água salgada por-

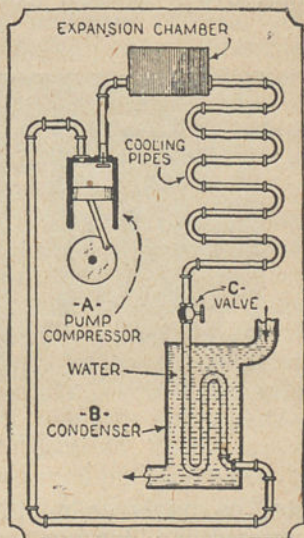


Fig. 159 — Esquema da máquina de refrigeração

que as temperaturas são muito baixas e, se se empregasse água comum, esta congelaria. A água contendo bastante sal das cozinhas tem um ponto de congelação mais baixo, razão por que se [emprega nestas máquinas.

Nas câmaras, *fig. 160*, armazenam-se peixe, carnes, ovos, vegetais, leite, alimentos já cozinhados,

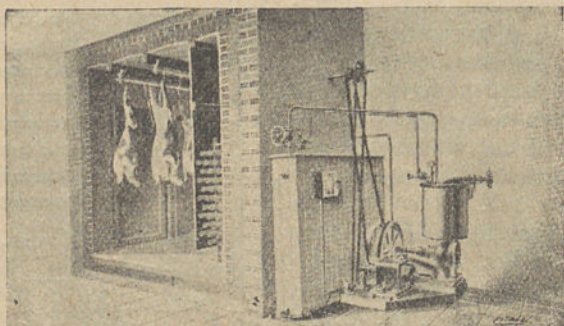


Fig. 160 — Máquina e câmara de refrigeração

etc., os quais se mantêm em perfeito estado de conservação durante largo tempo. Assim se evita que os alimentos entrem em petrufacção ou fermentem.

As câmaras de refrigeração são dum emprêgo corrente a bordo das navios e, principalmente, no transporte de carnes. Também nos entrepostos, enquanto aguardam embarque, entrega ou venda, diferentes mercadorias são conservadas pelo frio. De máxima utilidade são, igualmente, em hotéis, hospitais, talhos, etc.

177 — **Ventilação.** — A ventilação das salas das escolas e das de espectáculo, das nossas ca-

sas em geral e, principalmente, durante a noite, dos nossos quartos de dormir, tem uma grande importância, visto que não sendo o ar renovado com frequência, ou melhor, duma maneira constante, não podemos tirar d'êle o oxigénio suficiente para alimentar as combustões que se passam no nosso organismo.

Está calculado que um indivíduo precisa, por hora, de  $75\text{m}^3$ . A ventilação faz-se devido à diferença de temperaturas do ambiente, dentro do qual existe em geral a suficiente para que, pelas correntes de convecção, o ar mais quente suba e, se encontrar uma saída, active a entrada do ar menos quente por um nível mais baixo.

Encontramos já, nos edifícios modernos, as bandeiras de abrir e, por baixo destas, um pouco acima do nível do pavimento, aberturas para a entrada do ar, o qual vai sair pelas aludidas bandeiras, depois de aquecido e de ter cedido aos nossos organismos parte do oxigénio que nos é necessário.

A ventilação forçada, bem como o uso dos aspiradores de poeira, são da máxima conveniência nas fábricas de produtos químicos, ou em quaisquer outras, tais como nas de acumuladores eléctricos, a fim de evitar que o operário seja prejudicado na sua saúde.

178 — **Aquecimento.** — Nos países onde o frio é muito intenso torna-se necessário elevar a temperatura dentro das fábricas, oficinas, escolas, casas de habitação, etc., de modo a obter-se uma temperatura confortável. Aquece-se o ar contido nessas salas ou quartos por diferentes processos. Entre nós é muito conhecida a braseira, a qual constitui um péssimo processo de aquecimento, pois, para que haja combustão, embora lenta, é necessário ar, o que quer dizer oxigénio, e não estando a braseira colocada em compartimento

onde haja chaminé, o ar vai-se tornando uma mistura de gases tóxicos. Se não houver o cuidado de ventilar êsses compartimentos pode mesmo produzir-se asfixia.

Os fogões de petróleo, e os eléctricos, de mecha, em que esta é constituída por um fio que se põe ao rubro devido à passagem da corrente eléctrica, apresentam o mesmo defeito, isto é, o de queimar

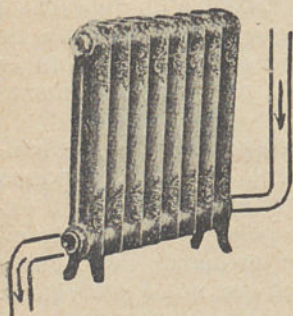


Fig. 161 — Radiador

rem muito oxigénio, exigindo uma boa ventilação, a qual fatalmente produzirá um abaixamento de temperatura do ambiente.

Por estas razões o aquecimento por água quente, ou vapor, ou ainda o conseguido pelas lâmpadas eléctricas do tipo especial para aquecimento, são os processos mais perfeitos, pois não precisam do oxigénio do ar para alimentar

qualquer combustão. No entanto, as casas que usam estas formas de aquecimento não devem, claro é, prescindir de ser ventiladas: o que sucede é que não precisam de o ser em tão grande escala como as dos processos mais antigos e anteriormente citados.

Uma instalação de aquecimento por água quente consta do seguinte: uma caldeira onde a água é aquecida, a qual é colocada na parte mais baixa do edificio que se pretende aquecer; um tubo revestido de amianto ligando a caldeira com um depósito colocado na parte mais alta do edificio. Do depósito partem ramais para as diferentes dependências onde se encontram os radiadores: êstes, *fig. 161*, são constituídos por tubos de ferro de secção elíptica tendo por vezes na sua parte externa uma

série de palhetas, as quais servem para aumentar a superfície aquecida pela água, cedendo assim grande quantidade de calor ao ar do ambiente. Os radiadores estão, por sua vez, ligados directamente à caldeira.

Estando a caldeira, o depósito e os tubos cheios, a circulação da água quente, devido a esta ser menos densa, mais leve, do que a fria, faz-se do seguinte modo :

Uma coluna de água quente sobe do tubo que faz a comunicação da caldeira com o depósito, saindo desse tubo da parte mais alta da caldeira. A água quente, atingindo o depósito, sai dêste para os radiadores em virtude do seu pêso, e vai expulsando a fria (a que está menos quente por haver cedido o seu calor), e aquecendo, por seu turno, o radiador, após o que sai pelo extremo oposto e vai entrar na caldeira, onde é novamente aquecida. Regulando a circulação, obtem-se uma temperatura agradável nas diferentes dependências. A caldeira tem válvula de segurança, aparêlho de nível, etc. Na fornalha queima-se o combustível : carvão de pedra, ou antracite, ou outro apropriado.

## CAPITULO IX

### Meteorologia

179—**Fenómenos meteorológicos.** — Como o calor solar não está igualmente distribuído à superfície da terra, sendo mais intenso nas regiões tropicais, onde os raios de sol incidem perpendicularmente, e muito menos intenso nas regiões polares e próximas, resulta de aí que o ar é diferentemente aquecido. O ar da zona tropical, muito aquecido, dilata-se, torna-se menos denso e sobe; o ar das regiões frias, sendo mais pesado, corre a ocupar o lugar do que subiu; estabelecem-se assim duas correntes gerais de ar, a que chamamos *ventos gerais*, das regiões quentes para as regiões frias e destas para aquelas.

Se a terra não girasse sôbre o seu eixo, estas correntes seriam perpendiculares à linha do equador. Mas o movimento da terra, no sentido de occidente para oriente, faz desviar estas correntes para uma direcção intermédia, de modo que, no hemisfério do norte, a corrente geral é de nordeste para sudoeste, e no do sul é de sueste para noroeste. Estes ventos gerais chamam-se *alisados*.

Pode verificar-se a existência de correntes de ar de regiões quentes para as frias, e vice versa, com a seguinte experiência: Colocando duas velas acesas, uma no chão e outra próximo do teto, entre a porta de duas casas contíguas, estando uma das casas bem aquecida por fogão ou outro qualquer



meio, e a outra mais fria, vê-se a chama da vela superior inclinar-se para o lado da casa fria e a da inferior para o lado da casa quente, por efeito das duas correntes de ar.

Além dêstes ventos gerais, há os ventos próprios de cada região parcial, e que dependem também da configuração do terreno. Assim, nas regiões próximas das costas banhadas pelo mar, estabelecem-se duas correntes de ar: uma, à tarde, da terra para o mar, e outra de manhã, do mar para a terra, provindo do aquecimento desigual das superfícies da terra e do mar. Estes ventos são regulares e chamam-se *brisas*. A do mar para a terra é a *brisa do mar* ou *vento mareiro*, e a da terra para o mar é a *brisa da terra* ou *vento terral*. Os pescadores aproveitam o terral para saírem dos ancoradouros para a pesca do mar alto, e voltam de manhã aproveitando o vento *mareiro*.

Além dos alisados e dos regulares, há os ventos irregulares, cuja causa é devida a diversos fenômenos que se ligam com a configuração do terreno, pressões atmosféricas, correntes marítimas, resumindo-se em todo o caso tôdas estas causas na influência do calor solar, que aquece de maneira muito desigual as diversas regiões da terra. Assim, o deserto do Saará, na África, com os seus areais extremamente aquecidos, as planícies da Sibéria muito arrefecidas, as regiões montanhosas do norte da India, etc., são causas de tempestades, ciclones, etc., pela luta de correntes de ar precipitando-se em diversas direcções para se restabelecer o equilíbrio.

Estando a atmosfera cheia de vapor de água, causado especialmente pela evaporação constante das grandes superfícies oceânicas, êsse vapor de água torna-se visível tôdas as vezes que é atravessado por correntes de ar mais frio, por isso que se condensa. Se a condensação se faz à superfície

da terra produz os *nevoeiros*, se se fez nas regiões superiores da atmosfera produz as *nuvens*. A denominação de nuvens e nevoeiros só depende pois da sua situação, porque, uma ou outra coisa, são sempre o vapor da água condensado.

As nuvens condensando-se mais e mais, produzem a chuva, que é o vapor de água que passou ao estado líquido, caindo pelo seu peso. As gotas de água formadas pela condensação do vapor de

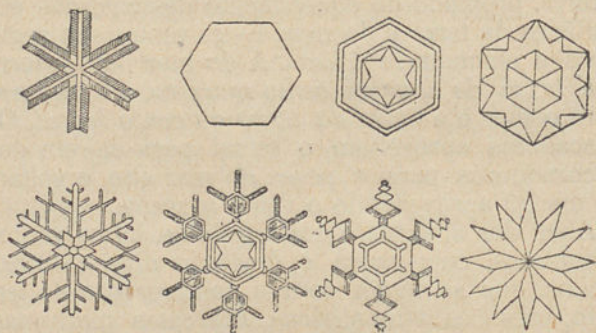


Fig. 162 — Cristais de neve

água, durante a noite e à superfície da terra, e que aparecem de manhã sobre as plantas, chamam-se *orvalho*. Chama-se *geada* ao orvalho que tem gelado. O vapor de água da atmosfera que cai congelando se em pequenos flocos chama-se *neve*, e a chuva que cai no estado sólido chama-se *granizo*.

A neve vem sempre em aglomerações de cristais lindíssimos, com as formas geométricas indicadas acima, *fig. 162*, além de outras.

O granizo cai muito durante as tempestades e as trovoadas.

As nuvens apresentam-se sob diversas formas na atmosfera, e por essa forma pode, até certo ponto,

prever-se o tempo que fará numa época muito próxima. Assim, temos as nuvens em forma de *rabos de galo* ou *rebanhos de carneiros*, a que chamamos *cirros* e que pairam em geral a mais de 6000 metros de altura.

As nuvens que se apresentam no horizonte em forma de grandes *novelos de algodão* amontoados, chamam-se *cúmulos*. Aparecem muito na primavera e no verão e indicam trovoadas.

A primeira forma indica constância de bom tempo, e a segunda mudança para mau.

As nuvens em forma de grandes tiras horizontais chamam-se *estratos*. Se aparecem à hora do poente, indicam bom tempo; se aparecem ao nascer do sol, indicam chuva.

Finalmente, as nuvens de côr acinzentada uniforme, e sem forma definida, chamam-se *nimbos*, e dão sempre chuva.

A quantidade de vapor de água nas diversas regiões varia com a estação, com as proximidades do mar, quantidade e natureza da vegetação, acidentes de terreno, e proximidade ou afastamento das regiões quentes. A quantidade de vapor de água ou *humidade* de uma região, chama-se o seu estado *higrométrico*.

Por muitos meios se conhece a presença do vapor de água na atmosfera. Numa casa fechada e quente, estando o ar exterior muito mais frio, os vidros das janelas aparecem molhados interiormente, sobretudo se há pessoas a respirarem lá dentro. É o vapor de água condensado na superfície fria dos vidros. O mesmo sucede com uma garrafa com água fresca que se coloque num recinto quente:

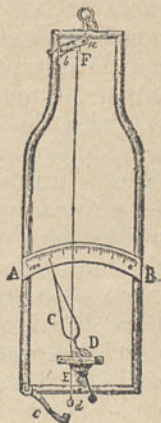


Fig. 163—Higrómetro de Saussure

cobre-se logo a superfície da garrafa com o vapor de água condensado.

A humidade da atmosfera mede-se com um aparelho chamado *higrómetro*. É devida a *Saussure* a construção do higrómetro representado na *fig. 163*. Consta de um aro metálico, com um limbo graduado *AB*; na base está um suporte também metálico, de uma roldana de dois gornes *D*, em cujo eixo existe o ponteiro *C*. Em *F* está fixo um cabelo que passa em baixo num dos gornes da roldana. No outro gorne está suspenso um pêso *d* por um fio de sêda, pêso que mantém esticado o cabelo. Como êste tem a propriedade de se alongar com a humidade e de se contrair com a secura, êsse movimento comunica-se à roldana e, portanto, ao ponteiro que vai marcar no limbo a quantidade de humidade. O zero do limbo é marcado no ponto onde o ponteiro pára quando o instrumento se coloca debaixo de uma campânula onde está cloreto de cálcio, que absorve tôda a humidade; e no ponto onde o ponteiro pára quando se põe durante alguns dias dentro de uma campânula orvalhada de água, marca-se  $100^{\circ}$ , dividindo-se depois o intervalo  $0^{\circ}$  a  $100^{\circ}$  em cem partes iguais.

Todos conhecem os higrómetros, que representam um frade, que ora está com o capuz na cabeça, ora está com êle nas costas. O movimento do capuz é produzido pelo alongamento ou contracção de uma corda de tripa.



## CAPÍTULO X

### Óptica

180 — **Origens da luz.** — A luz é um agente físico. A física moderna explica-a como resultado do movimento ondulatório do éter, fluido (se assim lhe podemos chamar) imponderável, tenuíssimo e perfeitamente elástico, que existe entre as moléculas dos corpos e nos espaços planetários.

Há corpos que têm luz própria e êsses chamam-se *corpos luminosos*, tais como: o Sol, as estrêlas, a chama de qualquer espécie, os metais incandescentes, etc. Os corpos que não têm luz própria emitem a luz que recebem dos outros. A maioria dos corpos terrestres está neste caso. A principal origem da luz à superfície da terra é o Sol; além dessa, temos a electricidade, a combustão, certas combinações químicas, e a fosforescência.

181 — **Propagação da luz.** — A propagação da luz faz-se sempre em linha recta quando ela se faz no mesmo meio, porque, se passa de um meio para outro, como por exemplo do ar para a água, então sofre um desvio, a que se chama *refracção*.

E' fácil observar, da seguinte maneira, a propagação rectilínea da luz: num dia de sol, fechamos as portas e janelas de um quarto onde a luz do astro entre. Essa luz, ficando reduzida a entrar para o quarto por um pequeno orificio, tal como uma

fenda existente nas juntas da janela, ilumina no seu trajecto os corpúsculos em suspensão no ar, mas só aqueles que passam pelos pontos por onde passa a luz, e vê-se então um risco, ou linha recta, que a luz segue. Ainda serve de demonstração do mesmo o facto de, interpondo entre um dos olhos e o objecto luminoso um diafragma, ou uma chapa com um pequeno orifício, nós só vemos o objecto quando o olho, diafragma e objecto estejam na mesma linha; qualquer pequeno desvio de uma destas coisas subtrairá à vista o objecto.

A direcção rectilínea que a luz segue chama-se *raio luminoso*. Um conjunto de raios luminosos chama-se *feixe de luz*.

**182 — Corpos transparentes, translúcidos e opacos.** — A interposição de um corpo entre a luz e os olhos nem sempre priva a vista da sensação de ver essa luz. Quando um corpo se deixa atravessar pelos raios luminosos deixando ver todos os pormenores do objecto donde essa luz provém, o corpo chama-se *transparente*. Se deixa só passar a luz ou parte dela, sem deixar perceber a forma e contornos do objecto donde a luz vem, chama-se *translúcido*. Finalmente, se não se deixa atravessar pela luz, chama-se *opaco*.

**183 — Sombra e penumbra.** — A propagação da luz de um foco luminoso é esférica, isto é, faz-se em todos os sentidos, e por isso o foco luminoso ilumina todos os objectos que o cercam. Se no caminho seguido por um raio luminoso ou feixe de luz pusermos um corpo opaco, o raio ou feixe de luz não prossegue, e o espaço para lá do corpo opaco não recebe luz e fica na sombra, ou melhor, o corpo opaco produz *sombra*. Qualquer objecto colocado por detrás do corpo opaco deixa de receber luz: está na sombra. Entretanto, conforme a grandeza

do foco luminoso relativamente ao corpo opaco que se interpõe, assim a sombra é completa ou incompleta, dependendo isso também das distâncias.

Se o foco luminoso  $S$  está reduzido a um ponto, *fig. 164*, o corpo opaco, que neste caso é uma esfera

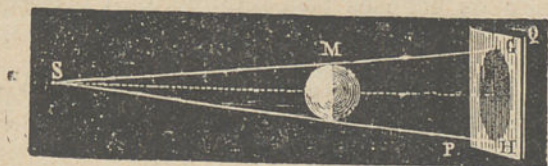


Fig. 164 — Sombra

$M$ , projecta um cone de sombra cujo vértice está no foco  $S$ , e no alvo  $PQ$  aparece uma sombra completa  $GH$ , limitada nitidamente por um círculo.

Se o foco luminoso já tem uma certa grandeza, como se vê na *fig. 165*, então, além da sombra mais

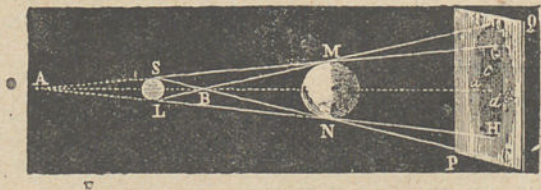


Fig. 165 — Sombra e penumbra

carregada  $GH$ , há outra sombra mais fraca  $GD$  e  $HC$ , que se chama *penumbra*. A observação da figura mostra bem a origem da penumbra. A parte mais clara do alvo é iluminada por todos os raios de luz que o foco emite, para o lado do alvo, tais como os raios  $LBMD$ , tangente inferior às esferas, e  $SMG$ ; a parte de sombra mais fraca, isto é,

penumbra, compreendida entre  $D$  e  $G$ , no alvo, é iluminada só pelos raios emitidos de  $S$ ; finalmente, na parte obscura não incide raio algum luminoso. A mesma figura dá ideia de um eclipse da Lua, supondo que esta é o alvo  $PQ$ ,  $MN$  a Terra e  $LS$  o Sol. A sombra da Terra projecta-se na Lua, começando os eclipses pela penumbra. A projecção da Lua sobre o Sol dá-nos o eclipse do Sol, que nem sempre é total.

Está calculado que a velocidade da luz é de 300.000 km. por segundo. A luz do Sol leva 8 minutos e 13 segundos a chegar à Terra, e a da estrêla mais próxima leva uns três anos.

184 — **Reflexão da luz.** — Um raio de luz, quando encontra uma superfície pulida, reflecte-se, isto é, muda de direcção como a bola de bilhar que

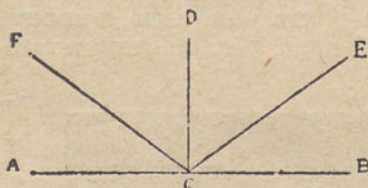


Fig. 166 — Reflexão

bate na tabéla. Esta reflexão faz-se sempre segundo as seguintes leis: 1.<sup>o</sup> o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão; 2.<sup>o</sup> O raio incidente, o raio reflectido e a perpendicular que passa

por  $C$  estão no mesmo plano perpendicular à superfície em que se reflectem.

Na *fig. 166*, e supondo  $AB$  uma linha existente na superfície pulida, o ângulo  $ECD$ , formado pelo raio directo  $EC$  e pela perpendicular  $CD$  à superfície, é igual ao ângulo  $DCF$  formado por essa mesma perpendicular e o raio reflectido  $CF$ , e êsses dois ângulos estão no mesmo plano.

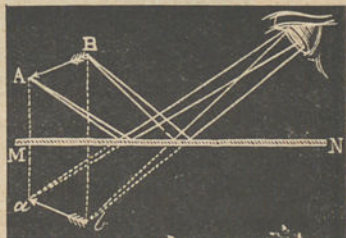
*Luz difusa — Reflexo.* — Quando os corpos não têm a sua superfície pulida, a reflexão fazendo-se em muitos planos diferentes, a luz é reflectida



em tôdas as direcções; chama-se *luz difusa* a esta luz reflectida irregularmente. É a luz difusa que nos faz ver a maior parte dos corpos. A iluminação dos corpos por meio da luz difusa chama-se *reflexo*.

185 — **Espelhos.** — Têm êste nome as superfícies pulidas que reflectem a luz regularmente.

*Espelhos planos.* — Seja um espelho plano  $MN$ , *fig. 167*, defronte do qual se acha um objecto luminoso ou iluminado  $AB$ ; considerando qualquer ponto  $A$  dêste objecto, vê-se que os raios de luz que dêle partem, depois de se reflectirem no espelho, tomam direcções divergentes que nunca se encontram; mas, pelo hábito que temos de



*Fig. 167* — Espelho plano (imagem)

ver sempre os objectos no prolongamento da direcção dos raios luminosos quando entram nos olhos, segue-se que veremos o ponto  $A$  em  $a$  atrás do espelho; será pois  $a$  a *imagem virtual* do ponto  $A$ , isto é, imagem que não existe, pois que os raios reflectidos se não encontram; do mesmo modo será  $b$  a imagem do ponto  $B$ . Portanto, *nos espelhos planos as imagens são virtuais, estão à mesma distância do espelho, e são das mesmas dimensões que os objectos, e acham-se em posição simétrica com relação aos espelhos.*

*Espelhos esféricos côncavos.* — Nestes espelhos a superfície pulida é a concavidade de uma superfície esférica  $AB$ , *fig. 168*; o centro  $C$  da esfera chama-se *centro geométrico*;  $A'$  é o centro do espelho; o ângulo  $ACB$  é a *abertura do espelho*; a linha  $CA'$  é o *eixo principal*. Quando o ângulo

da abertura não excede  $12^\circ$ , todos os raios de luz que incidem no espelho paralelos ao eixo principal, reflectindo-se, vão passar pelo ponto  $F$ , situado a meio do raio  $CA'$ , do espelho; denomina-se o ponto  $F$  *foco principal*. Expondo o espelho aos



Fig. 168 — Espelho côncavo (ponto)

raios de sol, paralelos ao eixo principal, vê-se no foco principal uma pequena imagem muito brilhante do Sol; o foco principal, neste caso, possui uma elevada temperatura, que inflama os corpos combustíveis.

Colocando no foco  $F$  uma luz, os raios luminosos que incidirem sobre o espelho, depois da reflexão, sairão paralelos ao eixo principal.

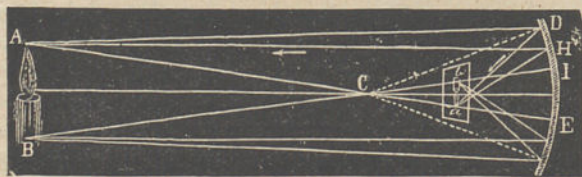


Fig. 169 — Espelho côncavo (objecto)

*Imagens nos espelhos esféricos côncavos.* — Quando um objecto  $AB$ , fig. 169, defronte de um espelho côncavo se acha situado além do centro geométrico, pela reflexão forma-se uma imagem real  $ab$ , situada entre o centro geométrico e o

*foco principal, invertida e mais pequena.* Com efeito, seja  $AH$  um raio de luz incidente paralelo ao eixo principal; depois da reflexão tomará a direcção  $Ha$ , que passa pelo foco principal; um outro raio incidente  $AC$ , passando pelo centro geométrico  $C$ , será normal ao espelho, e portanto reflectir-se-á segundo esta mesma direcção, e encontrará  $Ha$  no ponto  $a$ ; será pois  $a$  a imagem real do ponto  $A$  do objecto; do mesmo modo se vê que  $b$  é a imagem de  $B$ .

Reciprocamente, se  $ab$  fôr o objecto, será  $AB$  a sua imagem; logo, *quando o objecto está entre o centro geométrico e o foco principal, a sua imagem é real, invertida e maior, e acha-se situada além do centro geométrico.*

186 — **Faróis.** — Os espelhos curvos côncavos são applicados nos faróis, *fig. 170*, concentrando-se a luz segundo um cone e iluminando a grandes distâncias com muita intensidade. Os faróis são empregados nos automóveis, para iluminar, durante a noite, as estradas que percorrem. E collocados, no alto de esguias edificações, chamadas mesmo *faróis*, servem, na orla marítima, de pontos de referência e de guias às embarcações.

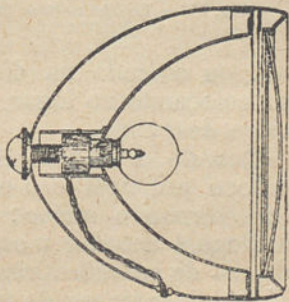
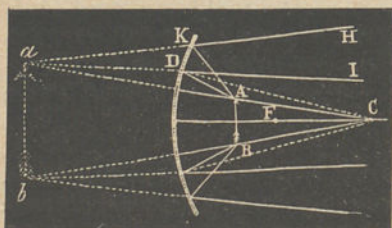


Fig. 170 — Corte dum farol com lâmpada eléctrica

Também a marinha de guerra os usa para iluminar zonas que precisa de vigiar: são então móveis, têm grande potência e chamam-se *projectores*. Ainda a Armada e o Exército se servem de pequenos projectores especiais, que, apagando-se e acendendo-se por espaços curtos e longos, fazem

os sinais do telégrafo Morse; e assim, em pleno dia, pode ser comunicado a grandes distâncias qualquer despacho. Quando há sol, basta então fazer incidir sobre a estação receptora os raios solares, depois de reflectidos pelo espelho da estação transmissora. Esta telegrafia, que emprega luz solar ou eléctrica, tem o nome de telegrafia óptica.

*Focos conjugados.* — Os pontos *A*, *a*, da já citada *fig. 169*, dizem-se *focos conjugados*, por isso



*Fig. 171* — Espelho convexo (imagem)

que se *a* é o lugar da imagem de *A*, reciprocamente, se o ponto luminoso estiver em *a*, será *A* o lugar da sua imagem; o mesmo se diz dos pontos *B*, *b*, etc.

As imagens reais podem ver-se, ou olhando na direcção dos raios reflectidos, ou colocando no lugar onde se formam um alvo de vidro despolido.

Quando o objecto *AB*, *fig. 171*, se acha entre o foco principal e o espelho, a imagem *ab* é virtual, direita e maior; com efeito, uma construção análoga à anterior mostra que os raios *AD*, *AK*, depois de se reflectirem, tomam as direcções *DI*, *KH*, divergentes, de modo que se não encontram, salvo sendo prolongados para a parte de trás do espelho, de modo que *a* é a imagem virtual do ponto *A*; do mesmo modo se vê que *b* é a imagem do ponto *B*.

*Espelhos esféricos convexos.* — Nestes espelhos o pulimento é dado na superfície convexa. Uma construção análoga às anteriores mostra que a imagem *ab*, de um objecto *AB* colocado defronte

de um espelho convexo, é sempre virtual, direita e menor. Quando a superfície do espelho é muito extensa, por exemplo a de um hemisfério, só são nítidas as imagens que se formam no centro; as que se acham mais afastadas do eixo são deformadas e não se parecem com os objectos.

*Foco virtual.* — Os raios  $A D$ ,  $B K$ , paralelos ao eixo principal, depois da reflexão tomam as direcções  $D E$ ,  $K H$ , as quais sendo prolongadas se encontram no ponto  $F$ , que é o *foco principal virtual* do espelho convexo.

187 — **Refracção da luz.** — Vimos já que a luz, quando passa de um meio para outro diferente, por exemplo do ar para a água, sofre um desvio a que se chama *refracção*.

Sejam os dois meios diferentes, um acima da superfície plâna  $M M'$ , o ar por exemplo, *fig. 172*, e outro abaixo dessa superfície, a água. O raio de luz  $A B$ , ao chegar a  $B$ , desvia-se

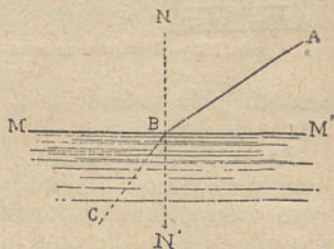


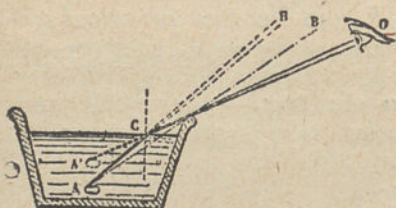
Fig. 172 — Refracção dum raio luminoso

bruscamente e segue a direcção  $B C$ , fazendo com a perpendicular  $N N'$  um ângulo  $C B N'$  menor do que o ângulo primitivo  $A B N$ . A inversa se daria se o raio de luz partisse de  $C$ , isto é, da água para o ar; o seu ângulo  $C B N'$  seria menor que o  $N B A$  quando o raio luminoso passasse da água para o ar. Daqui se deduzem estas duas leis de refração da luz: 1.<sup>a</sup> Quando um raio luminoso passa de um meio para outro mais denso, desvia-se, aproximando-se da perpendicular. — 2.<sup>a</sup> Quando um raio luminoso passa de um meio para outro menos denso, desvia-se, afastando-se da perpendicular. É claro

que o facto se dá quando o raio luminoso passa obliquamente de um meio para outro. Quando se faz segundo a perpendicular à superfície de separação dos dois meios, o desvio não existe.

As seguintes experiências dão ideia dos desvios que sofrem os raios de luz pela refacção.

1.<sup>a</sup> — Numa tina sem água, *fig. 173*, ponha-se uma moeda de prata, por exemplo, e afastemo-nos



*Fig. 173* — Refracção na água

a pouco e pouco até deixarmos de ver a moeda. Encha-se depois a tina de água, e, embora na mesma posição, voltaremos então a ver a moeda, cujos raios luminosos se des-

viaram pela refacção a ponto de se tornar outra vez visível para nós.

2.<sup>a</sup> — Metendo numa tina de água uma bengala, esta parece-nos quebrada no ponto em que rasa com a superfície do líquido, exactamente pelo desvio que sofrem os raios luminosos da parte da bengala que está debaixo de água.

A refacção da luz dá lugar a illusões ópticas variadas. Nos desertos, as caravanas são muitas vezes iludidas pela refacção de qualquer objecto, uma árvore por exemplo, que parece reflectir-se numa toalha de água, o que dá aos caminhantes a esperança de poderem fornecer-se daquele líquido, de que estão sequiosos. É que, pelo calor solar, as camadas de ar juntas ao solo estão menos densas do que as superiores, e então um raio de luz vindo do ponto *A*, *fig. 174*, para baixo sofre refacções sucessivas em camadas cada vez menos densas, e portanto desviando-se da normal e descrevendo uma curva *A B C H O*; o observador neste pont

vê então êsse raio luminoso na direcção  $OA'$ . A êste fenómeno dá-se o nome de *miragem*. Nos países frios êste fenomeno dá-se nas regiões superiores

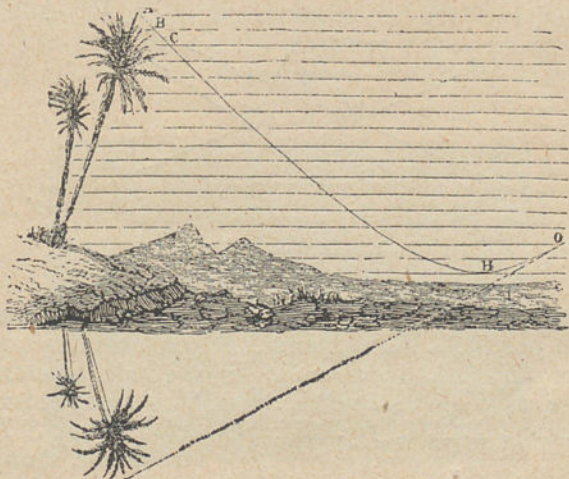


Fig. 174 — Miragem

da atmosfera, vendo-se às vezes edifícios, e até povoações inteiras, em miragem nas nuvens.

O Sol ou a Lua, ao erguerem-se no horizonte, parecem-nos muitas vezes deformados, em resultado da refração através de camadas desigualmente densas da atmosfera. Finalmente, quando o Sol nasce, ainda não está acima do horizonte para poder ser visto, mas a refração atmosférica, desviando os seus raios, antecipa a visão dêle.

**188 — Decomposição da Luz.** — Quando um raio luminoso atravessa de um meio para outro limitado por faces paralelas, um vidro por exemplo, o desvio que sofre ao entrar nesse meio é igual e

contrário ao que sofre à saída; por isso o efeito desta refração é nulo, e o raio luminoso segue a mesma direcção que tinha; mas se, em lugar de

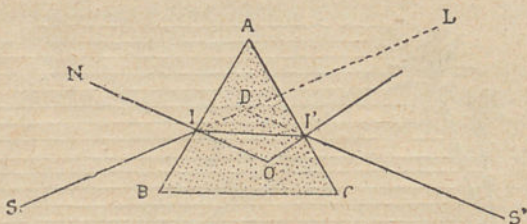


Fig. 175 — Refracção no prisma

faces paralelas, esse meio transparente fôr determinado por faces dum prisma, então o feixe luminoso sofre um duplo desvio no mesmo sentido, ao entrar nesse meio e ao sair dêle. Suponhamos um prisma de cristal  $BAC$ , *fig. 175*. Se o raio de luz  $SI$  o

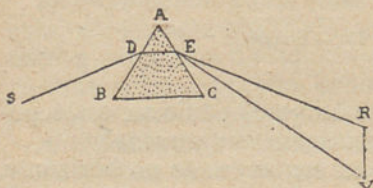


Fig. 176 — Dispersão no prisma

atravessar, quando chega ao ponto  $I$  passa por um meio mais denso e, aproximando-se da perpendicular  $NO$ , segue a direcção  $II'$ ; e ao sair do prisma, como passa para um meio menos denso, desvia-se da perpendicular  $OI$ , e segue a direcção  $I'S'$ , aproximando-se da base  $BC$  do prisma. Além d'êste desvio, a luz sofre outra modificação a que se chama *dispersão*. O raio  $SD$ , *fig. 176*, segue a direcção  $DE$  e depois, ao sair, já não é segundo uma só linha, mas sim num feixe de raios compreendidos entre  $ER$  e  $EV$ ; não se projecta como um ponto laminoso, mas sim como uma faixa  $RV$ . Se



a luz é a do Sol, nota-se que a faixa  $RV$  não é branca mas sim de diversas côres, e a essa faixa chama-se *espectro solar*. A *fig. 177* mostra-nos o efeito do prisma atravessado por um raio de luz do Sol. As côres do *espectro  $v r$*  são 7, a contar da base do prisma para o vértice e na seguinte ordem: *roxo, anil, azul, verde, amarelo, laranja,*

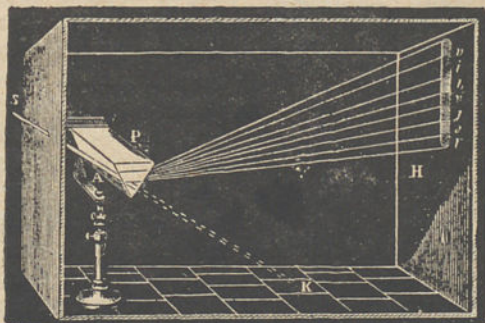


Fig. 177 — Espectro solar

*encarnado*. Isto significa que a luz branca é formada de tôdas aquelas côres, e que cada uma delas se refrange desigualmente no prisma. Se adaptarmos ao prisma outro prisma, mas em sentido inverso, a luz recompõe-se.

É fácil a demonstração da recomposição da luz com o chamado *disco de Newton*. Consiste num disco de cartão, *fig. 178*, onde estão pintadas em sectores as côres do espectro. Fazendo girar rapidamente o disco em tórno de um eixo central, as côres, com a rapidez do movimento, impressionam o nervo óptico por assim dizer no mesmo instante, e portanto as suas sensações simultâneas no aparelho da visão equivalem à sua mistura, e a impressão é a de vermos um disco branco.

O arco-íris não é mais do que a decomposição da luz do sol através dos pequeníssimos e numerosos prismas formados pelas gôtas de água que caem.

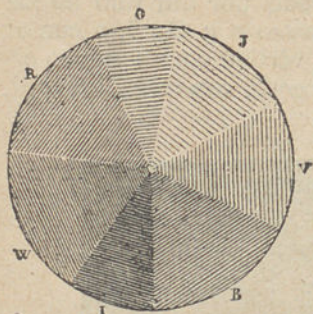


Fig. 178 — Disco de Newton

As côres que nós vemos nos diversos objectos não existem nesses objectos mas sim na luz que reflectem. Se a luz fôsse composta de uma só côr, seria dessa côr que todos os objectos se nos apresentariam. Mas quando a natureza do objecto é tal que absorve certos raios de luz e

só emite outros, os raios emitidos é que nos dão a côr do objecto. Se um corpo é encarnado, quere dizer que, dos raios de luz que recebe, absorve todos, menos os encarnados; se êle reflecte todos os raios de luz, o objecto é branco, etc.

189 — **Lentes.** — Chamam-se *lentes* os meios transparentes terminados por superfícies curvas, e que têm a propriedade de fazer convergir ou divergir os raios de luz que as atravessam; a curvatura mais usada é a esférica. As lentes são feitas de vidro; o mais empregado é o *crown glass* ou o *flint glass*; êste é mais refringente do que aquele.

*Lentes convergentes e divergentes.* — As lentes mais usadas são seis: três convergentes e três divergentes, terminadas por superfícies esféricas ou plânas, *fig. 179*. *A* é *bi-convexa*, *B* *plano-convexa*, *C* *côncavo-convexa convergente*, *D* *bi-côncava*, *E* *plano-côncava*, *F* *côncavo-convexa divergente*. As lentes *C* *F* também se denominam *meniscos*.

As lentes convergentes são mais espessas no centro do que nos bordos; o contrário sucede nas divergentes. Os centros das esferas a que pertencem os segmentos das lentes chamam-se *centros geométricos*;



Fig. 179 — Lentes

*tricos*; os raios destes segmentos são os *raios de curvatura*. A linha que passa por aqueles pontos e pelo centro das lentes, chama-se *eixo principal*. O ângulo formado pelas rectas tiradas do centro

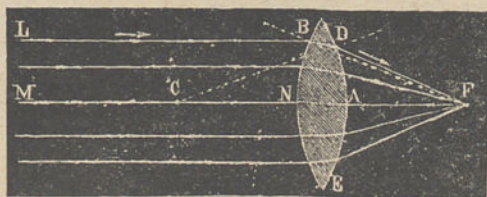


Fig. 180 — Lente biconvexa

geométrico para dois pontos diametralmente opostos dos bordos de uma lente, diz-se *abertura da lente*.

*Lentes convergentes* — Seja uma lente biconvexa  $NA$ , *fig. 180*;  $CF$ , centros geométricos;  $MCF$ , eixo principal; todos os raios de luz que, como  $LB$ , incidem paralelos ao eixo principal, depois de atravessarem a lente, vão encontrar-se no centro geométrico  $F$ ; chama-se este ponto *foco*

*principal.* Reciprocamente, os raios de luz que partirem do foco principal, depois de atravessarem a lente, saem paralelos ao eixo principal. Colocando pois no foco principal de uma lente bi-convexa um foco luminoso, obtem-se artificialmente um feixe de luz paralelo pela refração através da lente. Isto verifica-se quando a abertura da lente não excede  $12^\circ$ .

Nas lentes plâno-convexas, ou plâno-côncavas, a distância do foco principal à lente é igual ao dôbro do raio da curvatura. Nos meniscos o foco fica mais longe; a distância focal é tanto maior quanto menor é a curvatura de uma das faces da lentilha.

*Centro óptico.*—Tem êste nome o ponto que possui a propriedade de não fazer sofrer desvio angular a qualquer raio de luz que por êle passe. Nas lentes bi-convexas e bi-côncavas fica no centro da lente; nas plâno-côncavas ou plâno-convexas fica na intercepção do eixo principal com a superfície curva; nos meniscos fica fora, do lado da superfície mais curva. Determina-se o centro óptico tirando pelos centros geométricos das duas faces dois raios de curvatura paralelos; unem-se os extremos destes raios por uma recta com o eixo principal: e está obtido o *centro óptico*.

*Imagens nas lentes convergentes.*—Quando um objecto se acha defronte de uma lente convergente, situado além do seu foco principal, forma-se do lado oposto da lente, e além de outro foco principal, uma imagem real e invertida, pelo encontro dos raios que atravessarem a lente; esta imagem é maior ou menor do que o objecto, segundo êste se acha perto ou longe da lente. A *fig. 181* mostra a marcha dos raios de luz que, partindo dos pontos *A, B* de um objecto *AB*, vão formar, depois de atravessarem uma lente bi-convexa, uma imagem real *a b*. Se fôr *a b* o objecto,

será  $A'B$  a sua imagem.  $A, a$ , são focos conjugados: do mesmo modo  $B, b$ , etc.

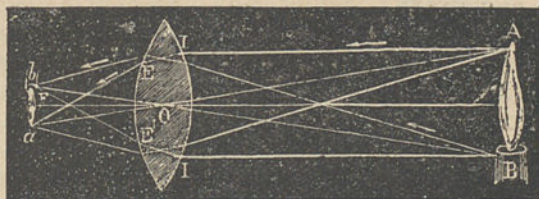


Fig. 181.—Imagem real invertida (lente biconvexa)

Quando o objecto se acha entre uma lente con-

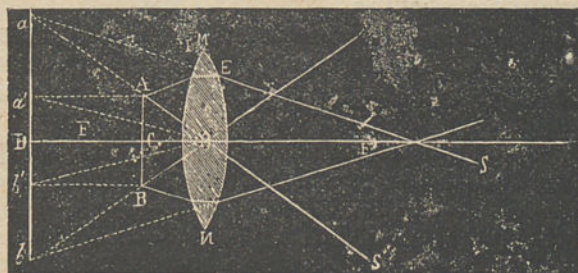


Fig. 182 — Imagem virtual direita (lente biconvexa)

vergente e o seu foco principal, a sua imagem for-

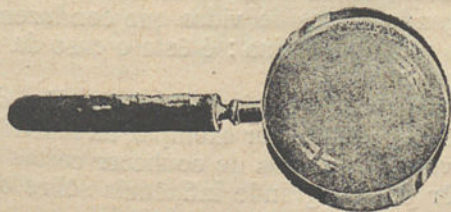


Fig. 183 — Lupa

ma-se do mesmo lado da lente ; é virtual, direita e maior. A *fig. 182* mostra a marcha dos raios de luz que, partindo do objecto *A B*, atravessam uma lente bi-convexa.

A *lupa, fig. 183*, é uma lente bi-convexa, muito empregada na tecelagem, na filatelia, na fotografia (para fazer o retoque), na relojoaria e na joalheria, etc.

190 — **O olho humano.** — Os olhos são aqueles, dos nossos órgãos, que, impressionados pela luz, nos dão a conhecer a côr e a forma dos objectos. Dum modo muitíssimo elementar, consideraremos para o estudo do olho só dois elementos, o *cristalino* e a *retina*.

O cristalino equivale a uma lente e é formado por tecidos que são muito transparentes ; e como lente convergente que é dá uma imagem real e invertida.

A retina é uma membrana, na qual existem pequeníssimos elementos, que são como infinitas extremidades dos diferentes filamentos em que o nervo óptico se divide. É sôbre a retina que se projecta a imagem ; a retina actua pois como um alvo, e os filamentos do nervo óptico que são sensíveis à luz conduzem essa impressão ao nosso cérebro.

Quando a imagem, não se projecta na retina como deve, então tem de se recorrer a artificios, empregando lentes de vidro que conduzem a imagem ao plano da retina : é êste o caso da miopia e da hipermetropia.

Existem muitos defeitos de visão, além dos mais conhecidos : assim, por exemplo, há indivíduos cujo órgão visual é incapaz de conhecer certas côres.

A côr exerce grande influência sôbre o sistema nervoso.

Os binóculos vulgares são um conjunto de len-

tes : uma de grande diâmetro (convergente) ; outra de menor diâmetro (divergente). Dão imagens virtuais e direitas. Os objectos observados através do

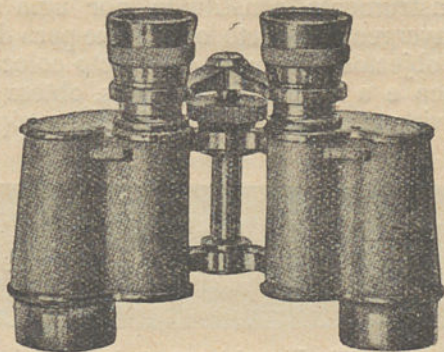


Fig. 184 — Binóculo prismático

binóculo têm maior tamanho do que observados à vista desarmada. Há binóculos de diferentes graus de amplificação. Os binóculos mais modernos, *fig. 184*, empregam o prisma, evitando assim serem de grande volume. Além disso, têm outras propriedades, tais como a de darem a visão exactamente como a nossa, isto é, dão-nos uma só imagem, e não duas separadas, como acontece no binóculo vulgar.

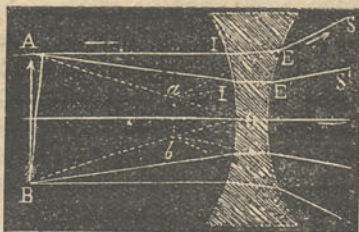


Fig. 185 — Lente bicôncava

*Imagens nas lentes divergentes.* — Nas lentes divergentes as imagens são sempre virtuais, direitas e menores do que os objectos. A *fig. 185* mostra

a marcha dos raios de luz que, partindo do objecto  $A B$ , atravessam uma lente bi-convexa.

191 — **Microscópios.** — O *microscópio simples* é um instrumento constituído por uma simples lente convergente de curto foco. Serve para dar imagens de objectos pequenos. O objecto coloca-se entre o foco e a lente; como vimos, obtem-se uma imagem virtual, direita e maior. O microscópio sim-

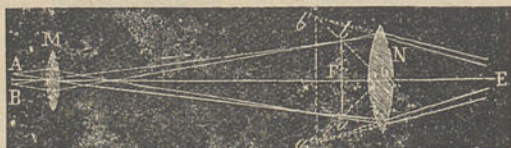


Fig. 186 — Microscópio composto (imagem)

ples tem também o nome de *lupa*, e já a êle nos referimos atrás.

*Microscópio composto.* — Consta essencialmente de duas lentes convergentes: uma  $M$ , *fig. 186*, de foco curto, que se chama *objectiva* e se acha perto do objecto  $A B$ ; outra  $N$  menos convergente, chamada *ocular*, à qual se aplica o olho em  $E$ . O objecto  $A B$  fica além do foco da objectiva  $M$ , mas muito perto, e dá uma imagem real invertida e maior  $a b$ ; a ocular  $N$  coloca-se de modo que a imagem  $a b$  fique entre ela e o seu foco; portanto produzir-se-á uma imagem  $a' b'$  virtual e maior do que  $a b$ , a qual o observador colocado em  $E$  vê invertida em relação ao objecto. A *fig. 187* representa um microscópio composto de Lerebours. A ocular  $A$  e objectiva  $B$  estão montadas num tubo cada uma; êstes tubos entram em outro tubo  $T$ . O objecto é colocado entre lâminas de vidro, sôbre o orifício da platina  $P$ ; quando é transpa-



rente, ilumina-se por meio de um feixe de luz reflectido pelo espelho côncavo que se acha por baixo, e se move com o botão *b*; quando o objecto é opaco, ilumina-se dirigindo sobre êle um feixe de luz por meio da lente *L*.

Tendo collocado o objecto, olha-se pela ocular e move-se à mão o tubo *T* até ver aparecer a imagem; em seguida anda-se com o botão *d*, que faz mover lentamente o microscópio, até colocar a imagem bem no foco, isto é, à distância da vista distinta.

Para diminuir a aberração da esfericidade e a dispersão, as oculares e objectivas são feitas de mais de uma lente.

A amplificação das imagens, no microscópio, é o produto das ampliações da objectiva e da ocular.

Muitas aplicações importantes têm as lentes; entre elas salientamos a câmara escura, que consiste numa caixa de madeira, *fig. 188*, onde os raios

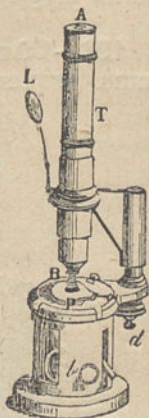


Fig. 187 — Microscópio composto

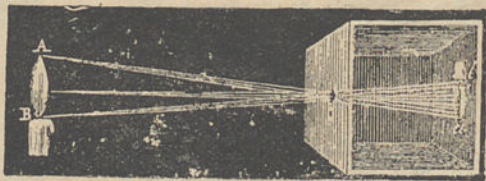


Fig. 188 — Câmara escura

de luz do objecto entram pelo orifício, projectando-se no fundo e dando a imagem invertida *b a* do objecto *A B*. Adaptando ao orifício uma lente, obtém-se a câmara escura da máquina fotográfica.

São também aplicações das lentes as lunetas astronómicas, as lunetas terrestres, os óculos, a lanterna mágica, etc.

192—**Câmara fotográfica.** — É formada por uma pequena câmara escura que tem montada

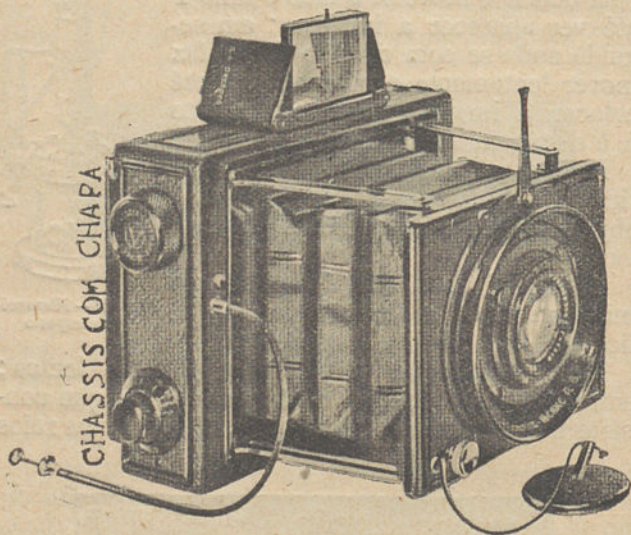


Fig. 189 — Câmara fotográfica

numa parede uma lente, ou um sistema de lentes, as quais dão uma imagem real e invertida sobre uma placa de vidro ou película de celuloide. A chapa fotográfica é revestida, numa das suas faces, de gelatina que contém uma composição de sais de prata. A imagem, projectando-se sobre a chapa, altera os sais de prata segundo a intensidade luminosa das diferentes zonas da imagem, fenómeno êste que se passa enquanto se *tira a fo-*

*tografia*. Para que essa alteração sofrida pelos compostos químicos contidos na gelatina seja visível, é necessário fazer actuar um banho especial, banho de *revelação*, sôbre a chapa, não podendo esta, entretanto, ser exposta à luz. Durante o processo da revelação aparecem na chapa zonas de grande transparência e outras de menor.

As de grande transparência não foram atacadas pela luz; nas outras, em que houve uma alteração maior ou menor, forma-se um depósito negro ou cinzento. Em seguida a chapa é metida no *banho fixador*, continuando êste banho a actuar sôbre os sais de prata, de modo a dar estabilidade à imagem e a fim de que ela não seja atacada pela luz, o que a faria desaparecer. Findo êste banho, a chapa torna-se mais transparente e pode então ser exposta à luz. A chapa nestas condições, observada por transparência, dá-nos uma imagem com o lado direito à esquerda e o esquerdo à direita, aparecendo também as côres alteradas, pois não são reproduzidas por côres, mas sim por tons cinzentos de maior ou menor intensidade. Verifica-se até o seguinte: o branco é representado por negro, e o negro por branco, razão por que se chama a chapa *negativo*. Para se obter o *positivo*, teremos de tirar uma prova em papel, que pode ter composição análoga à da chapa, tratando-o então da mesma forma. Depois de o ter exposto à luz, estando êle em contacto com a chapa (negativo), obtemos um positivo, ou seja uma imagem, reprodução em papel, do assunto fotografado, com o lado direito à direita e o esquerdo à esquerda e com as côres branca e negra tais como os nossos olhos as observam nos sêres e nas coisas.

As restantes côres tomam diferentes tons, claros ou escuros, tendo por base o cinzento. O azul reproduz-se quási num tom igual à côr branca, assim como o vermelho vivo; o verde num tom escuro, etc.

Os diferentes processos fotográficos são hoje muito empregados na arte da gravura, com a qual

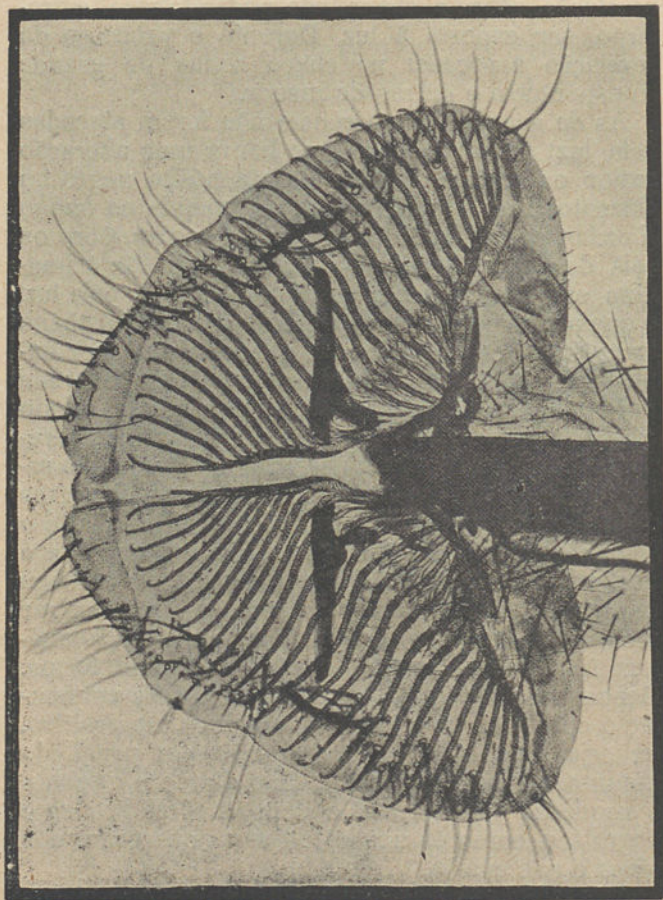


Fig. 190 — Língua de mosca

se obtêm umas chapas semelhantes a carimbos, que na impressão de jornais e de livros, etc., são

usadas para reproduzir imagens, (scenas, retratos, desenhos, etc.). Essa espécie de *carimbos*, os quais têm o nome de *clichés*, são constituídos por cobre ou zinco.

Ainda pela fotografia se podem obter ampliações doutras fotografias mais pequenas. E aplicada ao microscópio, a câmara fotográfica constitui um auxiliar precioso no estudo da microscopia, pois permite-nos reter pela prova fotográfica os assuntos observados, os quais podem ainda ser ampliados, como se vê na *fig. 190*, que representa uma língua de môsca, observada ao microscópio e ampliada.

A astronomia também utiliza a fotografia como auxiliar de grande préstimo. E o levantamento da planta de grandes zonas de terreno pode também ser feito pela fotografia; a câmara fotográfica é neste caso montada num aeroplano, o qual vai tirando fotografias das diferentes zonas por cima das quais vai voando. As séries de fotografias assim tiradas são depois preparadas e formam uma planta ou carta. Este processo é rápido, sobretudo em relação ao do levantamento feito em terra; mas tem, apesar do grande desenvolvimento adquirido por êle depois da Grande Guerra, alguns inconvenientes e deficiências.

193 — **Cinematografia.** — A nossa retina mantém a imagem dos assuntos observados durante  $1/10$  de segundo, e é devido a essa propriedade que podemos ter a ilusão do movimento que tão perfeitamente nos dá o cinematógrafo.

Assim, se estivermos fitando um ponto e se entre êsse ponto e os nossos olhos vier colocar-se um obstáculo que impeça a visão, nós continuaremos a ver ainda o ponto durante  $1/10$  de segundo; só passado êste intervalo de tempo, é que êsse obstáculo evitará que nós vejamos o referido ponto.

A película que o cinematógrafo projecta é cons-

tituída por uma série de imagens que reproduzem as diferentes fases dum movimento, não duma maneira contínua, o que seria impossível, mas sim por meio de um certo número de fotografias obtidas por cada segundo, aproximadamente 16. Se tomarmos uma película e a observarmos, veremos que as diferentes fotografias representam o movimento, como se disse, por uma série de fotografias

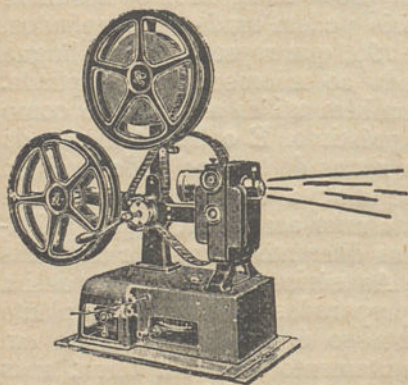


Fig. 191 — Máquina cinematográfica de projecção

tiradas umas a seguir às outras, mediando entre elas um muito curto espaço de tempo.

Contudo, se projectarmos, por meio da máquina cinematográfica, *fig. 191*, uma película, a ilusão do movimento é perfeita, porque a máquina tem um dis-

positivo especial que faz o seguinte: projecta a primeira imagem durante um muito curto espaço de tempo, imagem por que a nossa retina é impressionada e que nela se demora; em seguida a esta projecção a máquina não projecta luz alguma sobre o alvo, o que dura um intervalo de tempo mínimo, durante o qual, insistimos nesta propriedade importante, a nossa retina conserva a impressão dessa primeira imagem; acabado êste intervalo, ou seja o breve tempo em que nenhuma luz iluminou o alvo, projecta-se a segunda imagem, tendo nós então a impressão de que a imagem se deslocou: isto é, colhemos a impressão do movimento. Novamente se interrompe a projecção para que a ter-

ceira fotografia seja projectada, e outra vez temos nós a sensação do movimento da imagem que acabou de ser projectada. E assim sucessivamente.

A cinematografia tornou-se, nos nossos tempos, uma das indústrias mais importantes, bem como a sua exploração. E a sua aplicação não se limita ao campo do divertimento: ela coopera hoje nos diferentes graus de ensino, nos serviços de propaganda, na divulgação científica, etc.

194 — **Intensidade da luz.** — O brilho ou intensidade da luz pode medir-se como já se pôde medir a sua velocidade, e chama-se *intensidade da*

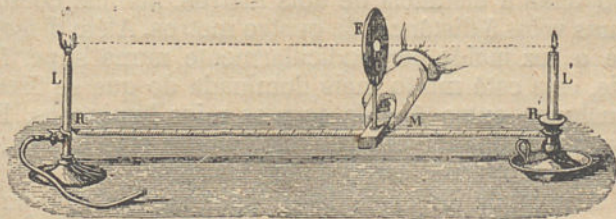


Fig. 192 — Fotômetro de Bunsen

*luz* à quantidade de luz recebida por um corpo iluminado sobre uma certa superfície que se toma para unidade. Os instrumentos que servem para medir a intensidade da luz chamam-se *fotômetros*. O mais vulgar é o de Bunsen, e consta de uma régua metálica graduada  $R R'$ , *fig. 192*, onde escorrega um prisma de madeira que tem sobreposto verticalmente um disco  $E$ , pintado de negro, com um orifício ao meio, onde está um papel com uma nódoa de gordura. Esta nódoa de gordura torna o papel translúcido, mas se este fôr iluminado igualmente de um lado e de outro essa nódoa torna-se invisível; é sobre este facto que se funda o fotôme-

tro. Supondo de um lado a luz de uma vela  $L'$ , e do outro a de um bico de gás  $L$ , correndo com o disco  $E$  ao longo da régua  $R R'$  até a nódoa não se conhecer vista de um ou de outro lado do disco, as duas distâncias  $MR$  e  $MR'$  comparadas, dão-nos a intensidade da luz do gás comparada com a da vela. Se a distância  $RM$  fôr 5 vezes a distância  $MR'$ , a luz do gás é 25 vezes mais intensa do que a luz da vela. A experiência mostra que a intensidade de uma luz está na razão inversa do quadrado das distâncias ao foco luminoso, e é directamente proporcional ao ângulo que os raios luminosos fazem com as superfícies onde incidem. Quere isto dizer que, se uma luz ilumina como quatro velas à distância de dois metros, ilumina como duas velas à distância de quatro metros. Além disso, se a luz incide perpendicularmente numa superfície, esta está muito mais iluminada do que se fizer qualquer outro ângulo com os raios luminosos. E quanto maior fôr êsse ângulo, menor será a intensidade luminosa, como é fácil verificar.

A unidade de intensidade luminosa é a *vela-padrão*, ou *decimal*.

A unidade de fluxo luminoso é o fluxo que irradia duma fonte que tem a intensidade de *1 vela decimal*, em determinadas condições, e tem o nome de *Lumen*.

A iluminação duma sala, duma oficina, etc., é medida em *velas-metro*, que é a iluminação dada por *1 vela-decimal* a um alvo colocado a *1 metro* de distância.

*Lux* é a unidade de iluminação, e diz-se que uma superfície de  $1^{\text{m}^2}$  recebe uma iluminação de *1 lux* quando sôbre ela incide um *lumen* uniformemente distribuido.



## CAPÍTULO XI

### Acústica

195 — **● som.** — O movimento vibratório das moléculas dos corpos impressiona os nossos sentidos por diversas formas. Quando êle impressiona o ouvido, chama-se *som*. Êsse movimento é feito em ondulações através do ar que nos cerca, e essas ondulações são comparáveis às produzidas na água de pôça, lago ou tanque, quando para essa água atiramos uma pedra. Vemos então a água ondular em círculos concêntricos, cujo centro comum está no ponto em que a pedra caiu e que se vão reproduzindo, sendo cada vez maiores, à semelhança de ondas que caminham.

Esse caminhar é uma ilusão de óptica, porque, se deitarmos uma palha ou um pedaço de cortiça sôbre essa ondulação, vemos êsses objectos levantarem-se e baixarem-se, mas ficarem por fim no mesmo ponto. Além disso, se deitarmos outra pedra noutro ponto do lago ao mesmo tempo, ela produz outras ondulações que se cruzam com as primeiras, mas sem se destruírem umas às outras.

Se as ondulações, quando se propagam, encontram um obstáculo, o muro do tanque por exemplo, voltam para trás com o mesmo aspecto e velocidade.

E, finalmente, quanto mais distantes do ponto inicial estiverem essas ondulações ou círculos concêntricos, menos visíveis se tornam até que se ex-

tinguem. Vê-se, portanto, que a agitação da água assim produzida vai-se propagando em tôda a sua superfície durante um certo tempo, em que percorre uma determinada distância, tanto maior quanto mais considerável é o choque produzido no ponto inicial, mas sem aumentar de velocidade, se a água tem tôda a mesma densidade.

Ora o que acontece na água com o choque de uma pedra, succede no ar com a vibração sonora de um corpo. Essa vibração propaga-se em ondulações através do ar, a qual transmite essas vibrações a distâncias maiores ou menores, conforme a intensidade do movimento vibratório.

196 — **Transmissão do som ao ouvido.** — Para que o ouvido sinta um som é preciso que as vibrações do corpo sonoro lhe sejam transmitidas por meio de um corpo elástico, que estabeleça a comunicação entre o ouvido e o corpo sonoro. Os sons não se propagam no vácuo. O ar é geralmente o corpo que nos transmite os sons, pela sua grande elasticidade e por se achar em contacto com todos os corpos.

197 — **Movimento vibratório dos corpos sonoros.** — Para haver som, é preciso que os corpos que o produzem tenham movimento vibratório. Para o observar bastam algumas experiências fáceis de fazer. Fazendo vibrar um diapasão *BC*, *fig. 193*, dos que se usam para afinar pianos, os seus ramos vibram e essas vibrações comunicam-se a uma bola *D* pendurada num fio, no ponto *A*, a qual é logo projectada a distância para o ponto *E*, tôdas as vezes que toca o diapasão e enquanto êste vibra. Logo que cessa a vibração a bola deixa de se agitar.

Tocando-se num copo de vidro, e pondo-se-lhe a mão em cima, sente-se uma pequena impressão re-

sultante do movimento vibratório do vidro, movimento que termina logo.

O diapasão da *fig. 193*, modificado, pode servir para verificar o número de vibrações completas.

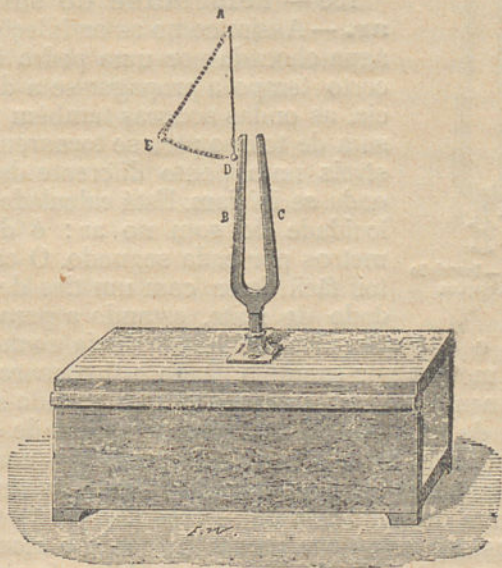


Fig. 193 — Diapasão

Para isso adapta-se a uma das hastes do diapasão um estilete, *fig. 194*, que fica em contacto com uma placa de cartão *P* coberta de negro de fumo. Quando o diapasão vibra, as suas vibrações fazem com que o estilete risque no negro de fumo, produzindo-se uma série de traços na placa que, por um movimento recebido de um mecanismo de relojoaria, vai subindo. Supondo que se contou por um cronómetro um segundo, examinando depois com uma lupa o número de traços feitos nêsse se-

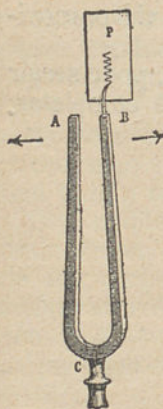


Fig. 194 — Inscrição de vibrações

gundo, temos o número de vibrações. Nas cordas de uma guitarra ou viola as vibrações são bem visíveis.

### 198 — Velocidade do som no ar.

— Assim como as ondulações da água chocada por uma pedra levam certo tempo a propagar-se a distância, as ondas sonoras também precisam de tempo para se tornarem sensíveis num ponto diferente daquele onde se iniciam. Está calculada a velocidade do som no ar: é de 340 metros por cada segundo. O cálculo foi fácil fazer com um tiro de peça dado de noite, estando a peça num ponto e o observador a uma distância conhecida, 3400 metros por exemplo. Dado o tiro, marcou-se o momento em que começou o som quando se viu a luz da explosão. A luz tem tal velocidade que à superfície da terra e entre pontos visíveis considera-se instantânea, o que significa que foi vista exatamente no momento de se produzir. Contaram-se pois os segundos que passaram desde o momento em que a luz do tiro foi vista, até àquele em que se viu o som, e dividiu-se a distância pelo número de segundos.

### 199 — Propagação e velocidade do som nos outros corpos.

— O som propaga-se em todos os sentidos, como a luz, e também se propaga através de todos os outros corpos, quer sejam sólidos, líquidos ou gasosos, e até com diferente velocidade, esta maior nos corpos sólidos do que nos outros. Aplicando bem o ouvido no extremo de uma vara muito comprida, ouve-se o raspar com a unha feito na outra extremidade; colando o ouvido

a um carril de caminho de ferro ouve-se o ruído do combóio, que marcha às vezes a tão grande distância que, sem êste expediente, não se ouviria; applicando o ouvido no chão ouve-se o troar da artilharia, que dispara a tão grande distância que não se ouve de outra maneira; e finalmente, num rio ou num lago, se applicarmos o ouvido à superfície da água, ouve-se o bater dos remos ou da hélice das embarcações que ainda veem muito longe.

A velocidade do som na água é de 1435 metros por segundo, e através do ferro é de 3570 metros, isto é: mais de dez vezes mais rápida do que através do ar.

200 — **Cornetas e tubos acústicos.** — Quando se quere ouvir melhor, costuma-se pôr a mão um pouco fechada na orelha. O som, fazendo vibrar a palma da mão, aumenta de intensidade. As pessoas de pouco ouvido usam cornetas acústicas de metal, que se introduzem no ouvido. O som, entrando pela parte mais larga da corneta, transmite as suas vibrações às camadas metálicas mais estreitas, ganhando essas vibrações, portanto, maior intensidade vibratória e chegando por isso reforçadas ao ouvido.

No porta-voz, o som é produzido na camada de ar limitada no tubo e por isso não se perde no ar que nos rodeia, ficando assim muito mais forte e transmitindo-se para a frente já com muito maior intensidade, e sendo portanto susceptível de chegar a maiores distâncias.

O som em espaços fechados é susceptível de chegar a distâncias consideráveis. Por isso duas pessoas colocadas, uma em cada extremo de um tubo de metal, de quilómetros de comprimento, podem conversar em voz baixa. Efectivamente o som assim produzido não se perde no ar exterior; comunica

as suas vibrações só ao ar que está dentro do tubo, e por essa forma vai a enormes distâncias. Uma aplicação dêste facto é a dos tubos porta-vozes, usados nos grandes estabelecimentos, para transmitir ordens de umas casas para outras distantes.

**201 — Reflexão do som — eco — ressonância.** — Exactamente como as ondulações produzidas por choque numa superfície líquida e que, encontrando um obstáculo, voltam para trás, isto é, reflectem-se, assim as ondas sonoras se reflectem quando encontram um obstáculo ao seu seguimento. Daí provém o eco e a ressonância.

O eco é o som repetido e nítido do som primitivo, que volta depois de bater um obstáculo, tal como uma parede, um rochedo, uma colina, etc.

Se uma palavra leva um segundo a pronunciar e dois segundos a percorrer a distância que vai da pessoa que a pronuncia a um muro fronteiro, pouco depois, isto é, ao fim de 4 segundos, ouve-se o eco; de modo que, quanto maior fôr a distância, maior é a palavra ou conjunto de palavras que se podem repetir no eco.

Se porém a distância fôr tal que a sílaba ou palavra leve mais tempo a pronunciar do que a percorrer a distância de ida e volta, então os sons primitivos e do eco serão quasi simultâneos e perder-se-á a nitidez, produzindo-se a ressonância.

É bem conhecido o lugar de Seteais, em Sintra, assim chamado porque o eco ali repete sete vezes a palavra ai; perto de Coimbra há um ponto no campo, onde o eco repete uma frase de onze sílabas.

Pelo cálculo pode saber-se a que distância devemos estar de uma parede ou muro, a fim de produzir o eco de uma, duas ou mais sílabas. Para uma só sílaba, a distância é de 17 metros; e multiplica-

remos aquele número por 2, 3, 4, etc., conforme desejarmos produzir o eco ou reprodução pela reflexão, de 2, 3, 4, etc., sílabas.

**202 — Notas de música.** — As notas de música da escala são sete, cada uma das quais corresponde a um certo número de vibrações :

NOTAS: Dó Ré Mi Fá Sol . Lá Si

VIBRAÇÕES: 522 587 652 696 783 870 978

Multiplicando por 2 cada um destes números, temos as oitavas acima. Além daquelas notas ou tons há as notas intermédias ou meios tons. O quociente da divisão do número de vibrações de uma nota pelas vibrações da nota antecedente, chama-se *intervalo*.

Os sons de poucas vibrações chamam-se *graves*; e os de muitas vibrações são *agudos*.

**203 — Instrumentos de música.** — Há duas categorias: os instrumentos de corda e os instrumentos de vento. Pertencem aos primeiros, as violas, as guitarras, os bandolins, as rabecas, os violoncelos, o rabecão, etc. Aos segundos pertencem as cornetas de tôdas as espécies, os clarinetes, as flautas, etc.

Os instrumentos que não pertencem a estas duas categorias chamam-se, geralmente, de *pancadaria*, tais como os tambores, o bombo, os timbales, os ferrinhos, as castanholas, etc. Os sinos são chamados instrumentos de revolução, porque em geral tocam voltando-se no ar.

Nos instrumentos de vento entra em vibração, não só o próprio instrumento ou parte dêle, como também e principalmente o ar. É o que sucede na flauta. Noutros, o ar faz vibrar uma palheta, como sucede no clarinete, e em todos os instrumentos

de palheta, como são os órgãos, as gaitas de folles, etc.

Os líquidos também vibram produzindo sons, como succede nas torneiras de água.

#### 204 — Nós de vibração e linhas nodais.—

Quando um corpo vibra produzindo som, não tem essa vibração em tôda a sua massa. Há certos pontos dêsse corpo que não vibram. Esses pontos chamam-se *nós de vibração*. De cada lado de um nó

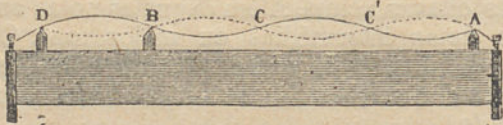


Fig. 195 — Movimento vibratório

as vibrações são em sentido inverso. Suponhamos uma corda tensa  $A D$ , *fig. 195*.

Dividindo-a por um cavalete em um ponto  $B$ , de modo que seja  $A B = 3 D B$ , e colocando fragmentos de papel em  $C$  e  $C'$ , quando se faz vibrar a corda com um arco de rabeca, vê-se que tôda ela vibra menos nos pontos  $C$  e  $C'$ , por isso que os fragmentos de papel ali colocados não saltam. Outros fragmentos de papel que se coloquem fora daqueles pontos são projectados para fora da corda. Cada parte da corda compreendida entre dois nós emite o seu som especial.

Se fixarmos uma placa de metal pelo centro e a friccionarmos com um arco de rabeca, *fig. 196*, tendo prèviamente deitado sôbre a placa uma porção de areia, vemos esta acumular-se em diferentes linhas, desenhando certas figuras geométricas (*figuras acústicas*). Quere isso dizer que nessas li-



nhas a placa não vibra. Essas linhas chamam-se *linhas nodais*.

Quando a vibração sonora de um corpo não produz nota ou tom, chama-se ruído ou sussurro. É uma série de vibrações irregulares, sem relação simples entre si, como são os ruídos do mar, do trovão, etc.

A produção simultânea de sons musicais constitui os acordes, dos quais o mais simples é o produzido por notas iguais, isto é *unisonos*; depois seguem-se-lhe as oitavas, e finalmente as *terceiras*, *quartas*, e *quintas*.

A voz humana, produzida pelas vibrações da laringe na passagem do ar dos pulmões, constitui o instrumento de música mais perfeito. A laringe não produz só um som, mas sim vários sons que, combinados e muito variados, dão origem ao que nós chamamos *timbre*. Cada indivíduo tem o seu *timbre* especial, e daí o facto muito vulgar de se conhecerem os indivíduos pela voz.

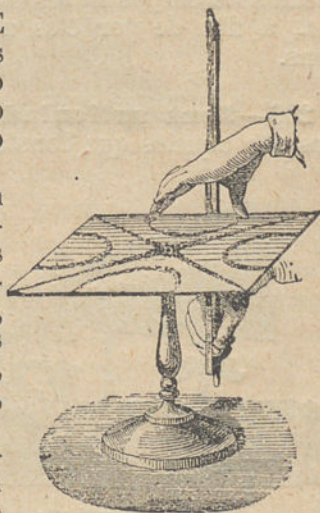


Fig. 196 — Figuras acústicas (vibrações)

205 — **Sonoridade dos edifícios.** — Os edifícios destinados a concertos musicais, devem ser construídos por modo que as salas destinadas à música não sejam muito extensas, a fim de evitar as ressonâncias, e devem ter a forma elíptica, cónica ou parabólica, para que, colocados os instrumentos nos focos, sejam reforçados os sons, de-

viendo além disso nesses pontos haver caixa de ar para esses sons serem ainda mais reforçados.

Finalmente, não deve haver nessas salas revestimentos de corpos moles, como reposteiros, tapetes, etc., a fim de por êles não serem absorvidos os sons.

206 — **Sons articulados.** — Os sons articulados são aqueles que constroem a palavra humana.

Esses sons são muito complexos, podendo ser rigorosamente musicais ou não. Para articular os sons formados pela vibração das cordas vocais da *laringe* concorrem sobretudo os lábios, a língua e os dentes, motivo por que

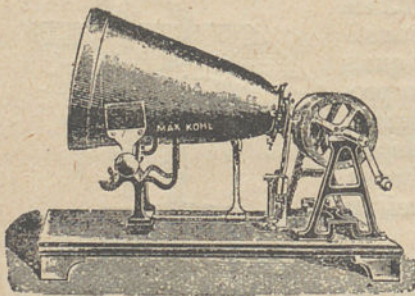


Fig. 197 — Fonautógrafo

se fez em tempos a divisão dos sons articulados em *labiais*, *dentais* e *linguais*, acrescentando-se-lhes os *guturais*, para os quais concorria especialmente a garganta.

O estudo da palavra articulada e da sua decomposição nos sons que a constituem tornou-se possível depois da descoberta do *fonautógrafo*, de Léon Scott (França), e do *fonógrafo* de Tomás A. Edison (América).

O primeiro dêstes aparelhos, *fig. 197*, consiste, em resumo, num grande bocal evasado, onde se fala ou junto do qual se produzem sons, obturado na sua menor abertura por uma membrana adaptada por intermédio de uma pequena mola circular a um estilete diante do qual gira um grosso cilindro

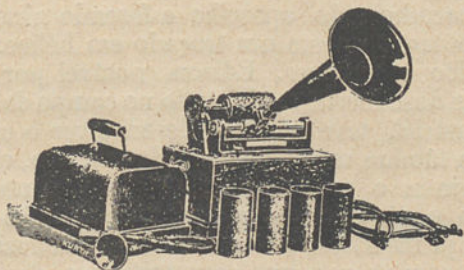


Fig. 198 — Fonógrafo reproduzor

revestido de negro de fumo. O eixo dêsse cilindro é um parafuso que vai, portanto, deslocando transversalmente o cilindro perante o estilete. Falando



Fig. 199 — Gramofone do tipo corrente

na embocadura do aparelho e fazendo girar o cilindro, obtem-se neste um traçado em hélice.

O físico americano, Edison, notável por varia-díssimas descobertas, sobretudo no campo da sciên-cia industrial, teve a ideia de envolver o cilindro em uma lâmina muito delgada de estanho, em que se imprimiu o gráfico da vibração. Levantando o ponteiro e obrigando-o a percorrer de novo as vi-brações já inscritas, a voz ou o som produzido re-petia-se com as mesmas caracterfsticas, desde que o aparêlho girasse com idêntica velocidade, *fig. 198*.

Modernamente empregam-se cilindros de car-naúba (resina especial), em que o gráfico se imprime com muita nitidez e que servem para um grande número de audições.

O fonógrafo tem hoje um larguíssimo emprêgo.

Nos melhores aparelhos o funcionamento é feito por electricidade.

O *gramofone*, *fig. 199*, funda-se nos mesmos princípios ; apenas a inscrição é feita em espiral num disco de massa plástica endurecida. Este apa-rêlho está hoje ainda mais vulgarizado do que o fonógrafo.

## CAPÍTULO XII

### Electricidade e magnetismo

207 — **Natureza da electricidade.** — É a electricidade uma manifestação física cuja natureza se desconhece, mas que produz os mais variados efeitos, tais como: atracções, repulsões, calor, luz, magnetismo, acções fisiológicas, combinações e decomposições químicas, etc. Parece entretanto que é o resultado de um especial movimento vibratório das moléculas do éter, que se condensa e dilata através da massa dos corpos. Na acepção mais lata da palavra, *electricidade* é uma energia, e chama-se *éter* à substância ou matéria muito elástica que se supõe existir espalhada no universo.

208 — **Electricidade produzida pela fricção de certos corpos.** — A fricção dos corpos, uns nos outros, produz o desenvolvimento do calor, mas em determinados casos produz também electricidade, a qual se manifesta por atracções e repulsões à superfície d'esses corpos. Assim, se friccionarmos um pau de lacre, uma haste de vidro ou um pedaço de resina com um pano de lã, essas substâncias adquirem logo a propriedade de atrair corpos leves, como pedacinhos de palha ou papel de sêda, barbas de penas de ave, etc. Se, em tempo muito sêco, aquecermos ao fogo uma tira de papel ordinário e depois o friccionarmos sôbre o joelho, essa tira adquire propriedades eléctricas; atrai cor-

pos leves, atrai os cabelos quando se aproxima da cabeça, produz na pele a impressão ligeira de comichão quando dela se aproxima, e à aproximação de um dedo produz uma faísca acompanhada de um pequeno estalido e de um clarão fosforescente.

**209 — Espécies de electricidade. — Pêndulo eléctrico.** — Há duas espécies de electricidade: *electricidade positiva* e *electricidade negativa*. A combinação das duas é a electricidade no estado neutro, que existe em todos os corpos. A positiva é semelhante à produzida pela fricção do vidro e também se chama *vitrea*; e a negativa é semelhante à produzida pela fricção da resina e também se chama *resinosa*. A electricidade neutra nunca se manifesta; mas logo que os corpos são friccionados ou são submetidos a qualquer acção especial, a sua electricidade neutra decompõe-se em duas electricidades, positiva e negativa, que se separam, parece que em partes perfeitamente iguais.

Quando estão em presença electricidades do mesmo nome (ou positivas ou negativas), elas repelem-se sempre; mas se têm nomes diferentes, *positiva* e *negativa*, atraem-se.

Além disso, quando a electricidade neutra é decomposta em duas, a tendência das duas electricidades é para se unirem e recomporem, voltando ao estado neutro. E tôdas as manifestações eléctricas são por assim dizer originadas nessa tendência, que muitas vezes se faz com uma extraordinária violência, como acontece com as descargas eléctricas das trovoadas.

A verificação da existência das duas espécies de electricidade faz-se por meio do pêndulo eléctrico. Consta de uma haste de vidro, curva na parte superior, *fig. 200*, tendo no extremo um fio de sêda ao qual está prêsa inferiormente uma bola de sabugo *A*. Além disso, há uma outra haste de vidro

que, sendo friccionada, fica com a sua electricidade neutra decomposta em duas, ficando a positiva à superfície. Esta electricidade positiva atrai a bola de sabugo, a qual toca na haste de vidro; mas logo que tal succede a bola é repelida, porque, tendo tomado uma parte de electricidade positiva da haste de vidro, ficam esta e a bola com electricidades do mesmo nome, e então a bola é repelida. Se agora esfregarmos um bocado de resina, a sua electricidade neutra decompõe-se em duas, positiva e negativa, ficando esta à superfície; aproximando então a resina da bola de sabugo, como esta tem electricidade positiva, que tomou do vidro, e a resina a tem negativa, a bola é atraída.

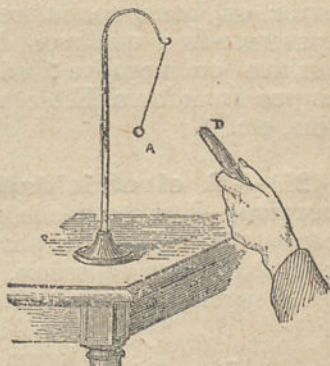


Fig. 200 — Pêndulo isolado

**210 — Corpos bons condutores e maus condutores.** — Assim como os corpos são bons ou maus condutores do calor, assim o são também da electricidade. Há corpos que, friccionados, decompõem a sua electricidade neutra, mas logo a deixam escoar através da sua massa para os outros corpos com que estão em contacto, de modo que nunca a sua electricidade se manifesta; são estes os corpos bons condutores.

Outros há que, decomposta a sua electricidade, conservam as duas separadas sem se escoarem; são os corpos maus condutores. Os metais, o carvão, a água, os vegetais, os animais, o ar húmido, o solo, são corpos bons condutores. O vidro, a re-

sina, a porcelana, a goma laca, a sêda, o ar sêco, o papel, etc., são maus condutores.

Os corpos muito maus condutores servem para isolar os bons condutores quando se pretende conservar-lhes qualquer das duas electricidades, positiva ou negativa; são chamados por isso *corpos isoladores*. Estão nêste caso o vidro, a resina, etc.

**211 — A electricidade à superfície dos corpos.**—A electricidade, quando decomposta num corpo, não se espalha por tôda a sua massa, mas vem tôda a sua superfície.

As seguintes experiências o demonstram :

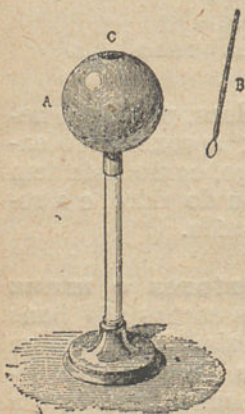


Fig. 201 — Esfera e pêndulo

a) Electrize-se por qualquer forma a esfera de metal, ôca, *A B, fig. 201*, que está isolada por uma haste de vidro a que se acha ligada; e depois toque-se-lhe na superfície exterior com um disco de metal montado num cabo isolador de vidro *B*.

Êsse disco tomou um pouco da electricidade da esfera, e tanto assim que, se o aproximarmos do pêndulo eléctrico, atrai a bola de sabugo.

Se porém tocarmos com o disco a parte interior da esfera, introduzindo-o pelo orifício *C*, já não atrai a bola de sabugo, o que prova que no interior da esfera não havia electricidade.

b) Suponhamos outra esfera isolada, *fig. 202*, e electrizêmo-la. Se depois aproximarmos da esfera dois hemisférios de metal *B B'*, ôcos e isolados por cabos de vidro, fechando a esfera isolada dentro dêles, êsses dois hemisférios electrizam-se com a



electricidade da esfera, e esta fica sem electricidade alguma, o que se verifica pelo pêndulo eléctrico.

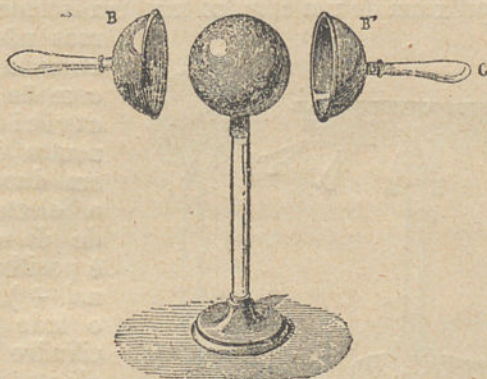


Fig. 202 — Esfera e hemisfério

Prova-se assim que tôda a electricidade da esfera estava à sua superfície.

212 — **Poder das pontas.** — Quando o corpo é esférico a sua electricidade espalha-se igualmente em tôda a superfície. Mas se tem formas diversas, a electricidade acumula-se sempre de preferência nas partes mais estreitas, depois nas arestas e por fim nas pontas. Num corpo em forma de ovo, vai de preferência para a parte mais estreita; num cubo, para as arestas e cantos; e numa pirâmide, vai para o vértice, e então a electricidade não se mantém à superfície, mas esgota-se pela ponta, e tanto mais facilmente quanto mais aguda ela é. É a isso que se chama *o poder das pontas*, o qual tem diversas applicações, entre elas a do pára-raios.

213 — **Electricidade por influênciã.** — Um corpo electrizado decompõe a electricidade de um

outro corpo por influência, isto é: sem contacto, estando o segundo a uma certa distância dêle.

Uma esfera isolada e electrizada *A*, *fig. 203*, es-

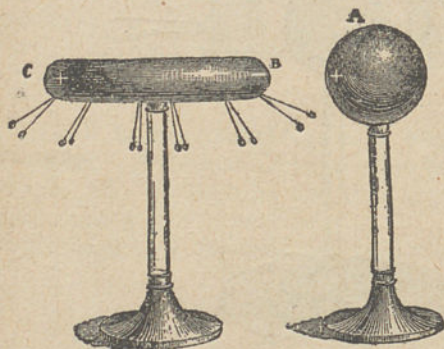
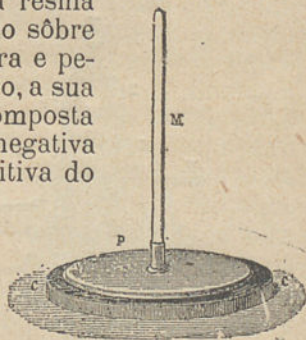


Fig. 203 — Esfera electrizada

mas não electrizado, decompõe a electricidade neutra dêste em duas. Se a electricidade da esfera é positiva (sinal +), para o lado *B* do cilindro vem electricidade negativa (sinal -), e para o lado *C* vai a positiva, o que se conhece pelas bolas de sabugo penduradas por fios de linho, que é bom condutor, do cilindro *BC*, as quais são atraídas, para a esfera, as do lado *B*, e repelidas para o lado oposto, as do lado *C*. Logo que a esfera *A* se afasta, as bolas de sabugo ficam verticais, o que prova que as electricidades do cilindro *CB* se combinaram, voltando ao estado neutro. Querendo conservar ao cilindro *CB* a electricidade (negativa, neste caso) sem estar próximo a esfera, toca-se com um dedo em qualquer ponto dêsse cilindro, e então a electricidade positiva, do mesmo nome da da esfera, e que está sendo constantemente repelida, escôa-se pelo corpo da pessoa que o toca, e lá fica a electricidade negativa; mas esta ao fim de certo tempo também se escôa para a atmosfera.

214 — **Electróforo.** — É um aparelho simples para produzir electricidade. Consta de um disco de

resina  $C C'$ , *fig. 204*, e de um prato de madeira  $P$ , coberto com uma toalha de estanho, e tendo um cabo de vidro  $M$ . Friccionando o disco de resina, a sua electricidade decompõe-se, e à superfície fica electricidade negativa (resinosa) que não se escôa porque a resina é má condutora. Aplicando sôbre o disco o prato de madeira e pegando-lhe pelo cabo de vidro, a sua electricidade neutra é decomposta em duas pela electricidade negativa do disco, que atrai a positiva do prato para o lado inferior dêste, repelindo a negativa para a parte superior. Tirando agora o prato de cima do disco, as duas electricidades recompõem-se e voltam ao estado neutro. Mas se, antes de tirar o prato, o tocarmos primeiro com o dedo, a sua electricidade negativa, que é constantemente repelida pela negativa do disco, acha por onde se escoar, e desaparece através da pessoa que tocou o prato, e neste fica só a electricidade positiva. Pode então levantar-se o prato, e, aproximando novamente o dedo, vê-se saltar uma faísca. Querendo carregar novamente o prato, basta pô-lo agora sôbre o disco sem esfregar êste, e colocar o dedo no prato nessa ocasião.



*Fig. 204* — Electrôforo

**215 — Máquina eléctrica ordinária.** — Serve também para produzir electricidade, e é constituída por três peças principais, *fig. 205*.

Sôbre uma mesa estão assentes em colunas de vidro os cilindros metálicos  $A A'$  terminados por esferas; um disco de vidro, cujo eixo  $D$  assenta no suporte  $B B'$ , é movido pela manivela  $E$ , e é

apertado nas almofadas *e e'*. Os cilindros *A A'* têm do lado do disco, e abraçando êste, duas peças curvas *b e b'* terminadas em pontas voltadas para o disco. Fazendo girar êste, a sua fricção desenvolve

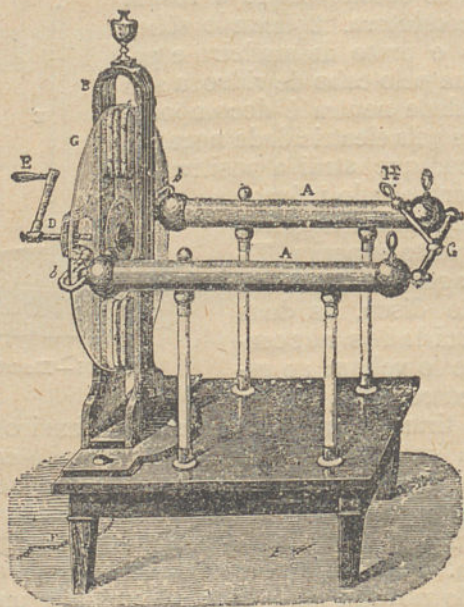


Fig. 205 — Máquina eléctrica — Disco de vidro

electricidade positiva (vítrea) que pelas pontas *b e b'* se vai acumulando nos cilindros *A A'*, enquanto a sua electricidade positiva se escôa pelo suporte para o solo, facilitando-se êsse escoamento pela cadeia *F*. Podem depois tirar se faiscas dos cilindros aproximando-se o dedo. Para esta máquina funcionar bem precisa de estar sempre bem sêca e não haver humidade na atmosfera que a rodeia

*Experiências diversas com a máquina eléctrica.*

— Pode fazer-se um grande número de experiências com a máquina eléctrica, fundadas tôdas no mesmo princípio, a *atração das electricidades de nome contrário e a repulsão das do mesmo nome: a dança de figuras de sabugueiro* entre dois condutores, um em comunicação com a máquina, outro com a terra; o *torniquete eléctrico* tomando movimento de rotação, pela electricidade da máquina, que lhe é comunicada, e que, esgotando-se pelas pontas, é repelida pelo ar electrizado; o *carrilhão eléctrico*, composto de três timbres, suspensos de uma haste metálica comunicando com a máquina, sendo suspenso por um fio de retrós e por cadeias metálicas, que comunicam com a terra. Entre os timbres estão bolas metálicas, suspensas também por fios de retrós, e que tocam pelas atrações e repulsões que sôbre elas exercem os mesmos timbres, etc.

216.—**Garrafa de Leyde.** — Querendo acumular a electricidade estática, e transportá-la a qualquer ponto, emprega-se a garrafa de *Leyde*, que consta de um frasco de vidro *CC*, *fig. 206*, cheio de fôlhas de ouro *A* e forrado por fora até à altura de  $\frac{3}{4}$  por uma fôlha de estanho *BB*, e atravessado na sua rôlha por uma haste metálica *A*, curva em cima e terminando por uma esfera, e na parte inferior terminada em ponta. As fôlhas de ouro constituem a *armadura interior*, e a fôlha de estanho que a forra é a *armadura exterior*. O gargalo é vedado por goma laca. Pendurando a garrafa pelo seu gancho metálico num dos cilindros da máquina eléctrica e fazendo funcionar esta, a electricidade positiva dos cilindros passa para as fôlhas de ouro.

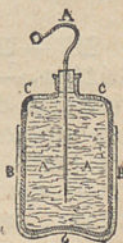


Fig. 206  
Corte da garrafa  
de Leyde

Tirando a garrafa, lá se conserva a electricidade positiva sem se escoar pelo ar nem pela mão do operador, que só pega na garrafa pela armadura exterior; e não se escôa pelo ar porque todo o trabalho de electricidade das fôlhas de ouro consiste em decompor, através do vidro, a electricidade da armadura exterior, atraíndo a sua electricidade negativa.

Mas se se aproximar a esfera da haste da outra mão, vê-se logo produzir uma fâisca relativamente grande e um choque que pode ser considerável se a garrafa fôr grande e estiver muito carregada.

Um conjunto destas garrafas carregadas forma uma *bateria eléctrica*.

Colocando a garrafa sôbre um corpo isolado, um prato de vidro por exemplo, pode-se esgotar a pouco e pouco, aproximando o dedo alternadamente da haste de metal e da armadura exterior; de cada vez que isso se faz, salta uma pequena fâisca, até a garrafa se esgotar.

Os condensadores eléctricos são constituídos por duas armaduras e um isolador, que se chama *dieléctrico*.

**217 — Efeitos gerais da electricidade estática.** — O transporte do éter, produzido por diferenças de pressões, resultantes de se condensar em um corpo e rarefazer em outro, é acompanhado de luz e calor. Quando a tensão da electricidade pode vencer a resistênciã do ar, produz-se uma fâisca; nos diversos gâses a fâisca tem diversas côres; é tanto mais brilhante quanto maior é a tensão; segundo a natureza dos condutores, assim também varia a sua côr. Quando os gâses se acham rarefeitos, a fâisca não se produz e em seu lugar observa-se um jacto luminoso de côr variada, segundo a natureza do gâs. Colocando uma série de corpos condutores a pequena distância uns dos

outros, pode-se obter simultaneamente uma série de faíscas entre todos, produzindo-se uma espécie de scintilação; êste efeito obtem-se no tubo scintillante, no quadro mágico, etc. As faíscas produzem-se a tanto maior distância quanto maior é a tensão, e quanto menor é a pressão do gás interposto. O calor desenvolvido pela descarga eléctrica inflama o éter sulfúrico, incendeia a pólvora, funde e volatiliza os metais, etc.

Quando a descarga eléctrica se faz através de corpos maus condutores, a faísca pode furá-los ou arrastar consigo as partículas a distância; êstes efeitos mecânicos exigem grandes tensões e quantidades de electricidade. A descarga eléctrica, fazendo-se através dos corpos dos animais, produz grandes comoções e contracções musculares; quando a quantidade de electricidade é grande pode determinar a morte. Uma bateria de armaduras de 60 metros quadrados de superfície mata um boi.

A descarga eléctrica também produz efeitos químicos: combinações ou decomposições dos corpos através dos quais ela se faz. Introduzindo uma mistura de gases, oxigénio e hidrogénio, dentro de um vaso de fôlha, que se fecha com uma rôlha e que é atravessado por uma haste metálica isolada e terminada em bolas, aproximando a bola da máquina eléctrica a faísca que se produz interiormente promove a combinação dos gases, formando-se água no estado de vapor, cuja tensão faz expulsar a rôlha com estrondo. Tem êste pequeno aparelho o nome de *pistola de Volta*.

**218 — Indução estática.** — Já vimos que a electricidade estática desenvolve, nos corpos vizinhos, electricidade por indução ou influênciam. A máquina eléctrica ordinária de Ramsden é uma máquina de indução estática.

*Máquina de Wimshurt, fig. 207.* — É uma das

mais notáveis máquinas eléctricas de influência. Consta de dois discos *P* de ebonite, paralelos, com o mesmo eixo, girando em sentido inverso, por meio da manivela *M*, roldanas e cordões. Os discos têm perto da periferia numerosos sectores estreitos *b* de estanho. Nos extremos de um diâ-

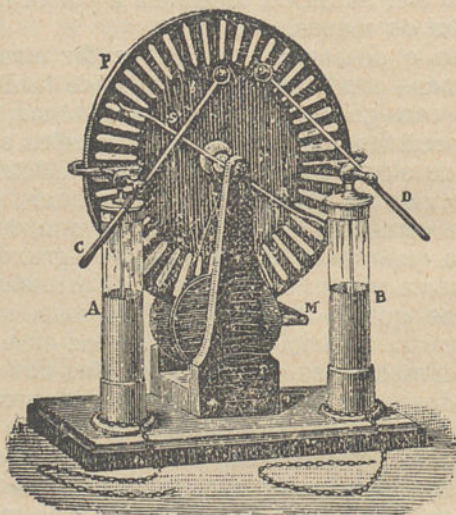


Fig. 207 - Máquina de Wimshurt

metro estão dois pentes metálicos, em ferradura, comunicando com os condutores terminados em bolas com cabos isoladores, *C D*. Dois condutores, um de cada lado, *S, R*, terminam por vassouras metálicas, que friccionam os sectores. Os condutores, *C D*, comunicam respectivamente com as armaduras internas das garrafas de Leyde *A, B*. Fazendo girar os discos, obtêm-se fortes faíscas entre as bolas dos condutores *C, D*.



Para explicar o funcionamento desta máquina, supõe-se que, pela acção da terra, os condutores *C*, *D* têm uma fraca quantidade de electricidades contrárias, que actuam por influência, ou indução, sobre as vassouras próximas, as quais friccionando os sectores os electrizam; e que estes, por influência, electrizam os pentes, reforçando assim os condutores *C*, *D*. E assim, sucessivamente, a máquina excitar-se-ia a si própria automaticamente.

219—**Electricidade atmosférica.**— A terra e a atmosfera contêm em si electricidade em quantidade inesgotável, e quando em ocasiões de trovoadas as nuvens correm fuzilando com formidáveis faíscas de nuvem para nuvem, ou destas para a terra, acompanhadas do estalar dos trovões. Passa-se então um fenómeno análogo ao que observamos na máquina eléctrica ordinária, na garrafa de Leyde ou no electróforo. A diferença está na grandeza extraordinária do fenómeno.

Em certas condições atmosféricas, a electricidade neutra decompõe-se nas duas, positiva e negativa, e nestas condições a sua tendência é recompor-se. Se duas nuvens com electricidades diferentes se aproximam, a energia eléctrica vence a distância e as duas electricidades reúnem-se produzindo uma faísca, que é o relâmpago. Como a faísca se produz em geral a muitas centenas de metros de altura e ela é extensa, o ruído produzido é prolongado pelos ecos diversos dêsse tiro nas paredes e colinas que o cercam e onde o ruído se reflecte.

Quando a nuvem passa sobre um edificio ou sobre uma árvore, decompõe por influência a electricidade neutra dêsse edificio ou dessa árvore. Uma das electricidades escôa-se pela terra; a outra acumula-se nas partes mais agudas do edificio ou árvore, e quando a tensão ou energia eléctrica com que as duas electricidades tendem a combinar-se é

superior ao esgotamento que lhe dá o edifício, ou árvore, produz-se uma fásca que pode ser fatal. As árvores são em geral destruídas, os edifícios danificados, e os animais que encontram na sua passagem podem ficar assombrados, feridos ou mortos.

Para proteger os edifícios contra um desastre dessa natureza, usam-se então os pára-raios, *fig. 208*, que são hastes terminadas superiormente por pontas e ligadas aos edifícios por meio de isoladores de porcelana, e comunicando com um pôço por meio dum cabo de cobre. Em virtude do poder das pontas, a electricidade do edifício munido de pára raios é decomposta pela nuvem e esgota-se facilmente; e mesmo que não lhe dê vasão, o que só succede com uma tensão eléctrica muito extraordinária, a fásca cai no pára-raios.

Em vista do exposto, é perigoso escolher abrigo debaixo das árvores ou pontos elevados, e isolados, em ocasião de trovoadas próximas. Quando a fásca cai próxima do observador, sente-se só

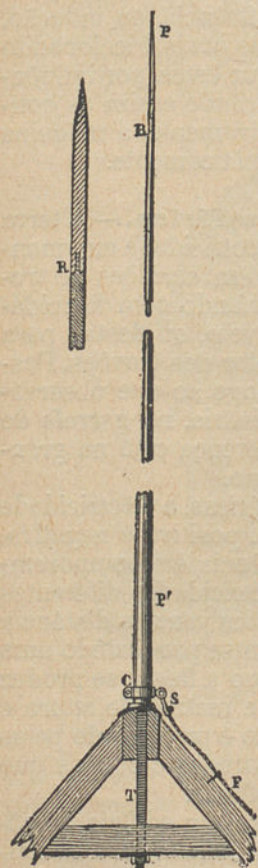


Fig. 208 — Pára raios

um estouro sêco, formidável, ao mesmo tempo que é visto o relâmpago. Quando cai longe, o trovão começa pelo estalido e segue depois ribombando,

com alternativas de intensidade, devida aos ecos produzidos.

Esta electricidade de que temos tratado e que se acumula à superfície dos corpos, chama-se *electricidade estática*.

Quando a electricidade está em movimento através da massa dos corpos, chama-se *electricidade dinâmica*.

**220 — Magnetismo.** — A natureza fornece-nos também uma substância que tem efeitos análogos aos electro-ímans, isto é, que atrai o ferro. São os *ímans naturais*, ou simplesmente *ímans*.

A propriedade magnética do íman natural é permanente, o que não acontece em geral com os electro-ímans, os quais só têm propriedades magnéticas enquanto passa a corrente eléctrica.

**221 — Íman artificial.** — Pode contudo dar-se a propriedade magnética permanente ao aço, formando o que se chama o *íman artificial*. Para isso introduz-se o objecto a magnetizar, uma barra de aço ou uma agulha, por exemplo, num tubo de vidro, *fig. 209*, e enrola-se sobre êste, em espiral, um fio de cobre que comunique com os polos de uma pilha; fazendo passar a corrente, ao fim de pouco tempo a barra ou agulha está magnetizada, o que se conhece aproximando-a de limalha de ferro; esta é atraída, dispondo-se além disso, e quer a barra seja direita ou de forma de ferradura, de modo que se acumula nos extremos, diminuindo rapidamente de quantidade para o centro, como se vê na *fig. 210*. Os extremos das barras chamam-se *polos de magnete*, e a linha onde não existe limalha chama-se *linha neutra*,



Fig. 209  
Magnetização  
(solenóide)

222 — **Agulha magnética.** — Esta circunstância da atracção magnética de uma agulha ou barra magnetizada se acumular nos extremos, é análoga

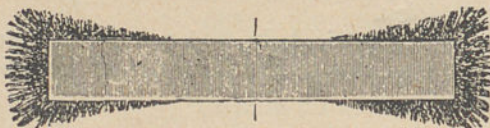


Fig. 210 — Magnete

à da electricidade positiva e negativa se acumular nos extremos do cilindro *CB* da *fig. 203*, o que vimos no parágrafo 213; portanto a magnetização não é mais do que a decomposição da electricidade

neutra da barra ou agulha, em positiva e negativa, que se repelem para os extremos.

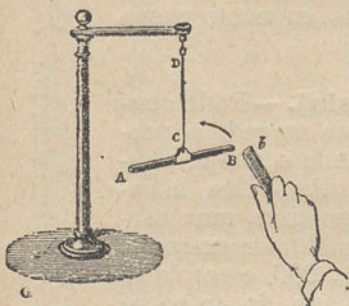


Fig. 211 — Agulha magnética

Suspendendo uma agulha ou barra magnética *AB* pelo seu centro, *fig. 211*, e por um fio *CD*, de modo que fique em repouso e bem equilibrada, e aproximando de um dos extremos o extre-

tremo de outra barra também magnetizada, vemos que a agulha suspensa é atraída, e é repelida se aproximamos a barra do outro extremo.

Os extremos que se atraem têm electricidade de nome oposto; e os que se repelem têm electricidade do mesmo nome.

Nota-se também que a barra ou agulha assim suspensa tem sempre o mesmo extremo para o norte, e daí se conclui que a terra é um grande

magnete, em cujos polos pròximamente existem isoladas electricidades *positiva* e *negativa*, uma no polo norte e outra no polo sul. A positiva atrai a negativa da agulha, e a negativa a positiva. Daí a origem da agulha magnética para marcar a direcção norte-sul, aproximadamente, à superfície da terra.

Sendo os dois polos da terra, um boreal, outro austral, o polo da agulha que está virado para o norte é o austral, porque é de nome oposto.

**223 — Bússola.** — É um importantíssimo instrumento que contém barras ou uma agulha magnética e que serve para orientar os navegantes a bordo dos navios e os viajantes ou exploradores em terra e no ar, indicando o rumo que devem seguir; efectivamente, conhecendo-se no alto mar ou no meio de uma floresta a direcção norte sul, pode-se depois dirigir o rumo ou o caminho na direcção que se deseja.

A *fig. 212* dá uma ideia da disposição da agulha *a b* sôbre um mostrador graduado, apoiando-se pelo centro num fulcro onde gira livremente.

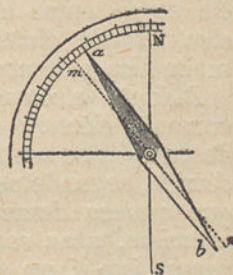


Fig. 212 — Bússola

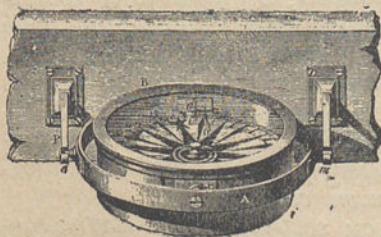


Fig. 213 — Bússola

Nas bússolas marítimas está invariavelmente ligado à agulha ou barra magnética um círculo de papel contendo a chamada rosa dos ventos, que assim fica sempre orientada, como a agu-

lha, sendo o traço fixo da caixa *d*, chamado *linha de fé*, que, girando com o navio, vai marcar na rosa dos ventos o rumo correspondente à prôa. O aparelho completo usado a bordo dos navios está representado na *fig. 213*, com uma suspensão apropriada para que a rosa dos ventos esteja sempre horizontal e não oscile com o balanço do navio.

**224 — Indução electro-estática, electro-dinâmica e electro-magnética.** — Assim se denomina, respectivamente, o fenómeno, conforme êle se dá entre electricidade estática por fricção, electricidade dinâmica por pilhas, e electricidade magnética pela acção da terra e dos magnetes.

*Indução electro-dinâmica.* — Quando passa uma corrente eléctrica na vizinhança de um condutor, desenvolve-se neste electricidade de *indução* ou *induzida*, segundo as seguintes leis: 1.<sup>a</sup> *Uma corrente que começa desenvolve, em um circuito condutor próximo, uma corrente induzida instantânea inversa, isto é, em sentido oposto;* 2.<sup>a</sup> *Uma corrente que acaba desenvolve uma corrente instantânea directa;* 3.<sup>a</sup> *Uma corrente cujo circuito se aproxima, ou cuja intensidade aumenta, desenvolve uma corrente inversa;* 4.<sup>a</sup> *Uma corrente que se afasta, ou cuja intensidade diminui, desenvolve uma corrente directa;* 5.<sup>a</sup> *Uma corrente continua e constante sempre à mesma distância não desenvolve correntes de indução;* 6.<sup>a</sup> *Quando os condutores em que se desenvolve electricidade de indução não formam circuitos fechados, não há correntes, mas sim acumulação de electricidades contrárias nos extremos do circuito, adquirindo extraordinária tensão, que se manifesta por faíscas, comoções, etc.; pode-se dizer que a electricidade dinâmica se transformou em estática.*

*Indução interior ou self-indução — Extra-correntes.* — Quando se interrompe bruscamente a

corrente de uma pilha em um circuito longo, desenvolve-se neste uma corrente de indução directa, que reforça a corrente principal ou indutora, e que se chama *extra-corrente directa*; quando se fecha o circuito desenvolve-se uma *extra-corrente inversa*, que enfraquece a corrente principal; estas correntes induzidas são instantâneas.

225 — **Pilhas.** — São aparelhos destinados a produzir electricidade dinâmica. A primeira pilha foi inventada por Volta, em 1800. O seu modelo mais vulgarizado, representa-no-lo a *fig. 214*.

Se a electricidade produz fenómenos químicos, êstes muitas vezes são acompanhados de produção de electricidade. É o que acontece sempre que um metal é atacado por um ácido.

Introduzindo uma lâmina de zinco num vaso de porcelana com água acidulada pelo ácido sulfúrico, o metal é logo atacado pelo ácido e corroído, e nesta ocasião a electricidade neutra é decomposta nas duas, positiva e negativa, indo esta para a lâmina de metal e a positiva para o líquido. Se introduzirmos então no líquido uma lâmina de cobre sem esta tocar na de zinco, como o cobre é bom condutor de electricidade, apodera-se da positiva que está no líquido. Enfileirando muitos vasos assim constituídos, e fazendo comunicar íntimamente a lâmina de cobre de um com a lâmina de zinco do vaso immediato, e todos na mesma dis-

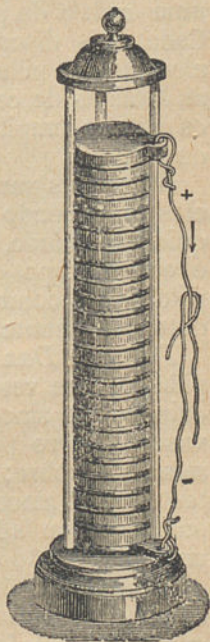


Fig. 214—Pilha de Volta

posição, sem inverter a ordem das lâminas, o aparelho assim constituído chama-se pilha de *Volta*. Na pilha de *Volta* a electricidade positiva vai, como vimos, para o cobre e a negativa para o zinco.

A última lâmina de zinco da pilha chama-se, pois, *polo negativo*, e é indicado com o sinal —, e a última lâmina de cobre chama-se *polo positivo*, e é indicado pelo sinal +.

A pilha primitiva de *Volta* era constituída por discos de zinco e discos de prata separados por uma rodela de pano embebida em água acidulada. Cada dois discos com a sua rodela constituía um *elemento* da pilha, assim como hoje cada vaso com as lâminas de cobre e zinco é um elemento. Foram os discos empilhados que deram origem ao nome de *pilha*.

Há muitas variedades de pilhas, mas quasi tôdas elas obedecendo ao mesmo princípio, isto é: um líquido acidulado, um metal atacado por êsse líquido, e outro corpo de natureza variável, não atacado pelo ácido, como cobre, carvão, etc., mas bom condutor de electricidade.

*Pilha de Daniell*. — Consta cada elemento desta pilha de um vaso de vidro, *fig. 215*, contendo um cilindro de zinco ôco, dentro do qual se acha um vaso de barro poroso, no qual se introduz uma lâmina de cobre; dentro do vaso de vidro em contacto com o zinco deita-se água acidulada pelo ácido sulfúrico, ou só água, e no vaso poroso deita-se uma dissolução de sulfato de cobre.

Da acção do ácido sulfúrico sôbre o zinco resulta, como já dissemos, o sulfato de zinco e o gás hidrogénio; êste é levado pela corrente para dentro do vaso poroso, decompõe o sulfato de cobre, absorve o oxigénio para formar água, o cobre liberta-se e depõe-se sôbre a lâmina de cobre, e o ácido sulfúrico do sulfato passa pelos poros do vaso poroso e



vem substituir o do vaso exterior, mantendo-se assim constante a intensidade da corrente; como o hidrogénio é absorvido pelo sulfato de cobre, não

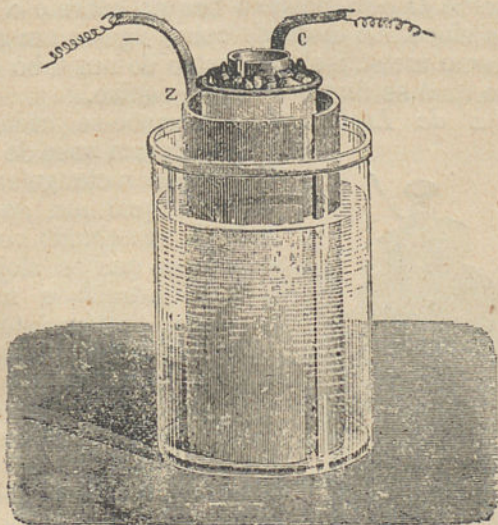


Fig. 215 — Pilha de Daniell

há polarização (1) nesta pilha. O polo positivo fica no cobre e o negativo no zinco.

*Pilha do Minotto.* — Compõe-se cada elemento de um copo de vidro, tendo no fundo um disco de cobre por cima do sulfato de cobre pulverizado; em seguida, areia em lugar de vaso poroso,

(1) Chama-se polarização ao enfraquecimento da corrente devido à formação de uma camada de hidrogénio em tôrno da lâmina positiva, aumentando assim a resistência à passagem da corrente no interior da pilha. Nesta pilha não há polarização porque o hidrogénio é eliminado.

e por cima uma espiral de zinco; deitando água no copo, desenvolve-se electricidade, adquirindo a corrente o máximo de intensidade no fim de três dias. As reacções desta pilha são as mesmas da pilha de Daniell. O polo positivo fica no cobre e o negativo no zinco. Ao disco de cobre liga-se um arame do mesmo metal, isolado dentro de um tubo de vidro, ao qual se fixa o reóforo positivo.

*Pilha de Léclanché.* — Compõe-se cada elemento de um vaso de vidro

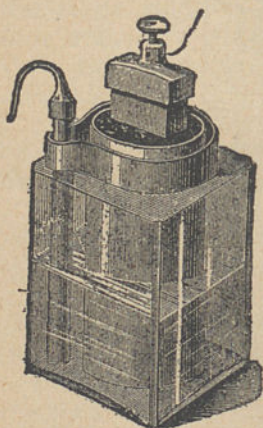


Fig. 216 — Pilha de Léclanché

de secção rectangular, *fig. 216*, no qual um dos ângulos é substituído por um canal em que se aloja um cilindro estreito e maciço de zinco; contém êste vaso uma dissolução de sal amoníaco e no vaso poroso está uma lâmina de carvão cercada de uma mistura de carvão e bióxido de manganés triturados. O polo positivo está no carvão e o negativo no zinco.

No vaso exterior forma-se cloreto de zinco e desenvolvem-se os gases amoníaco e hidrogénio; êste decompõe o bióxido de manganés no vaso poroso, formando-se água e sesquióxido de manganés, o que evita a polarização.

A acção química só se verifica quando o circuito está fechado.

Há outra pilha também muito adoptada; é a pilha de Búnsen, ou de carvão. Cada elemento desta pilha é constituído da seguinte maneira, *fig. 217*: vaso de grés com água acidulada; cilindro de zinco *Z*, que mergulha no líquido dentro do vaso *V*; um vaso de barro poroso *V'* contendo ácido azótico

(água forte) e colocado no interior do cilindro de zinco; finalmente, uma placa de carvão de retortas *C*, que é bom condutor de electricidade, e que se coloca dentro do vaso poroso. O vaso poroso e o ácido azótico tornam o desenvolvimento da electricidade mais regular. O polo positivo está no carvão e o negativo no zinco, como se vê indicado à esquerda da figura, onde está um elemento da pilha constituido.

A electricidade desenvolvida numa pilha pode

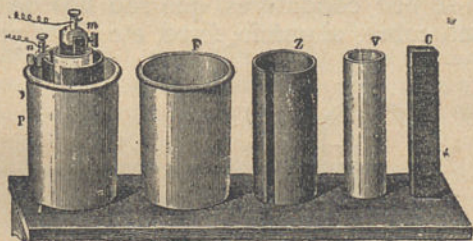


Fig. 217 — Pilha de Bunsen, desmontada

levar-se à distância a que se quere, ligando aos polos fios de cobre da extensão necessária. As duas electricidades correm então por êsses fios bons condutores, e se os seus extremos se aproximam, essas electricidades de nome contrário combinam-se vencendo a resistência do ar, e produzem uma fâsca; mas como a electricidade continua a desenvolver-se dentro do elemento enquanto neste houver ácido em contacto com o metal, produz-se uma corrente contínua se os fios estão em contacto.

*Reunião de muitos elementos de pilha.* — A tensão da corrente nas pilhas descritas é fraca; se porém reunirmos muitos elementos ligando, por meio de uma lâmina de cobre, o cobre de um elemento ao zinco do imediato, teremos nos extre-

mos livres o cobre do primeiro e zinco do último; os polos, positivo (+), e negativo (-).

Os fios que se fixam nos polos da pilha chamam-se *reóforos*. Quando se fazem comunicar os polos da pilha entre si por meio de reóforos, estabelece-se a corrente eléctrica; diz-se que *está fechado o circuito*. A corrente marcha no exterior do circuito do polo positivo para o negativo, e no interior da pilha do negativo para o positivo.

226 — **Corrente eléctrica.** — A electricidade propaga-se por condutores, que são fios de metal, tais como cobre, alumínio, ferro, etc. Esta proprie-

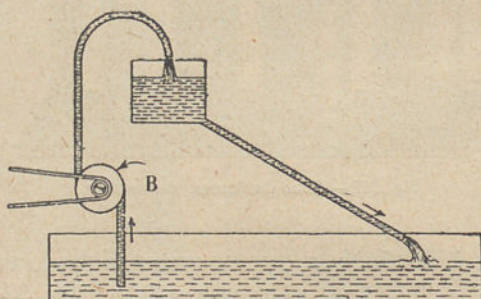


Fig. 218 — Esquema da circulação da água

dade da electricidade é conhecida pelo nome de *corrente eléctrica* e constitui o que se chama *electricidade dinâmica*. A corrente eléctrica pode ser produzida por reacções químicas (pilhas, acumuladores), pelo calor (pilha termo-eléctrica) e por efeitos mecânicos (dínamos, alternadores, magnetos, que são máquinas magneto-eléctricas).

A corrente eléctrica pode comparar-se, dentro de certos limites, a uma corrente de líquido. Na *fig. 218*, temos a bomba *B* que eleva a água contida no

tanque para um depósito, o qual por sua vez a remete para o tanque ; a água faz assim um circuito. A água quando sai da bomba tem uma grande pressão e por isso atinge a altura suficiente para cair dentro do depósito, realizando-se assim um certo trabalho.

A quantidade de água pode ser medida em quilogramas, que por sua vez representam trabalho dum certo número de quilogrâmetros que foi necessário empregar para a elevar até essa altura, *trabalho que essa mesma água pode restituir na sua queda.*

Também o débito, ou seja a quantidade de água transportada por segundo, pode ser expresso análogamente em quilogrâmetros por segundo, ou seja a potência necessária para efectuar êsse trabalho.

Assim, se tomarmos um dínamo (máquina geradora de corrente eléctrica contínua), e se dos dois polos dêste fecharmos um circuito constituído por dois cabos de cobre que, por sua vez, *vão alimentar um motor eléctrico* (máquina eléctrica que transforma energia eléctrica em mecânica), veremos que existe grande analogia entre as características da corrente de líquido e as da corrente eléctrica.

A pressão da água corresponde à diferença de nível eléctrico, ou melhor, *diferença de potencial*. Quando essa diferença de potencial é medida à saída da fonte geradora e em circuito aberto, tem o nome de *fôrça electro-motriz*.

*Volt.* — É a unidade de diferença de potencial, sendo medida com os aparelhos de medida chamados *Voltímetros*, dos quais a *fig. 219* nos dá exemplo.

A quantidade de água transportada tem analogia com a quantidade de electricidade, a qual tem como unidade o *Culômbio*.

A quantidade de água transportada por segundo

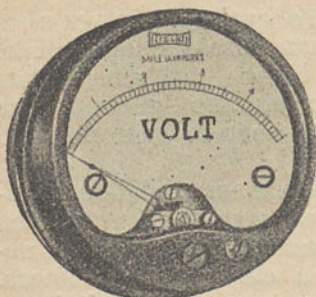


Fig. 219 — Voltmetro

tem um equivalente na corrente eléctrica, o qual se chama *Ampere*.

Se a quantidade de electricidade por segundo fôr um *culômbio*, diz-se que a intensidade de corrente é de um *ampere*, cujo número é medido pelo aparelho, *amperômetro*, que nos mostra a *fig. 220*.

*Ampere-hora* — Se tomarmos como unidade de tempo a hora, aparece-nos esta nova unidade de quantidade de electricidade, ou seja a quantidade de electricidade transportada em 1 hora por uma corrente que tem a intensidade de 1 *ampere*.

As unidades de tensão, ou potencial, e de intensidade foram estabelecidas de modo que

$$1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Ampere} = 1 \text{ Watt}$$

Se entre dois pontos dum circuito existir uma diferença de potencial igual a  $u$  volts e se a intensidade da corrente fôr  $i$  amperes, diremos que a potência desenvolvida é igual a  $u \times i$ .

*Watt* — É a unidade de potência. Quando uma corrente eléctrica desenvolve a potência de um *watt* durante

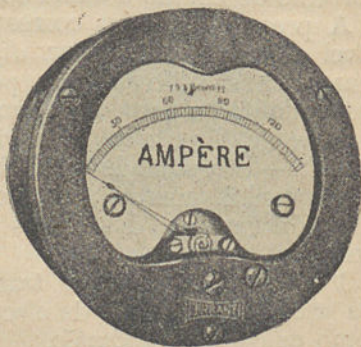


Fig. 220 — Amperômetro

uma hora, a energia dispendida durante êsse tempo tem o nome de *Watt-hora*, que se deve definir por o trabalho efectuado por uma corrente eléctrica, ou melhor, por uma máquina cuja potência é de um *watt*.

Há ainda outras unidades de medida, como são o *Quilo-watt*, que é igual a 1000 Watts ; e o *Quilo-watt-hora*, igual a 1000 *watt-hora*.

Os contadores da corrente eléctrica indicam o consumo da corrente e em *Watt-hora*, múltiplos e submúltiplos.

227 — **Resistência eléctrica.** — Assim como os canos oferecem uma certa dificuldade à passagem da corrente líquida, assim também os condutores da corrente eléctrica oferecem uma certa resistência à passagem desta. A unidade de resistência tem o nome de *ohm*.

*Ohm* é, pois, a resistência que um condutor oferece à passagem duma corrente eléctrica cuja diferença de potencial medida nos extremos do condutor é de 1 *volt* e cuja intensidade é de 1 *ampère*.

*Lei de Ohm* — A experiência diz-nos que, se applicarmos nas extremidades dum dado condutor successivas correntes eléctricas com diferença de potencial  $u'$   $u''$   $u'''$ , o condutor será percorrido por correntes de intensidades  $I'$   $I''$   $I'''$  tais que,

$$\frac{u'}{i'} = \frac{u''}{i''} = \frac{u'''}{i'''} = \text{constante}$$

Podemos anunciar a referida lei assim : *Se entre os extremos dum condutor percorrido por uma corrente de  $i$  amperes a diferença de potencial fôr de  $u$  volts, a resistência do condutor será de*

$$R = \frac{u}{i}$$

donde

$$i = \frac{R}{u}$$

228 — **Resistividade.** — A experiência diz-nos também que a resistência de um condutor é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional à sua secção.

A resistência de um condutor que tem o comprimento  $c$  e a secção,  $s$  é igual a

$$R = a \frac{c}{s}$$

onde  $a$  é uma constante e tem o nome de resistividade da substância que constitui o condutor. Esta constante é determinada para cada corpo e é expressa, em geral, em *micro-ohms centímetros*.

229 — **Lei de Joule.** — Se um condutor de resistência  $R$  *ohms* fôr atravessado por uma corrente de  $i$  amperes, aquece e o calor libertado equivale a

$$R i^2 \text{ joules por segundos}$$

ou

$$R i^2 \text{ watts}$$

Na prática convem pois que os condutores ofereçam uma resistência pequena. Para isso empregam-se metais que tenham pequena resistividade; por exemplo o cobre, e de grande diâmetro, a fim de evitar que os condutores aqueçam, o que, a dar-se, traz dois grandes inconvenientes: o de haver uma parte de energia dissipada em calor, que, é claro, não é aproveitada mas sim constitui perda; e o de surgir perigo de incêndio e de avaria na canalização.



230 — **Efeitos químicos.**—Pode decompor-se a água do seguinte modo: O fundo de um vaso de vidro, *fig. 221*, é atravessado pelos dois fios condutores, cujos extremos *o* e *h* são de platina; no vaso está água acidulada, e os dois polos dos fios condutores são cobertos pelos tubos *H* e *O*, cheios também de água acidulada. A água começa a decompor-se à passagem da corrente, indo o seu hidrogénio para o tubo do polo negativo e o oxigénio para o tubo do polo positivo.

As dissoluções salinas dos metais também se decompõem pela pilha, indo os metais (depois do sal decomposto) para o polo negativo e os outros elementos para o positivo. Esta particularidade da decomposição dos corpos compostos pela electricidade, foi muito estudada, podendo formar-se uma tabéla dos corpos elementares que vão

para os polos positivos das correntes e dos que vão para os polos negativos. E' sôbre esta separação particular que se funda a *galvanoplastia*, isto é, a arte de moldar metais para electricidade.

*Galvanoplastia.* — Querendo reproduzir ou moldar uma medalha pela pilha eléctrica, procede-se assim: suspende-se a medalha que se quiere reproduzir no fio negativo de uma pilha fraca, e uma lâmina de cobre no fio positivo, e mergulham-se quasi unidas, mas sem se tocarem, num vaso com uma dissolução de sal de cobre; logo em seguida a corrente eléctrica atravessando o líquido decompõe o sal de cobre da água, indo o cobre depositar-se sôbre a medalha, e formando uma película que vai engrossando e que ao fim de 24 horas é bastante grossa para se poder tirar, e onde ficaram



Fig. 221 — Voltâmetro

impressos nitidamente os desenhos da medalha ; repetindo a operação com esta película de cobre, que então substitui a verdadeira medalha, o cobre da dissolução vai cobrir a película sôbre a parte côncava, e tira-se outra película, mas em relêvo, e que é a reprodução fiel da primeira medalha.

*Dourar e pratear.* — Este processo de galvanoplastia serve também para dourar e pratear outros

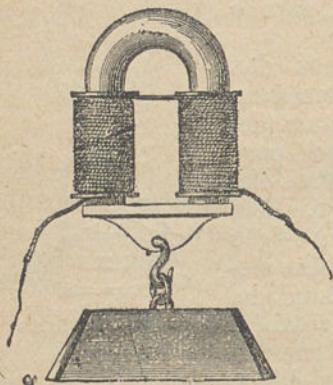


Fig. 222 — Electro iman

metais, adoptando-se as mesmas disposições. Põe-se o objecto a dourar ou pratear em frente de uma fôlha de ouro ou prata, ficando esta no polo positivo e o objecto no negativo ; passando a corrente, o ouro ou a prata cobre o objecto. Empregam-se líquidos condutores diferentes para cada operação.

*Electro-iman.* — Enrolando-se um fio de cobre envolvido em sêda num dos ramos de um ferro dobrado em ferradura, e depois de dar muitas voltas nêsse ramo passando-se ao outro, onde se enrola da mesma maneira, e deixando livres os extremos dêsses fios, temos construido um aparelho chamado *electro-iman*, mas que só adquire as suas propriedades especiais quando a corrente eléctrica passa através do fio de cobre. Para isso ligamos um dos extremos do fio com o polo positivo e o outro com o negativo de uma pilha. As duas electricidades caminham immediatamente uma para a outra através do fio e combinam-se ; mas como a acção da pilha é constante, também é constante a reacção de novas ele-

ctricidades, que igualmente caminham através do fio formando assim uma corrente eléctrica contínua. Ela não se transmite ao ferro em forma de ferradura porque o fio de cobre está envolvido em sêda, que é má condutora; mas as extremidades dêsse ferro adquirem a propriedade especial de atrair o ferro e com tanta maior energia quanto maior é a pilha e portanto mais forte a corrente. Essa propriedade só existe enquanto passa a corrente. O ferro que o electro-íman atrai e donde está suspenso um pêso, como se vê na *fig. 222*, chama-se *armadura*.

**231 — Telegrafia eléctrica.** — Conhecendo a propriedade especial que tem o electro-íman de atrair a armadura quando passa a corrente, e de

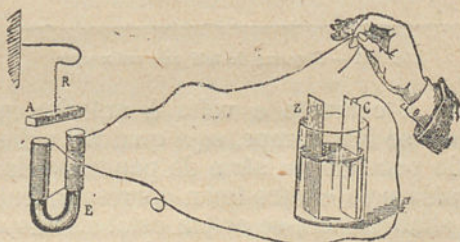


Fig. 223 — Pilha e electro-íman

largá-la quando esta cessa, é fácil compreender um aparelho de telegrafia. Para isso reduzamos êsse aparelho à sua expressão mais simples: de um lado o elemento de uma pilha, *fig. 223*, do outro o electro-íman *E*, e a armadura *A*, prêsa a um gancho por uma mola em espiral *R*. O fio de cobre tem os seus extremos nos polos *Z* e *C* da pilha, mas um dêles podemos nós separá-lo com a mão, e portanto estabelecer ou interromper a corrente à vontade.

Estabelecendo a corrente, o que se faz pondo o extremo do fio que se tem na mão em contacto

com o polo da pilha, a armadura *A* é atraída repentinamente, dando uma pancada no electro-íman; desligando o fio, a armadura puxada pela mola volta ao seu lugar.

A corrente eléctrica tem a velocidade de 300.000 km. por segundo, velocidade que se pode considerar instantânea, e por isso, fazendo esta operação às maiores distâncias possíveis, a armadura é atraída num ponto no mesmo instante em que se

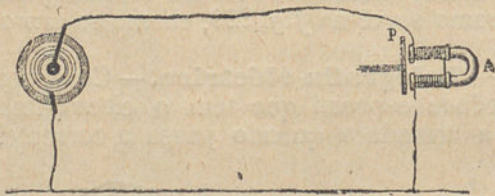


Fig. 224 — Esquema do telégrafo rudimentar

estabelece a corrente e volta à anterior posição quando ela se interrompe, seja qual fôr a distância.

Se cada pancada ou série de pancadas da armadura atraída pelo electro-íman corresponder a uma letra do alfabeto, tem-se assim estabelecido o meio de duas pessoas se corresponderem a qualquer distância, dispondo cada uma de um aparelho reduzido às proporções que descrevemos.

Foi esta a origem da telegrafia, que, de progresso em progresso, chegou à perfeição que hoje se conhece.

Nas estações telegráficas existe portanto uma pilha mais ou menos forte, um electro-íman e correspondente armadura, e o fio condutor, que devia ir a outra estação e voltar; mas como a terra é boa condutora de electricidade, um dos fios é substituído por ela, como vamos ver. Efectivamente, suponhamos o electro-íman de uma estação em *A*, *fig. 224*, e a pilha da outra estação no lado es-

querdo da figura. A corrente positiva vai pelo fio que está montado nos postes telegráficos, que todos conhecemos, e a corrente negativa vai por outro fio para a terra, para o que nela penetra até certa profundidade e em lugar húmido; na outra estação recebe-se no electro-íman o fio que vai pelos postes e que continua depois no outro extremo

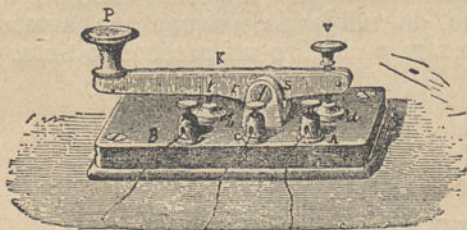


Fig. 225 — Manipulo para telegrafia Morse

que se prolonga até penetrar na terra em condições idênticas às da outra estação.

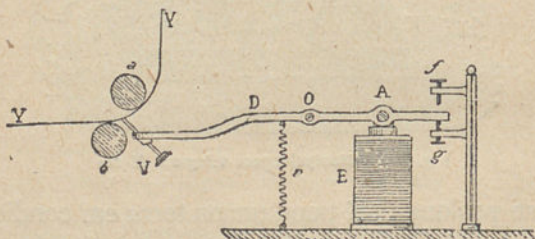
A terra é pois o resto do fio e fecha a corrente ou o *circuito*.

É claro que cada estação tem um aparelho completo para receber e transmitir os telegramas.

Mas as pancadas das armaduras fazem-se sobre uma fita que se vai desenrolando, e onde a armadura imprime uns riscos e pontos por meio de tinta, os quais constituem sinais correspondentes às letras do alfabeto.

No aparelho de *Morse* há um manipulador, *fig. 225*, fácil de compreender na própria figura. Carregando no manípulo *P*, a ponta *t* estabelece o contacto com o fio *B* vindo da outra estação e a corrente passa para o electro-íman que atrai a armadura. Aliviando o manípulo, a corrente deixa de passar. Para esse movimento o manipulador gira em um eixo *S* e está sempre levantado do lado de *P* por uma mola.

A armadura é uma alavanca  $D'O A$ , *fig. 226*, girando no eixo  $O$  e colocada em posição permanente pela mola  $r$ . O electro-íman  $E$ , quando passa a corrente, atrai o ramo  $O A$  da armadura e faz subir o ramo  $O D$ , cujo extremo prime a fita  $Y Y'$  contra o cilindro  $a$ , que por um canal interior faz chegar tinta à sua parte inferior. Como a fita tem movimento constante e uniforme dado por um maquinismo de relojoaria, enquanto a armadura a prime contra o cilindro vai recebendo tinta, produ-



*Fig. 226* — Registrador para telegrafia Morse

zindo-se assim um risco, que se prolonga enquanto durar a corrente; interrompida esta, a armadura baixa, e tudo à vontade de quem transmite o telegrama; é bem característico o ruído que o telegrafista faz com o manipulador quando transmite um telegrama.

*Campainha eléctrica.* — É também uma aplicação do electro-íman. Consta de um electro-íman  $C$ , *fig. 227*, com armadura  $B$ ; esta quando em repouso encosta a uma mola  $R$ . Estabelecendo a corrente pelo botão em que se carrega, ela entra em  $n$ , passa pela mola, pela armadura e pelo fio do electro-íman; êste atrai logo a armadura, a qual tem no extremo superior uma massa  $M$ , para bater na campânula  $T$ . Logo que a armadura é atraída, separa-se da mola, interrompe-se a corrente, e a ar-

madura deixa de ser atraída e encosta-se novamente à mola, restabelecendo a corrente, e assim continua enquanto se carrega no botão, mas ràpi-

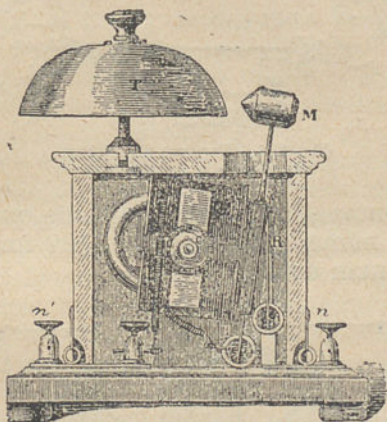


Fig. 227 — Campainha eléctrica

damente, de modo a produzir uma vibração contínua da campânula.

232—**Telefone.**—É uma aplicação semelhante à do telégrafo, em que as vibrações resultantes da atracção e repulsão da armadura do electro-íman se comunicam a uma placa vibratória. O telefone, *fig. 228*, tem uma placa que vibra quando se fala perto dela. Essas vibrações produzem o contacto da placa com outra peça metálica e a corrente estabelece-se e vai atrair o electro-íman da outra estação, o qual produz vibrações iguais numa placa semelhante, e assim se reproduz perfeitamente a voz de quem fala, e também qualquer som ou ruído produzido perto do local.

233.— **Dinamo.** — Um dinamo, *fig. 229*, é uma máquina que produz corrente eléctrica. É consti-

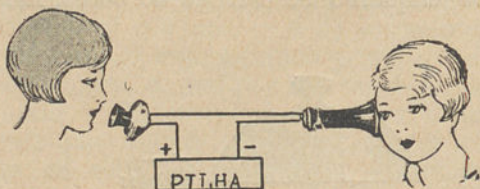


Fig. 228 — Esquema do telefone (microfone e auscultador)

tuído por uma série de electro-ímans que rodeiam um certo número de outros electro-ímans, êstes montados num eixo.

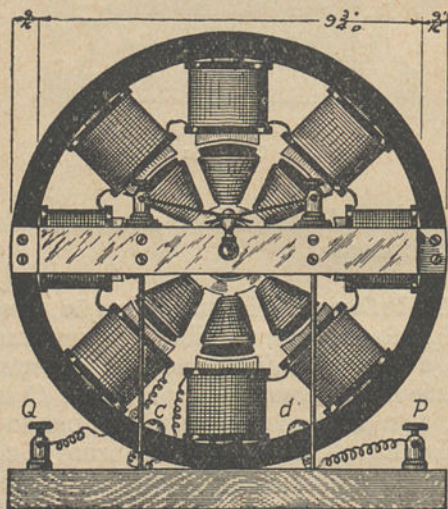


Fig. 229 — Dinamo-motor

Quando um electro-íman se coloca num campo magnético gera-se no seu enrolamento uma corrente



eléctrica; por isso os dínamos têm um conjunto de electro-ímans, os quais recebem movimento dum motor qualquer, girando dentro dum campo magnético.

Na indústria empregam-se grandes turbinas ou máquinas de vapor de alta pressão, ou motores Diesel, etc. para mover os dínamos. Transforma-se assim a energia mecânica em eléctrica.

Os dínamos também são muitas vezes accionados por turbinas hidráulicas. Aproveitam estas a energia cinética das quedas de água dos rios, quedas naturais que muitas vezes a engenharia modifica, de modo a obter um maior rendimento e uma certa constância na produção de energia. A água, caíndo de grandes alturas, vem actuar sôbre as asas das turbinas, transformando a energia cinética em mecânica; esta por sua vez faz girar o dínamo, e obtem-se assim energia eléctrica, sem ter sido necessário queimar carvão, óleo, ou qualquer outro combustível. O aproveitamento das energias naturais e da transformação delas, <sup>(1)</sup> como vimos neste caso, tem a grande vantagem de a energia fornecida sair por um preço muito inferior, em relação ao da corrente produzida pelos dínamos accionados por motores como os que acima citámos.

**234 — Motor eléctrico.** — Assim como o dínamo, o motor eléctrico contém também uma série de electro-ímans, os quais, sendo percorridos por uma corrente eléctrica, entram em movimento dentro dum campo produzido por electro-ímans.

São êles que transformam a corrente eléctrica, energia eléctrica, em energia mecânica. As suas applicações são vastíssimas. A corrente eléctrica

---

<sup>(1)</sup> Em Portugal, as duas estações mais importantes são a do Lindoso, cuja energia é transportada já até à Corunha, 200 km. aproximadamente, e a da Hidro-Eléctrica do Alto-Alemtejo (Niza), cuja energia atinge já o Entroncamento, que fica a uns 70 km.

produzida por uma queda de água, é transportada, por meio de condutores montados em suportes e

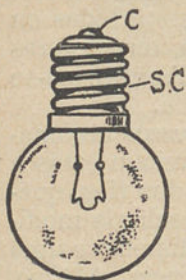


Fig. 230—Lâmpada eléctrica de incandescência

postes especiais, a dezenas de quilómetros, isto é, muito longe do local onde a corrente é produzida. Pode-se transformá-la em energia mecânica empregando motores eléctricos, os quais põem em movimento máquinas de fábricas, tornos, engenhos de furar, frezes, bombas, plainas, serras, mós, martelos-pilões, laminadores, locomotivas eléctricas dos caminhos de ferro, guindastes, etc.

A electricidade pode, como sabemos, ser aplicada em produzir luz, por meio das lâmpadas eléctricas, *fig. 230*, as quais são constituídas por um filamento metálico de grande resistência eléctrica, que a passagem da corrente leva ao estado incandescente. A corrente eléctrica produz também efeitos químicos. Assim, podemos obter diferentes metais por electrólise.

**235 — Arco voltáico.** — Tem o nome de arco voltáico o arco luminoso e calorífico, que se forma entre os extremos de dois carvões das retortas (produto da destilação da hulha), quando a corrente eléctrica salta entre êles, unindo-os por um arco de luz muito intensa e desenvolvendo uma muito alta temperatura, 3500°. Colocando o arco voltaico, isto é, os carvões dentro dum pequeno forno, obtêm-se altas temperaturas, capazes mesmo de fundir a platina com facilidade.

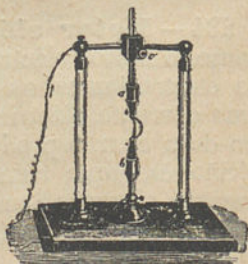


Fig. 231 — Arco-voltáico]

*Soldadura eléctrica* — Esta outra aplicação da corrente eléctrica funda-se na *resistência eléctrica* que a junta a ser soldada oferece à passagem da

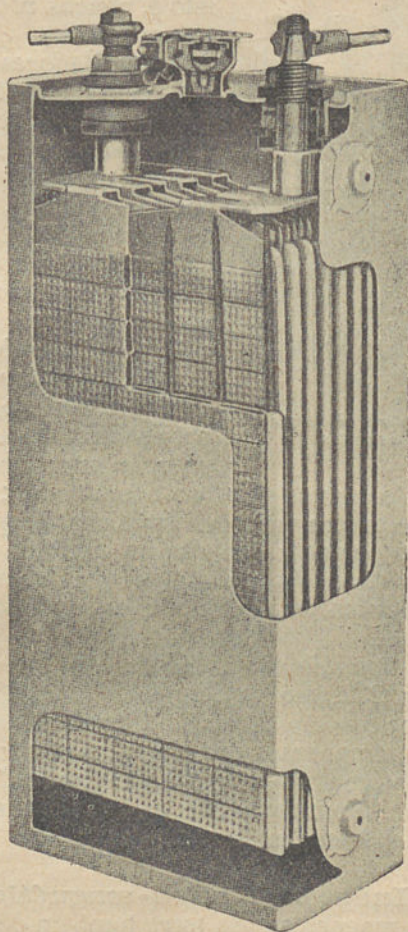


Fig. 232 — Acumulador Nife

corrente; então desenvolve-se uma alta temperatura fazendo-se a soldadura rapidamente. A corrente eléctrica utilizada é de pequena tensão, mas de muito grande intensidade, isto é, poucos *volts* e muitos *amperes*.

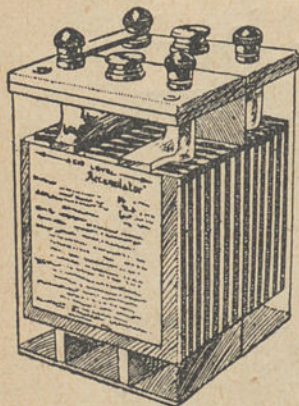


Fig. 233 — Bateria de chumbo, de 2 elementos

*Acumuladores eléctricos*—São dispositivos que acumulam corrente eléctrica, não sob a forma de corrente, mas sim em energia química. Quando os carregamos, a corrente eléctrica produz transformações químicas nos compostos contidos nas placas, por intermédio dum líquido condutor que se chama *electrólito*; quando precisamos de utilizar a energia num circuito, fe-

chamos êste com os polos do acumulador; imediatamente se geram reacções químicas, as quais originam uma corrente eléctrica no circuito. Os acumuladores são pois máquinas que transformam energia eléctrica em química, e esta, por seu turno, em eléctrica.

Há dois tipos de acumuladores: o tipo de ferro-níquel, *fig. 232*, e o de chumbo, *fig. 233*.

Os primeiros são de enorme duração e, de entre êles, o que emprega o cádmio, o acumulador Nife, tem dado as melhores provas; os segundos, mais usados por serem mais baratos, desde que não sejam utilizados tendem a avariar-se.

236 — **Indução electro-magnética.** — A acção dos magnetes e da terra também desenvolve correntes de indução nos condutores vizinhos, nas

seguintes condições: 1.<sup>a</sup> Quando um magnete se aproxima de um circuito, desenvolve-se neste uma corrente instantânea inversa, isto é, em sentido oposto à que existe no magnete; 2.<sup>a</sup> Quando um magnete se afasta de um circuito, desenvolve-se neste uma corrente de indução directa; 3.<sup>a</sup> Idênticos efeitos se observam no fio de um electro-iman que gira defronte dos polos de um magnete; 4.<sup>a</sup> Também se desenvolvem correntes de indução no fio de bobines, envolvendo os ramos de um magnete, em frente de cujos polos gira uma armadura de ferro macio, ou se aproxima ou afasta, o que portanto aumenta ou diminui o magnetismo; no primeiro caso, desenvolve-se no fio uma corrente inversa, e no segundo caso uma corrente directa; 5.<sup>a</sup> Quando defronte de um magnete gira um disco metálico, também neste se desenvolvem correntes de indução, denominadas de rotação magnética ou de Foucault; 6.<sup>a</sup> A terra também desenvolve correntes de indução nos corpos metálicos em movimento.

**237 — Bobine de Rhumkorff.** — É uma máquina eléctrica, que tem por função transformar

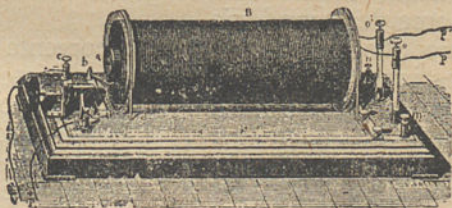


Fig. 234 — Bobina de Rhumkorff

uma corrente eléctrica, que tem uma certa tensão e intensidade, noutra corrente de muitíssimo maior tensão e muito reduzida intensidade.

Dum modo elementar, é constituída por um feixe de fios de ferro macio, *fig. 235*, sôbre o qual se enrolou um certo número de espiras de fio de cobre co-

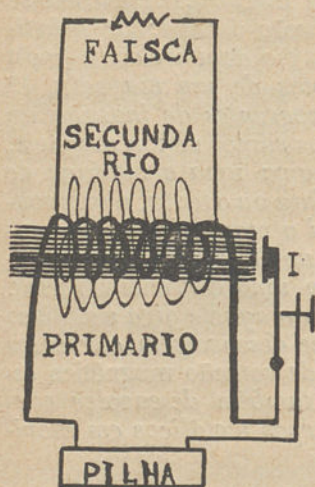


Fig. 235 — Esquema da bobina de Ruhmkorff

berto de sêda; a secção dêste fio deve ser grande e é sempre superior à do outro enrolamento. O primeiro enrolamento está ligado a uma pilha ou bateria de acumuladores. Neste circuito existe um interruptor, isto é, um dispositivo capaz de interromper a corrente por uma fracção de segundo. Sôbre o enrolamento citado, e que tem o nome de *primário*, está enrolado o fio de cobre também revestido de sêda, sendo a secção dêste fio muito menor do que a do primário, e o número de

espiras muito maior. Este segundo enrolamento tem o nome de *secundário*.

Sempre que se faz passar uma corrente no primário, as interrupções produzidas pelo interruptor geram correntes sucessivas e alternadas no secundário, que se chamam de alta tensão. Produzem-se então faíscas no ar, saltando mesmo entre duas pontas metálicas colocadas a distância, que variam com o tamanho da bobina e da corrente empregada no primário.

Esta máquina tem aplicação na inflamação dos motores de explosão, a fim de se obterem as faíscas nas velas e de se provocar a explosão dos gases, nas instalações de Raios X, etc.

238 — **Tubos de Geissler.** — Estes tubos, *fig. 236*, são de vidro e contêm gases rarefeitos. Apresentam nos seus extremos dois fios, pelos quais se pode estabelecer a comunicação da corrente elé-

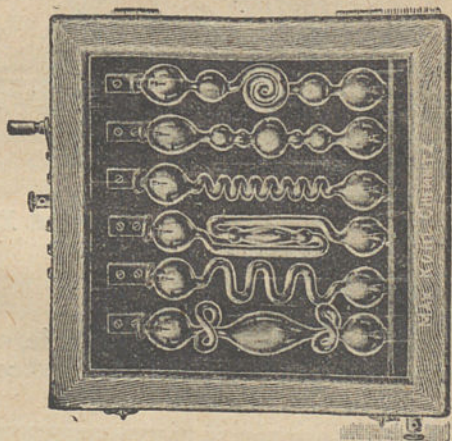


Fig. 236 — Geissler

ctrica. Os fios são simples entradas e não estão ligados um ao outro. Fazendo passar a corrente eléctrica produzida pela bobina de Rhumkorff, notamos que aparece luz nos tubos, luz que tem aspectos especiais e cuja coloração varia bastante. O estudo da descarga da fásca eléctrica produzida pela Bobina de Rhumkorff conduziu à descoberta dos raios X.

239 — **Raios X.** — São produzidos em tubos especiais, *fig. 237*. Quando a corrente de muito alta tensão os atravessa, nota-se um cone de luz levemente azulado, que tem o nome de *raios catódicos* ou de Crookes. Esses raios, encontrando uma lâ-

mina de platina, fazem com que esta emita os Raios X, que têm a propriedade de atravessar com facilidade a madeira, a carne, o papel, e com dificuldade

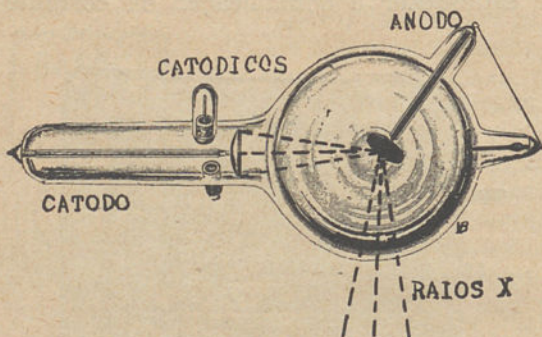


Fig. 237 — Ampola de Raio X

dade os metais. Devido a esta propriedade, são êles empregados, sobretudo no campo médico, para

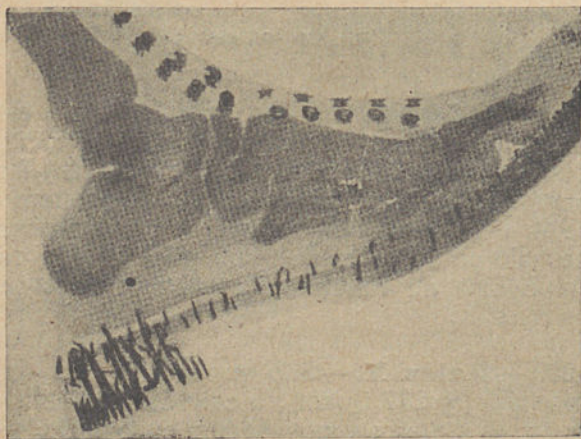


Fig. 238 — Radiografia de um pé



projectarem sôbre um alvo especial (ou sôbre chapas fotogrâficas, visto que impressionam estas), imagens das partes internas do corpo humano que de modo directo seria difficil ou mesmo impossivel observar. A *fig. 238* mostra-nos a radiografia dum pé calçado, onde se podem comparar as intensidades com que são representados os ossos, a carne, os pregos, etc.

**240 — Telegrafia sem fios.** — A telegrafia sem fios funda-se na propriedade que as descargas eléctricas têm de gerar um movimento oscilatório do éter, propagando-se ao mesmo tempo nessas oscilações ou ondas uma certa quantidade de electricidade. A propagação faz-se com a velocidade de 300000 quilómetros por segundo. Essas oscilações podem ser reguladas. Uma estação emissora constará de um aparêlho capaz de gerar essas ondas e de as regular de modo a darem sinais, os quais serão recebidos por uma ou mais estações receptoras.

Se adaptarmos nas duas extremidades do *secundário* da Bobina de Rhumkorff, *fig. 239*, um oscilador de Hertz, (físico que descobriu as ondas electromagnéticas), oscilador que é constituído por duas esferas de latão montadas, cada uma delas, nos extremos de duas varetas de metal e fixadas em dois suportes de vidro, e se ligarmos uma das esferas a um fio de metal que colocamos no ar, esticado e isolado por meio de isoladores de porcelana, ligando a outra esfera à terra, temos um pôsto emissor de telegrafia. Sempre que passe corrente no primário da bobina, produzir-se-ão faíscas entre as duas esferas, e a antena constituída pelo fio radiará uma certa quantidade de energia, sob a forma de ondas eléctricas.

A recepção destas ondas deve-se ao grande físico francês Branly, que inventou o primeiro dispositivo

para a apreensão (detenção) delas, o qual é conhecido por *tubo de Branly*. Os progressos da telegrafia sem fios e da telefonia não se devem a um único inventor, mas sim a muitos e notáveis homens de ciência.

A telegrafia sem fios é empregada pelos barcos, para estarem em comunicação entre si e também

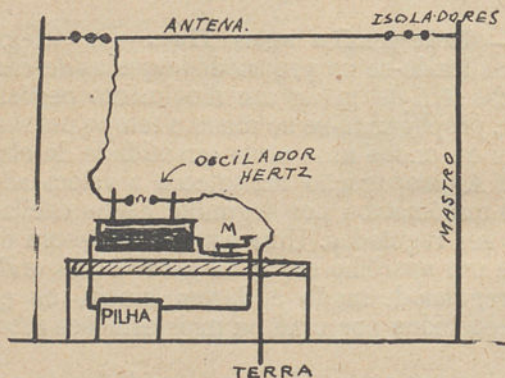


Fig. 239 — Bobina de Rhumkorff, com oscilador de Hertz

com a terra. Em caso de naufrágio ou desastre, pedem socorro, indicando a posição, o ponto em graus, latitude e longitude, em que se encontram. Esses radiotelegramas têm o nome especial de signal S O S; quando êste signal é recebido todos os postos emissores interrompem o serviço normal, para ser escutada melhor a mensagem que pede socorro. Os barcos que estão mais perto dirigem-se então a todo o vapor para o ponto indicado. Bastantes vidas, quer na viação marítima, quer na aérea, têm sido salvas pela T. S. F., e basta esta circunstância para ela ser considerada como uma das mais belas aplicações da electricidade.

A T. S. F. é também empregada para estabelecer

comunicações a grandes distâncias, entre dois pontos da Terra, sendo hoje possível comunicar notícias a pontos que distam milhares de quilómetros. Na T. S. F. empregam-se os sinais Morse, ou melhor, o alfabeto dêste nome, no qual as diferentes letras do alfabeto latino e os algarismos são representados por sons de pequena duração, que correspondem a pontos, e os traços por sons de maior duração.

241 — **Telefonia sem fios.** — A voz humana e a música dos instrumentos também podem ser



Fig. 240 — Pôsto receptor da T. S. F.

transportadas pelas ondas eléctricas. A telefonia sem fios tem presentemente grandes aplicações constituindo a chamada radiodifusão de música, de notícias, de textos de conferências, de prognósticos

sobre o estado do tempo, para uso do agricultor, etc. O pòsto radio-telegráfico de Monsanto, nos arredores de Lisboa, dá duas vezes por dia um bo-



Fig. 241 — Auscultadores

letim metereológico, em telegrafia e em telefonia sem fios. A *fig. 240* apresenta-nos um receptor de radio telefonia e um alta-voz, e a *fig. 241* mostra-nos um par de auscultadores.

---

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL  
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA  
E DA TÉCNICA

---

---



# ÍNDICE

PREFÁCIO.....	VII
---------------	-----

## CAPITULO I

### Noções fundamentais

Matéria e corpo.....	1
Física. Fenómenos físicos.....	2
Química. Fenómenos químicos.....	2
Os três estados físicos da matéria.....	3
Mudanças de estados da matéria.....	4
Propriedades físicas da matéria.....	5
Extensão. Processos e aparelhos próprios para a medir.....	5
Impenetrabilidade.....	9
Divisibilidade da matéria.....	10
Partículas.....	10
Aderência.....	10
Moléculas.....	11
Átomos.....	11
Póros físicos.....	12
Porosidade.....	12
Absorção.....	12
Compressibilidade.....	13
Elasticidade.....	13
Maleabilidade.....	14
Ductilidade.....	14

## CAPITULO II

**Movimentos e suas leis**

Movimento e repouso.....	16
Móvel e trajectória.....	16
Inércia.....	17
Fôrça.....	18
Unidades de medida dos movimentos dos corpos...	19
Movimento rectilíneo uniforme.....	19
Movimento uniformemente acelerado.....	21
Representação gráfica do movimento uniforme.....	23
Representação gráfica do movimento uniformemente acelerado.....	24
Movimento uniformemente retardado.....	26
Movimentos variados.....	27
Movimento circular uniforme.....	27
Movimento de rotação.....	27
Movimento de translação.....	28
Movimento pendular ou oscilatório.....	28
Alguns mecanismos simples.....	30
Transformações de movimentos.....	31

## CAPITULO III

**Fôrças e suas leis**

Princípio da igualdade da acção e da reacção.....	34
Elementos das fôrças — Ponte de applicação.....	35
Princípio da independência das fôrças.....	35
Dinamómetros.....	36
Expressão algébrica duma fôrça.....	37
Unidade de massa no sistema C. G. S.....	38
Unidade de fôrça no sistema C. G. S.....	38
Pêso.....	39
Representação gráfica duma fôrça.....	39
Composição de fôrças.....	40
Demonstração experimental da regra do paralelogramo.....	42
Atracção universal.....	45
Gravidade.....	46
Determinação da vertical do lugar.....	47

Fio de prumo.....	47
Determinação duma direcção horizontal.....	48
Nível de pedreiro.....	49
Nível de bôlha de ar.....	50
Centro de gravidade de um corpo.....	51
Equilíbrio dos corpos sólidos.....	51
Os três estados de equilíbrio.....	52
Balanças.....	54
Processo de dupla pesagem.....	59
Fôrça centrífuga.....	60
Fôrça centrípeta.....	60
Aplicações da fôrça centrífuga.....	61

## CAPITULO IV

### Trabalho, Energia e suas leis — Máquinas simples

Trabalho duma fôrça.....	64
Expressão do trabalho.....	65
Unidade do trabalho do sistema C. G. S.....	65
Fôrça viva.....	66
Aplicações.....	67
Energia potencial.....	68
Energia cinética.....	68
Conservação da energia.....	68
Diferentes formas de energia.....	70
Máquinas simples.....	71
Alavanca.....	71
Alavanca inter-fixa.....	73
Alavanca inter-resistente.....	75
Alavanca inter-potente.....	75
Roldana.....	75
Roldana móvel.....	76
Conjunto de roldanas.....	78
Cadernais.....	78
Sarilho.....	79
Plano inclinado.....	81
Cunha.....	82
Potência dinâmica.....	83
Energia.....	83
Trabalho motor.....	84
Trabalho resistente.....	84
Trabalho útil.....	84
Rendimento duma máquina.....	84

## CAPITULO V

**Elasticidade — Atritos — Sistemas de unidades**

Elasticidade.....	86
Elasticidade de tracção.....	86
Elasticidade de compressão.....	87
Elasticidade de flexão.....	87
Elasticidade de torção.....	88
Elasticidade de volume.....	89
Atritos.....	90
Sistema de unidades.....	92

## CAPITULO VI

**Hidrostatica**

Propriedades gerais dos líquidos.....	94
Propagação das pressões nos líquidos.....	94
Princípio de Pascal.....	94
Corolário do princípio de Pascal.....	95
Prensa hidráulica.....	96
Pressão de cima para baixo.....	98
Pressão de baixo para cima, ou reacção dos líquidos.....	99
Pressões laterais.....	100
Superfície livre dos líquidos.....	102
Princípio de Arquimedes.....	102
Impulsão dos líquidos.....	106
Massa específica dum corpo.....	107
Pêso específico.....	108
Densidade.....	108
Método da balança hidrostática.....	109
Areómetros.....	109
Densímetros.....	111
Alcoómetro centesimal de Gay Lussac.....	111
Equilíbrio dos líquidos contidos num vaso.....	112
Princípio dos vasos comunicantes.....	112
Fenómenos capilares.....	115
Difusão nos líquidos.....	116
Movimento das águas.....	118
Poços ordinários e poços artesianos.....	118



## CAPITULO VII

## Gases

Propriedades gerais.....	120
Fôrça elástica.....	120
Compressibilidade.....	120
Difusibilidade.....	122
Massa dos gases.....	123
Pressões nos gases.....	123
Atmosfera.....	124
Experiências que demonstram a existência da pressão atmosférica.....	124
Limite da ascensão dos líquidos aspirados.....	126
Princípio de Arquimedes.....	127
Aeróstatos.....	128
Dirigíveis.....	129
Aeroplanos.....	130
Experiência de Torricelli.....	131
Pressões inferiores à pressão atmosférica.....	132
Barómetros.....	133
Manómetros.....	138
Lei de Boyle-Mariotte.....	140
Pipetas.....	142
Sifão.....	142
Fontes intermitentes naturais.....	143
Bombas e seus diversos tipos.....	145
Rarefação dos gases.....	148
Máquina pneumática ordinária.....	150
Compressão de gases.....	150
Compressibilidade dos gases e sua liquefacção.....	153

## CAPITULO VIII

## O calor

Movimento vibratório das moléculas dos corpos.....	157
Dilatação e contracção.....	158
Aplicações diversas da dilatação.....	160
Pêndulo compensador.....	160
Temperatura.....	161
Condutibilidade dos corpos para o calor.....	164
Irradiação do calor.....	166

Corpos diatérmicos e atérmicos.....	166
Poder emissivo dos corpos para o calor.....	167
Poder absorvente e poder reflectidor dos corpos para o calor.....	168
Fusão dos corpos.....	169
Misturas frigoríficas.....	170
Solidificação.....	170
Evaporação — Vaporização — Sublimação.....	171
Ebulição.....	173
Destilação.....	176
Transformação de energia.....	177
Experiência de Tyndall.....	178
Pequena caloria.....	178
Equivalente mecânico da caloria.....	179
Máquinas térmicas.....	179
Máquina de vapor de água.....	180
Máquinas a vapor.....	183
Turbinas a vapor.....	185
Motores de explosão.....	186
Motor de explosão dos automóveis.....	190
Produção de altas temperaturas.....	195
Frio industrial.....	198
Ventilação.....	200
Aquecimento.....	201

## CAPITULO IX

### Meteorologia

Fenómenos meteorológicos.....	204
-------------------------------	-----

## CAPITULO X

### Óptica

Origens da luz.....	209
Propagação da luz.....	209
Corpos transparentes, translúcidos e opacos.....	210
Sombra e penumbra.....	210
Reflexão da luz.....	212
Espelhos.....	213
Faróis.....	215
Refracção da luz.....	217

Decomposição da luz.....	219
Lentes.....	222
O olho humano.....	226
Microscópios.....	228
Câmara fotográfica.....	230
Cinematografia.....	233
Intensidade da luz.....	235

## CAPÍTULO XI

**Acústica**

O som.....	237
Transmissão do som ao ouvido.....	238
Movimento vibratório dos corpos sonoros.....	238
Velocidade do som no ar.....	240
Propagação e velocidade do som nos outros corpos.....	240
Cornetas e tubos acústicos.....	241
Reflexão do som — Eco — Ressonância.....	242
Notas de música.....	243
Instrumentos de música.....	243
Nós de vibração e linhas nodais.....	244
Sonoridade dos edifícios.....	245
Sons articulados.....	246

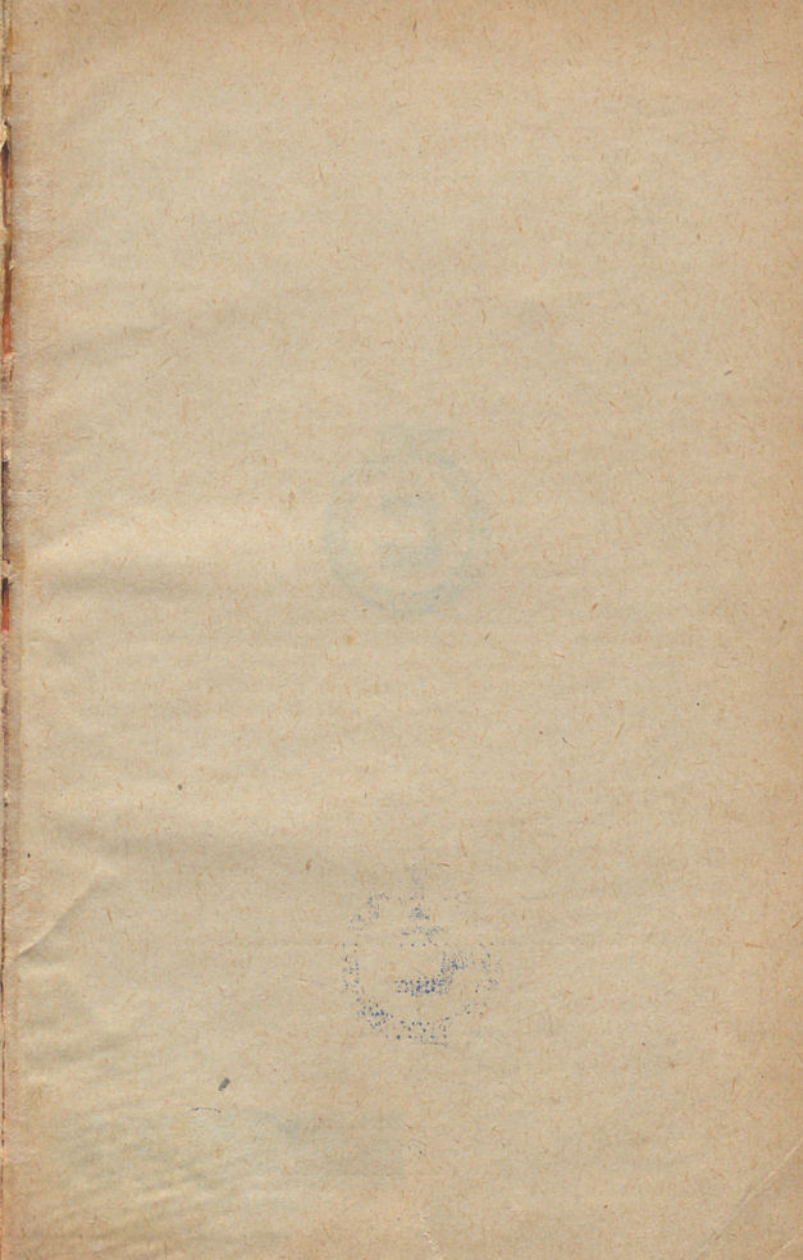
## CAPÍTULO XII

**Electricidade e magnetismo**

Natureza da electricidade.....	249
Electricidade produzida pela fricção de certos corpos.....	249
Espécies de electricidade—Pêndulo eléctrico.....	250
Corpos bons condutores e maus condutores.....	251
A electricidade à superfície dos corpos.....	252
Poder das pontas.....	253
Electricidade por influência.....	253
Electróforo.....	254
Maquina eléctrica ordinária.....	255
Garrafa de Leyde.....	257
Efeitos gerais da electricidade estatica.....	258
Indução estática.....	259
Electricidade atmosférica.....	261

Magnetismo .....	263
Íman artificial.....	263
Agulha magnética.....	264
Bússola.....	265
Indução electro-estática, electro-dinâmica e electro- magnética.....	266
Pilhas.....	267
Corrente eléctrica.....	272
Resistência eléctrica.....	275
Resistividade.....	276
Lei de Joule.....	276
Efeitos químicos.....	277
Telegrafia eléctrica.....	279
Telefone.....	283
Dinamo.....	284
Motor eléctrico.....	285
Arco voltaico.....	286
Indução electro-magnética.....	288
Bobina de Rhumkorff.....	289
Tubos de Geissler.....	291
Raios X.....	291
Telegrafia sem fios.....	293
Telefonia sem fios.....	295









RÓ  
MU  
LO

CENTRO CIÊNCIA VIVA  
UNIVERSIDADE COIMBRA



\*1329658674\*

