

Sala A

Est. 4

Tab. 4

N.º 36



Est. 6 Tab. 11/2



TERCEIRO ANNO DO CURSO DOS LYCEUS

PRINCIPIOS
DE
PHYSICA

PARA USO DOS LYCEUS

POR

ADRIANO AUGUSTO DE PINA VIDAL

CAPITÃO DE ARTILHERIA

LENTE PROPRIETARIO DA CADEIRA DE PHYSICA DA ESCOLA POLYTECHNICA

LENTE DE PRIMEIRA CLASSE DA ESCOLA DO EXERCITO

SOCIO DA ACADEMIA REAL DAS SCIENCIAS

E DO INSTITUTO DE COIMBRA

ETC. ETC. ETC.



1117

1117



Approvedos pelo governo para uso dos institutos secundarios

RC
HACT
53
VID

TERCEIRA EDIÇÃO



LISBOA

Typographia da Academia Real das Sciencias

1882

MINISTERIO DA EDUCACAO NACIONAL
MUSEU NACIONAL DA CIENCIA
E DA TECNICA



1356

TERMINO ANNO DO CURSO DOS LYCEUS

PRINCÍPIOS

PHYSICA

PARA O ENSINO DOS LYCEUS

1882

EDITADO POR J. J. DE SOUZA

EM SÃO PAULO

NA IMPRETA DE J. J. DE SOUZA, RUA DO OURO, 100

COM O VALOR DE DOIS REIS

DEPOSITADO EM 1882

EM VENDA NA BIBLIOTECA NACIONAL

Impressão e venda em São Paulo - Rua do Ouro, 100

1882

1882

Impressão e venda em São Paulo - Rua do Ouro, 100

1882



PRINCIPIOS DE PHYSICA



INTRODUÇÃO



CAPITULO I

NOÇÕES PRELEMINARES. OBJECTO DA PHYSICA

1.—Materia; corpo; universo.—Dá-se o nome de *materia* ou *substancia* a tudo que impressiona os sentidos e enche o espaço: uma porção de materia denomina-se *corpo*.

O conjunto de todos os corpos é o *universo* ou a *natureza*.

2.—Corpos celestes. Globo terrestre.—*Corpos celestes* são os astros, que povoam a vasta esphera celeste, em cuja superficie elles parecem implantados.

Os corpos celestes dizem-se *fixos* quando parecem guardar entre si distancias invariaveis, como acontece ao *sol* e ás *estrellas*, que são outros tantos *soes*, isto é, são corpos *luminosos*, tendo luz propria.

Os corpos celestes dizem-se *errantes* quando as suas distancias variam: é o que acontece aos *planetas* e aos *cometas*. Estes corpos não são luminosos, isto é, não teem luz propria.

Entre os planetas mencionaremos como sendo o mais importante para nós, a *Terra*, que habitamos, tambem denominada *globo terrestre*.

3.—Corpos simples e compostos.—Dizem-se *corpos simples*, ou *elementos*, aquelles de que não é possível extrair senão uma especie de materia; dizem-se *compostos* aquelles de que se extraem duas ou mais qualidades de materia. O ferro, o enxofre, o carvão, etc. são *corpos simples*; o latão, de que se extrae o cobre e o zinco; a agua de que se extraem dois gazes—oxygenio e hydrogenio—são *corpos compostos*.

4.—Hypothese sobre a constituição da materia. Moleculas e atomos. Forças moleculares.—Para explicar certas propriedades communs a todos os corpos, quer elles sejam simples quer compostos, recorre-se a uma hypothese sobre a sua constituição, hypothese muito simples e quasi tão evidente como um axioma. Admitte-se que os corpos não são formados de materia continua, mas de pequenissimas particulas, collocadas a distancia uma das outras, e moveis nos espaços que as separam.

Aquellas particulas são mantidas a distancia por attracções e repulsões reciprocas; e para explicar o facto de ellas nunca chegarem ao contacto umas das outras, admitte-se que a repulsão augmenta, em pequenissimas distancias, muito mais do que a attracção.

Dá-se a denominação de *moleculas* ás particulas constituintes dos corpos; e de *forças moleculares* ás attracções e repulsões que se admitte entre ellas.

Como o calor produz nos corpos o mesmo effeito que a força repulsiva, isto é, faz affastar as moleculas, attribue-se a esta força a mesma causa do calor, e dá-se-lhe o nome de *força repulsiva do calor*.

A causa da força attractiva não é conhecida: a esta força dá-se o nome de *cohesão*, e com esta palavra na realidade apenas se exprime uma propriedade da materia.

Como a molecula é sempre da natureza do corpo a que pertence, é claro que se este corpo é composto de duas ou mais substancias tambem a molecula é composta das mes-

mas substancias. Por este motivo a molecula dos corpos compostos considera-se formada por particulas dos seus elementos ainda mais pequenas: a estas particulas dá-se o nome de *atomos*.

Generalisando este modo de considerar a constituição da materia, admite-se tambem que as moleculas dos corpos simples são formadas pela aggregação dos atomos da substancia.

Á cohesão particular, que liga os atomos para formar a molecula de um corpo, quer elles sejam da mesma especie, como acontece nos corpos simples, quer sejam de especie differente, como acontece nos compostos, dá-se o nome de *affinidade*.

Resumindo, pois, podemos dizer que os corpos, quer sejam simples ou compostos, são formados pela aggregação de moleculas, e que estas são constituídas pela reunião de atomos.

5.—Estados de aggregação dos corpos.—Os estados de aggregação dos corpos são tres:

1.º O *estado solido*, estado ordinario das madeiras, das pedras e dos metaes, caracterisado por uma grande cohesão entre as moleculas: d'isto resulta que os corpos n'aquelle estado teem fôrma e volume constante, e é preciso empregar um esforço para os dividir.

2.º O *estado liquido*, estado ordinario da agua, do alcool e do azeite, caracterisado por uma cohesão quasi nulla: em virtude d'isto as moleculas dos liquidos escorregam com muita facilidade umas sobre as outras, e aquelles corpos não affectam fôrmas particulares, mas sim as dos vasos que os contém.

3.º O *estado gazoso*, como é o do ar que nos cerca, é caracterisado pela falta absoluta de cohesão e pela tendencia que os corpos teem de augmentar de volume em virtude do predominio da força repulsiva sobre a força attractiva molecular. Esta tendencia, que é a propriedade caracteristica dos gazes, denomina-se *expansibilidade*.

Os liquidos e os gazes recebem o nome generico de *fluidos*.

Podemos, em resumo, dizer que, sem mudarem as circumstancias, os solidos affectam fórma e volume constantes; os liquidos teem volume constante e fórma variavel, e os gazes apresentam fórma e volume variaveis.

Os corpos do universo affectam, por conseguinte, tres estados differentes de aggregação: o estado solido, o liquido e o gazoso. É preciso notar, porém, que estes estados não caracterisam absolutamente os corpos, porque estes podem, em geral, adquirir todos tres, quando as circumstancias mudam convenientemente.

Assim, a agua é ordinariamente liquida; porém, apresenta-se tambem no estado gazoso e no estado solido. O gaz muito quente, que sae de uma chaleira collocada sobre o lume, é a agua no estado gazoso. A *neve*, que acompanha a chuva nos dias muito frios, e o *gelo*, que reveste a agua dos lagos e dos rios durante os grandes frios do inverno, é a agua no estado solido.

6.—Phenomenos: physicos e chimicos. Exemplos.—Dá-se o nome de *phenomeno*¹ (do grego *phainóménon*, o que apparece distinctamente) a qualquer facto ou manifestação. Os phenomenos da materia são modificações que os corpos experimentam sob a influencia de outros corpos ou de *agentes* ou *forças naturaes*, que são principalmente a *attracção*, o *calor*, a *luz* e a *electricidade*. Aquelles phenomenos ou são independentes da natureza dos corpos, e então não a alteram e são transitorios; ou dependem da qualidade da materia, e então alteram-na e são permanentes. Os primeiros dizem-se *physicos*, e os segundos *chimicos*.

Todos os corpos, abandonados á simples acção da terra, caem; e as suas propriedades não são modificadas durante

¹ É preciso não ligar a esta palavra a idéa de uma coisa rara ou extraordinaria, como se faz na linguagem vulgar.

e depois da queda: a *queda dos corpos* é portanto um *phenomeno physico*.

O calor communicado a um corpo, dilata-o, isto é, augmenta-lhe o volume; e pode fazel-o passar de solido a liquido e de liquido a gaz, se tem intensidade sufficiente; porém, deixando resfriar o corpo, elle volta ao seu estado primitivo. Não houve alteração na natureza do corpo, e o *phenomeno* não foi permanente; portanto a *dilatação*, a *mudança de estado*, etc., são *phenomenos physicos*.

Ao contrario, queimando o phosphoro, o enxofre ou o carvão, estes corpos solidos e simples transformam-se em outros gazosos e compostos, de propriedades differentes, e esta transformação não desaparece quando se subtrae o calor a estes corpos: assim a *combustão* é um *phenomeno chimico*.

A transformação em *ferrugem*, do ferro exposto ao ar humido, é tambem um *phenomeno chimico*: o ferro é um corpo simples, e a ferrugem um composto de ferro, de agua, e oxygenio do ar.

Lançando agua sobre fragmentos de *cal virgem*, esta incha, fende-se e aquece muito, convertendo-se em *cal apagada*, que é o corpo composto de agua e cal. Este *phenomeno* é tambem um *phenomeno chimico*.

O caracter distinctivo dos *phenomenos physicos* e *chimicos* é a não permanencia ou a permanencia das modificações: assim, nos primeiros estas desaparecem quando cessa a causa que as produziu, o contrario acontece nos *phenomenos chimicos*.

7.—Distincção entre a *physica* e a *chimica*. Definição d'estas sciencias.—O que fica dito permite definir bem as duas sciencias—*physica* e *chimica*—que teem tão intimas relações, e que comtudo é preciso distinguir.

*Physica*¹ é a sciencia que estuda os *phenomenos* que se

¹ Esta palavra na sua accepção mais geral, designa a *sciencia*

produzem sem alteração permanente na materia ou natureza dos corpos.

Chimica é a sciencia que estuda os phenomenos dependentes da qualidade da materia e que a alteram mais ou menos profundamente, fazendo mudar as suas propriedades.

A *physica* e a *chimica*, que estudam os phenomenos da materia, recebem a denominação generica de *sciencias physicas*.

8.— Observação e experiencia.— Para estudar os phenomenos dispõe o physico de dois meios— a *observação* e a *experiencia*: a *observação* é o exame dos phenomenos como a natureza nol-os apresenta; a *experiencia* é o exame de um phenomeno que se reproduz á vontade, podendo variar-se-lhe as circumstancias, para se reconhecer aquellas que n'elle influem. Auxiliam-se mutuamente estes meios, quando é possível empregal-os no estudo do mesmo phenomeno; o primeiro supre, mal, o segundo, quando este não pode empregar-se.

Quando estudamos os movimentos das nuvens, a sua descarga electrica, que produz o relampago e trovão, fazemos *observações*; quando aquecemos a agua, para a reduzir a vapor, a fim de estudar o phenomeno da vaporação, fazemos uma *experiencia*.

9.— Leis e theorias physicas.— As relações que se reconhecem entre as differentes circumstancias de um phenomeno,

da natureza, ou a *philosophia natural*: assim se designava a sciencia que estudava todos os phenomenos naturaes. O seu grande desenvolvimento obrigou a dividil-a e subdividil-a em muitos ramos, que constituem hoje sciencias especiaes. Assim, ella comprehende além da *physica* propriamente dita e da *chimica*, a *astronomia*, que trata dos movimentos dos astros, e a *historia natural*, que estuda os differentes seres do nosso globo: esta comprehende a *zoologia*, estudo dos animaes; a *botanica*, estudo dos vegetaes; a *mineralogia*, estudo dos mineraes, e a *geologia*, estudo da constituição e historia do globo, que habitamos.

constituem as suas *leis*, as quaes convêm sempre estabelecer, para que o phenomeno fique bem estudado. No phenomeno da queda de um corpo, por exemplo, reconhece-se que o espaço percorrido varia com o tempo gasto em percorrel-o; a relação observada entre o espaço e o tempo é, por conseguinte, uma das leis do phenomeno.

O complexo de leis que se referem á mesma classe de phenomenos, denomina-se *theoria*: assim se diz a *theoria do calor*, a *theoria da luz*, a *theoria da electricidade*, etc. Emprega-se tambem a palavra *theoria* n'uma accepção muito restricta, para designar a explicação de um phenomeno.

10.—Agentes physicos. Movimento. Ether. A materia e o movimento considerados como causas unicas de todos os phenomenos. —Os phenomenos da materia resultam, como dissemos, não só das acções mutuas dos corpos, mas tambem da acção de *agentes physicos* ou *forças naturaes*, que são a *attracção*, o *calor*, a *luz*, e a *electricidade*.

Durante muito tempo explicaram-se os phenomenos produzidos por estes agentes por theorias especiaes, que admitiam a existencia de outras tantas materias subtis e impalpaveis, denominados por este motivo *fluidos imponderaveis* ou *incoerciveis*: hoje estas theorias tendem a ser substituidas pela da *unidade das forças physicas*, ou pela *theoria dinamica*.

N'esta theoria a causa unica de todos os phenomenos naturaes é o *movimento*: suppõe-se: 1.º que uma substancia muito subtil e elastica, denominada *ether*, está espalhada por todo o universo, envolvendo os corpos e cada uma das suas moleculas; 2.º que as moleculas da materia teem movimento proprio, que pode variar de fórma e de velocidade e que se comunica ao ether, o qual, a seu turno, pode modificar o movimento das moleculas dos corpos.

Todos os phenomenos physicos, considerados assim como tendo por causa unica a materia e o movimento, são apenas transformações do movimento.

A favor d'esta theoria ha a circumstancia notavel da gravidade, a cohesão, o calor, a luz e a electricidade se resolverem na idéa do movimento, e de estes movimentos se transformarem uns nos outros, segundo relações fixas, conhecidas algumas, porém desconhecidas ainda a maior parte.

CAPITULO II

PROPRIEDADES DOS CORPOS E DA MATERIA

11.—Propriedades da materia: geraes, particulares e essenciaes.
—As diversas maneiras por que a materia nos impressiona constituem as suas propriedades.

As propriedades são *geraes* se pertencem a todos os corpos independentemente do seu estado de aggregação; e *particulares* no caso contrario.

As propriedades geraes são: a *extensão*, a *impenetrabilidade*, a *divisibilidade*, a *porosidade*, a *compressibilidade*, a *elasticidade*, a *mobibilidade* e a *inercia*. As duas primeiras dizem-se *essenciaes*, porque sem ellas não é possível imaginar um corpo.

As propriedades particulares são: o estado de aggregação, a *côr*, o *brilho*, etc.

Por agora trataremos apenas das propriedades geraes.

I.—Extensão

12.—Extensão. Volume e capacidade. Vacuo.—A *extensão* é a propriedade que os corpos teem de occupar uma certa porção do espaço, que se denomina o seu *volume*.

Se um corpo é ôco, o espaço que ha no seu interior denomina-se a sua *capacidade*.

Não podemos comprehender a existencia de um corpo sem occupar uma porção de espaço, isto é, sem extensão; por isso é esta uma propriedade *essencial* da materia; podemos porém imaginar uma porção do espaço indefinido sem ser occupado por corpo algum, isto é, vazio de materia; é o que se denomina *vacuo*.

13.—Extensão linear e superficial.—No volume e capacidade dos corpos ha tres dimensões: *comprimento*, *largura* e *espessura* (tambem denominada *altura* ou *profundidade*).

A *extensão superficial* é a extensão considerada apenas com duas dimensões, comprimento e largura: ella é propriamente uma porção do espaço que limita o volume de um corpo, isto é, que o separa do espaço indefinido.

A *extensão linear* é a extensão considerada só com uma dimensão, comprimento; é o limite das superficies, e é limitada por *pontos*, os quaes, por conseguinte, não teem extensão alguma, nem comprimento, nem largura, nem espessura.

14.—Medição da extensão.—Bases physicas do systema metrico.—*Medir* é, como se sabe, comparar uma grandeza com outra conhecida, do mesmo genero, que se denomina *unidade*. Para medir a extensão dos corpos, isto é, o seu volume, se este é regular e definido geometricamente, basta medir as suas dimensões; se é irregular determina-se pelo peso, como veremos.

Mede-se uma extensão linear applicando successivamente sobre ella uma regua graduada, que serve de medida, até que fique um resto que se avalia com as divisões e subdivisões da regoa. No systema actual de medidas a unidade adoptada é o *metro*, que se divide e subdivide em *decimetros*, *centimetros* e *millimetros*.

O systema metrico é baseado em medições feitas na terra; mediou-se um arco de um certo meridiano, concluiu-se d'ahi o valor de um quarto do mesmo meridiano, e tomou-se

para unidade do systema, isto é, para *metro*, a decima millionessima parte do quarto do meridiano.

II.—Impenetrabilidade

17.—A *impenetrabilidade* é a propriedade que os corpos teem de não poderem occupar o logar de outros.

É em consequencia d'esta propriedade que se não pode encher de agua um frasco que n'ella se mergulhe de boca para baixo; porque não pode sair o ar que está dentro; pelo mesmo motivo quando se quer encher uma garrafa de um liquido qualquer, deitando-o por um funil estreito, é preciso que fique espaço entre a parede externa do funil e a boca da garrafa, para que possa sair o ar deslocado pelo liquido.

A difficuldade de introduzir liquidos, por qualquer modo, em frascos de gargallo muito estreito, é uma consequencia da impenetrabilidade do ar; porque é preciso que este saia pela mesma abertura por onde entra o liquido, e ao mesmo tempo.

Assim como não podemos admittir corpo sem extensão, não podemos admittir materia sem impenetrabilidade; por isso esta propriedade geral é tambem *essencial*.

18.—*Sinos de mergulhador*.—Funda-se na impenetrabilidade a construcção dos *sinos de mergulhador*, que são uma especie de campanulas de ferro, que se levam a bastante profundidade debaixo d'agua, com o fim de os operarios executarem qualquer trabalho ou apanharem objectos submergidos. O ar que conteem impede que a agua os encha, e serve para a respiração, sendo substituido por outro que uma bomba dirige, por meio de um tubo, para o interior do sino, ao mesmo tempo que o ar viciado sae por outro tubo aberto na parte superior.

III.—Divisibilidade

19.— A *divisibilidade* é a propriedade que os corpos teem de poderem ser reduzidos a pequenos fragmentos, sem mudarem de natureza.

Exemplos.— Os exemplos seguintes demonstram a extrema divisão possível da materia.

A platina pode ser reduzida a fios com o diametro de $\frac{1}{1200}$ do millimetro. As folhas de oiro batido podem alcan-

çar a espessura de $\frac{1}{10000}$ do millimetro: um decimetro quadrado de uma d'estas folhas não pesa 2 centigrammas, e contém um milhão de quadrados com um decimillimetro de lado: podemos d'este modo imaginar os 2 centigrammas de oiro divididos em um milhão de partes visiveis.

Um centigramma de carmim é bastante para córar de vermelho dez mil grammas d'agua, o que mostra que o carmim se espalhou por todo este liquido; e como este contém dez milhões de milligrammas, podemos dizer que o centigramma de carmim foi dividido em dez milhões de partes visiveis.

As substancias odoriferas apresentam um exemplo notavel da extrema divisibilidade. Um pequeno grão de almiscar exposto ao ar livre derrama um cheiro intenso durante muitos annos; durante todo este tempo, por conseguinte, foram espalhadas no ar, constantemente renovado, tenuissimas particulas de almiscar.

Os animaes microscopicos, assim chamados porque só com o auxilio do microscopio se podem distinguir, existem ás vezes aos milhares n'uma gota de liquido, e esses animaes teem órgãos de nutrição, de movimento, etc.: qual seria a expressão capaz de representar a grandeza d'estes órgãos?

O que se passa nas doses homoeopathicas mostra bem até

que ponto se divide a materia. Junta-se um grão do medicamento a 99 de substancia inerte; um grão d'esta mistura addiciona-se a 99 da mesma substancia inerte, e assim successivamente até além de 30 vezes, ou além da 30.^a *dynamisação*, como dizem os homœopathas. N'esta dynamisação um grão do remedio contém do medicamento uma fracção do grão, que tem por numerador a unidade e por denominador a unidade seguida de 60 cifras, como é facil de vêr,

isto é, $\frac{1}{10^{60}}$.

20.—Limite da divisibilidade.—Molecula.—A divisibilidade da materia não é illimitada: para o physico o *limite da divisibilidade* é a *molecula*, que por este motivo se denomina *a menor porção de materia que pode existir no estado livre*.

Para se fazer idéa da extrema pequenez d'aquelle limite basta dizer que Dupré avaliou em mais de 125:000 milhões o numero de moleculas contidas em um cubo de agua tendo por aresta um millesimo de millimetro.

IV.—Porosidade

21.—A *porosidade* é a propriedade que os corpos teem de conservarem sempre entre as moleculas, intervallos maiores ou menores denominados *poros*.

Consideram-se nos corpos duas especies de poros, *sensíveis* e *insensíveis* ou *intermoleculares*.

Demonstra-se a existencia dos primeiros com um tubo de vidro *T*, fig. 1, terminado por duas virolas metallicas; a inferior recebe um tubo metallico com torneira e rosca para aparafusar na machina pneumatica; a superior *C* recebe uma especie de taça, cujo fundo é um pedaço de madeira cortada perpendicularmente ás fibras, ou um pedaço de coiro ou de uma pelle de camurça. Abrindo a torneira que estabelece a communicação com a machina pneumatica, deitando



Fig. 1

uma porção de mercurio na taça e extractando o ar de dentro do tubo, vê-se apparecer aquelle liquido em pequenas gotas depois de atravessar o fundo da taça. Para que o mercurio não seja aspirado para o interior da machina, o que a arruinaria, a communição d'esta com o aparelho faz-se por intermedio de um tubo *t* recurvado para baixo.

Demonstra-se a existencia dos poros sensiveis nos metaes reduzindo-os a uma lamina muito delgada, e formando com ella uma esphera ôca, que se enche de agua e se fecha completamente: percutindo-a depois com um martello, vê-se gotear a agua através da parede, e depositar-se n'ella como se fôra orvalho. Esta experiencia foi feita em 1661 pelos academicos de Florença, com o fim de verificar se a agua diminuia de volume quando submettida a uma grande pressão.

Reconhecem-se os poros sensiveis na pedra *hydrophana*, que, não sendo translucida, torna-se mui transparente depois de estar algum tempo mergulhada em agua; porque este liquido desloca as bolhas d'ar que existem nos poros.

A *porosidade intermolecular* ou *insensivel* demonstra-se pelo raciocinio. De feito, todos os corpos, solidos, liquidos e gazosos, gozam da propriedade de se dilatarem pelo calor, e de se contrairem pelo resfriamento ou pela pressão, e sem admittir a penetração dos atomos, não se pode explicar a diminuição de volume de um corpo senão pela aproximação das suas moleculas, o que suppõe necessariamente que existem entre ellas pequenos espaços, cuja extensão pode variar sob a influencia dos agentes physicos.

A porosidade insensivel reconhece-se tambem em um grande numero de phenomenos chimicos, nos quaes se vê um corpo composto apresentar um volume menor do que a som-

ma dos volumes dos componentes. Isto é devido á penetração dos átomos de um corpo nos poros do outro, e vice-versa: advirta-se porém, que este facto não pode contestar a propriedade geral da impenetrabilidade da materia; porque as partes reaes da materia, isto é, os átomos, é que são impenetráveis.

Pode-se fazer a experiencia d'esta penetração apparente, que prova a porosidade, tomando um frasco com alguma agua, acabando de o encher com alcool córado, deitado com um funil de ponta voltada horisontalmente, para que o liquido se estenda em camada sobre a agua sem se misturar com ella, e fechando-o depois com uma rolha atravessada por um tubo de vidro dentro do qual sobe uma columna de alcool córado, cuja extremidade se marca com um cursor.

Agitando o frasco para fazer misturar os dois liquidos, vê-se diminuir a columna dentro do tubo, o que prova que o volume da mistura é inferior á somma dos volumes dos liquidos misturados.

22.—Casos de penetração apparente.—A penetrabilidade de uns corpos por outros é apenas apparente, porque é o resultado da existencia dos poros: assim, quando se molha o papel, um estofa qualquer, a esponja, etc., dizemos que a agua penetrou n'estes corpos; comtudo este liquido não fez mais que *infiltrar-se* n'elles, isto é, introduzir-se por entre as suas moleculas, nos seus poros emfim.

Raro é o corpo que não é permeavel á agua, e o que o não é deixa-se permear por outros liquidos; assim o azeite permeia o marmore. O caut-chuc e a gutta-percha são impermeáveis á agua; aproveita-se esta propriedade na construcção dos estofos denominados *impermeáveis*, muito uteis nos paizes humidos e chuvosos.

23.—Filtros.—Faz-se frequente e importante applicação da porosidade de certas substancias para clarificar e purificar os liquidos; estas substancias dizem-se então *filtros*.

Para filtrar pequena porção de um liquido pode-se em-

pregar um pedaço de feltro, um panno de linho, ou de algodão, ou um pedaço de papel descollado, convenientemente dobrado sobre si e collocado dentro de um funil.

Para filtrar grandes porções de liquidos, fazem-se filtros especiaes com camadas de areia, pedras porosas e o carvão, introduzidas em caixas; é assim que se tornam proprias para beber, isto é, potaveis, as aguas de alguns rios. É mui conveniente não deixar de empregar o carvão n'esta operação; porque elle tem a propriedade de absorver as materias organicas putrefeitas, que communicam ás aguas um cheiro e sabor desagradaveis.

Os filtros deixam passar os liquidos pelos seus poros, mas reteem as impúreas que são maiores do que elles; d'isto conclue-se que a operação é tanto mais perfeita, e tanto menos rapida, por consequente, quanto menores são os poros da substancia, ou quanto mais dividida ella está.

24.—Volume apparente e volume real.—A porosidade obriga-nos a distinguir em cada corpo duas especies de volume, o *apparente* e o *real*: o primeiro é o espaço occupado pela materia do corpo e os seus poros; o segundo é o espaço sómente occupado pela materia do corpo; este é portanto invariavel, e aquelle, pelo contrario, varia com o augmento e diminuição da grandeza dos poros.

Quando empregarmos unicamente a palavra volume deverá entender-se que tratamos do volume apparente.

25.—Massa e densidade: sua relação com o volume.—Define-se, em physica elemental, *massa de um corpo a quantidade de materia que elle contém*¹; e *densidade* de um corpo homogeneo *a massa de unidade de volume*; de um centimetro cubico, por ex.

¹ Esta definição, que apresentamos aqui para satisfazer ao programma, devia ser banida da sciencia; porque não dá a menor idéa do que se quer definir. Adiante damos a definição rigorosa de *massa* (53).

Assim, sendo V , expresso em centímetros cubicos, o volume de um corpo de massa m , a densidade d é igual a $\frac{m}{V}$; se o corpo não é homogeneo, este quociente representa a *densidade média*. A relação entre a massa, o volume e a densidade é portanto $m = Vd$.

Para outro corpo é $m' = V'd'$.

Assim, suppondo $d = d'$, vem $\frac{m}{m'} = \frac{V}{V'}$; o que se enuncia dizendo que, *as massas de corpos da mesma densidade são directamente proporcionaes aos volumes*.

Fazendo $V = V'$ vem $\frac{m}{m'} = \frac{d}{d'}$; isto é, *as massas de volumes eguaes de dois corpos são proporcionaes ás densidades*.

Finalmente, fazendo $m = m'$ vem $Vd = V'd'$, ou $\frac{V}{V'} = \frac{d'}{d}$, o que quer dizer que, *os volumes de massas eguaes estão na razão inversa das densidades*.

V.—Compressibilidade

26.—A *compressibilidade* é a propriedade que os corpos teem de serem reduzidos a menor volume quando se sujeitam a pressões. Esta propriedade é uma consequencia da disposição das moleculas e da porosidade, á qual serve de prova; porque se não houvesse poros não seria possível reduzir os corpos a menor volume, sendo, como é, a materia impenetravel.

A compressibilidade é muito sensivel em alguns solidos; é muito grande nos gazes, que por esta razão se denominam *fluidos compressiveis*, e quasi nulla nos liquidos, que recebem o nome de *fluidos incompressiveis*.

É costume demonstrar a grande compressibilidade dos

gazes com um instrumento denominado *fusil d'ar*¹, fig. 2,



Fig. 2

composto de um cylindro de vidro e de um embolo, que n'elle ajusta perfeitamente; o cylindro é fechado n'uma das extremidades e recebe o embolo na outra: empregando um esforço para fazer penetrar o embolo no cylindro, o ar, ou qualquer outro gaz que n'elle se tenha introduzido, não pode sair e é reduzido a um volume muito menor.

27.— Os corpos apresentam a propriedade inversa da compressibilidade, quando se emprega um esforço capaz de afastar as moleculas, isto é, quando se augmenta a força repulsiva do calor, ou por outra quando se aquecem.

Em geral os corpos dilatam-se, augmentam de volume, quando se aquecem; e contraem-se, diminuem de volume, quando arrefecem. É assim que se podem fazer passar os corpos de solidos a liquidos e de liquidos a gazes pelo aquecimento; e inversamente, fazer passar os gazes a liquidos e estes a solidos pelo resfriamento.

VI.—Elasticidade

28.— A *elasticidade* é a propriedade que os corpos tem de readquirirem o volume e a fôrma primitiva, quando cessa a causa que lhes alterou esse volume e essa fôrma.

¹ Adiante se verá o motivo d'esta denominação; notaremos que alguns auctores dão a este instrumento o nome de *fusil pneumático* pertencente a outro instrumento muito diverso e fundado no principio opposto.

Aquelles que readquirem completamente o volume e fórma dizem-se *perfeitamente elasticos*; taes são os gazes e os liquidos. Os solidos gozam apenas de uma elasticidade imperfeita.

Como a alteração do volume e da fórma dos liquidos e dos gazes apenas se pode fazer por um esforço de compressão, podemos dizer que só a *elasticidade de compressão* é uma propriedade geral. Nos solidos a elasticidade manifesta-se por outros esforços, como dizemos n'outro capitulo.

O esforço, que as moleculas, desviadas da sua posição, empregam para voltar ao logar primitivo, denomina-se *força elastica*.

Demonstra-se mui facilmente a elasticidade dos solidos com um plano de marmore humedecido com oleo, e com uma pequena bola de marfim, que sobre elle se deixa cair; a bola resalta e deixa no plano impressões circulares, tanto maiores quanto maiores são as alturas d'onde cae. Estas impressões mostram que a bola se achatou antes de se levantar, o que prova a *compressibilidade*; e os resaltos indicam o esforço que as moleculas comprimidas exercem para retomar as suas posições primitivas, o que prova a *elasticidade*.

A elasticidade tem um limite que é representado pelo maior grau de alteração de fórma e volume, que o corpo pode experimentar sem perder a faculdade de voltar ao estado primitivo.

VII.—Mobilidade

29.—*Mobilidade*: movimento e repouso, absolutos e relativos.— Denomina-se *mobilidade* a propriedade que os corpos teem de poderem ser mudados de logar, isto é, de poderem ser postos em *movimento*.

Por *movimento* entende-se o estado de um corpo que

muda constantemente de posição no espaço: denomina-se *repouso* o estado dos corpos que não mudam de posição.

Para fazer idéa d'estes estados é preciso referir as posições do corpo aos objectos que o cercam: se estes objectos estão fixos no espaço o movimento ou o repouso dizem-se *absolutos*; no caso contrario são *relativos* ou *apparentes*. Como não é possível encontrar no espaço pontos de referencia fixos, pode-se dizer que não se observam na natureza movimentos e repousos que não sejam relativos.

VIII.—Inercia

30.—A *inercia* é a propriedade geral que possui a materia de não poder alterar o seu estado de repouso ou de movimento sem o auxilio de uma causa externa, denominada *força*.

Nós vemos que um corpo em repouso permanece n'este estado até que uma causa qualquer o ponha em movimento; mas não vemos que um corpo posto em movimento permaneça n'este estado. É porque o corpo não está abandonado a si mesmo, mas submettido a causas que enfraquecem o seu movimento até o destruirem de todo: estas causas são principalmente o *atrito* e a *resistencia dos meios*.

31.—*Atrito*: suas especies.—O *atrito* ou *fricção* é a resistencia que os corpos oppõem a mover-se uns sobre os outros; provém das asperezas e da deformação das superficies em contacto.

Consideram-se duas especies de atritos: o de *escorregamento* e o de *rolamento*; o primeiro é o que se desenvolve quando os corpos escorregam, e o segundo quando rolam uns sobre os outros; no primeiro os mesmos pontos de um corpo tocam diferentes pontos do outro; no segundo os dois corpos tocam-se successivamente por pontos diffe-

rentes. O attrito da primeira especie é muito maior que o da segunda.

Desenvolve-se o attrito de rolamento entre as estradas e as pinas das rodas dos vehiculos: quando se quer augmentar a resistencia ao movimento, para o tornar menos rapido, como convém nas descidas, travam-se as rodas, e assim transforma-se o attrito de rolamento no de escorregamento.

32.—Resistencia dos meios.—Os corpos terrestres movem-se através do ar, e, muitas vezes, através da agua; e encontram da parte d'estes meios uma resistencia ao movimento, que precisam vencer perdendo parte do impulso que teem: esta resistencia denomina-se *resistencia dos meios* ou *dos fluidos*; ella contribue essencialmente, como se vê, para a diminuição successiva do movimento dos corpos até á sua completa extincção, se estes corpos são abandonados á sua inercia, isto é, se não recebem novos impulsos.

33.—Effeitos da inercia.—A propriedade geral da inercia explica muitos phenomenos, que constantemente observamos.

Assim, quando uma carruagem, ou um cavallo, param de repente, o individuo que vae dentro da primeira ou montado no segundo, tendendo em virtude da inercia a conservar o seu movimento, é impellido para diante; é exactamente o que acontece, e pela mesma razão, a um individuo que vae em pé dentro de um barco, quando este toca subitamente o caes; n'estas circumstancias, estando desprevenido é mui facil cair para o lado do caes.

É tambem pelo mesmo motivo, que, quando se desce de uma carruagem em movimento, é facil cair para diante; porque, em virtude da inercia, o corpo vae animado do movimento, que perde a parte inferior, quando toca o solo, mas que conserva a superior; é por isso conveniente, quando se desce deitar o corpo um pouco para traz, e assentar só um pé no solo, para que o outro possa, avançando com o corpo, tomar um ponto de apoio adiante. A queda que se dá quando se tropeça, explica-se do mesmo modo.

Reciprocamente, quando uma carruagem, um cavallo ou um barco começam a mover-se rapidamente, parece que somos levados em sentido contrario, porque ao principio não estamos ainda animados de movimento.

Todos conhecem os desastrosos effeitos de um choque de dois comboios, n'um caminho de ferro; pois a inercia é a sua causa: é destruido pelo choque o movimento das carruagens, não se aniquilando contudo o movimento de que estão animados os passageiros; por isto estes são impellidos para diante. Os individnos que caminham de frente saltam dos seus logares, os que caminham de costas tendem a ser enterrados nas paredes das carruagens: isto explica a grande vantagem dos logares d'estes ultimos, principalmente nas carruagens de 1.^a classe; porque as molas das almofadas annullam uma grande parte do choque.

É pelo effeito da inercia que se ajusta bem o cabo de um martello batendo com a sua extremidade no solo; porque o choque extingue completamente o movimento do cabo, e a cabeça do martello continúa em movimento.

CAPITULO III

NOÇÕES ELEMENTARES DE MECHANICA

I.—Noções sobre o movimento

34.—*Mechanica*.—A *mechanica* é a sciencia que estuda as forças e o movimento¹. N'este capitulo damos as noções mais elementares de *mechanica*, que são indispensaveis ao estudo da *physica* propriamente dita.

35.—Ponto material. Trajectoria. Movimento rectilíneo e curvilíneo.—Para estudar o movimento de um corpo começa-se, muitas vezes, por abstrair das suas dimensões, e por considerar o corpo reduzido a um ponto, no qual se imagina condensada toda a sua materia: esse ponto recebe o nome de *ponto material*, para o distinguir do ponto propriamente dito, ou do ponto geometrico.

D'esta maneira, representando a serie de posições occupadas pelo corpo movel, temos uma linha descripta por elle, que se chama *trajectoria*.

O movimento de um corpo diz-se *rectilíneo* ou *curvilíneo*, conforme a sua trajectoria é uma linha recta ou curva. Os movimentos curvilíneos distinguem-se uns dos outros pela natureza da linha curva: o movimento diz-se *circular*, *elli-*

¹ A *mechanica* divide-se em duas partes, a *cinematica* e a *dynamica*: na 1.^a faz-se o estudo dos movimentos independentemente das forças, e por conseguinte da materia dos corpos; na 2.^a ligam-se as idéas de movimento e de força, e por isso não se pode abstrair da materia. Na geometria considera-se, por ex., o movimento de linhas para gerar as superficies, mas não se attende ao tempo, como se faz na *cinematica*.

ptico, parabolico, etc., conforme a trajectoria é um arco de circulo, de ellipse, de parabola, etc.

36.—*Consideração do tempo.*—O movimento de um corpo não é conhecido só pelo estudo da fórma da trajectoria; é preciso examinar tambem o movimento em relação ao tempo, que o corpo gasta em percorrer as differentes porções d'esta linha.

Os instrumentos que servem para medir o tempo são os relógios e os chronometros; porém a verdadeira medição do tempo pertence á natureza, e é tirada dos phenomenos astronomicos, os quaes determinam intervallos de tempo successivos, que se chamam *dias*¹.

O dia divide-se em 24 partes eguaes, denominadas *horas*; cada hora em 60 partes, que são os *minutos*, e cada minuto em outras 60 partes eguaes, que são os *segundos*.

Sempre que não dissermos o contrario, deverá entender-se que a unidade de tempo a que nos referimos é o *segundo*.

37.—*Movimento uniforme.*—*Velocidade.*—O movimento diz-se *uniforme* quando os espaços, percorridos em quaesquer intervallos eguaes de tempo, são eguaes. É uniforme o movimento dos ponteiros de um relógio; como é tambem todo o movimento pelo qual, e com o qual, se mede o tempo.

Se for v o caminho percorrido em um segundo pelo corpo animado de movimento uniforme, será $2v$ o caminho percorrido em dois segundos, e, em geral, vt o caminho percorrido no tempo t , expresso em segundos: se representarmos este caminho por e temos $e=vt$.

Ao espaço v constante percorrido, em cada unidade de tempo, dá-se o nome de *velocidade*.

¹ O *dia solar* ou o *dia verdadeiro*, tomado para base da divisão do tempo, é o intervallo entre duas passagens consecutivas do sol pelo meridiano: o dia marcado pelo relógio é um dia médio. (Vid. os nossos *Principios de geographia mathematica*).

Podemos dizer, por conseguinte, que *no movimento uniforme os espaços percorridos são proporcionaes aos tempos gastos em percorrel-os.*

38.—Movimento variado, retardado e acelerado.—Velocidade.— Se os caminhos percorridos pelo movel, em successivos intervallos de tempo eguaes, não são eguaes, o movimento diz-se *variado*; se diminuem é *retardado*, se augmentam é *acelerado*.

A intensidade ou rapidez do movimento variado muda constantemente de um instante para outro: se a partir de um instante dado se conservasse constante, o movimento tornar-se-hia uniforme, e a velocidade d'este movimento uniforme é o que se chama *velocidade do movimento variado* no instante que se considera. Assim, quando se diz que a velocidade de um corpo animado de movimento variado é, n'um certo instante, representada por v , isto não quer dizer que o corpo percorre em um segundo o espaço v ; mas significa que, se a rapidez do movimento se conservasse como é no instante considerado, o corpo percorreria este espaço em um segundo.

39.—Movimento uniformemente variado.—Aceleração.— Se, no movimento variado, a velocidade augmenta ou diminue em tempos eguaes de quantidades eguaes, o movimento diz-se *uniformemente variado*; é *uniformemente acelerado* no primeiro caso, e *uniformemente retardado* no segundo.

O augmento ou diminuição que, no movimento rectilíneo uniformemente variado, experimenta a velocidade em cada unidade de tempo tem o nome de *aceleração*: é o valor da velocidade no fim de um segundo, se o movel partiu do repouso.

II.—Noções sobre as forças

40.—Forças.—Forças naturaes.—Para que um corpo passe do estado de repouso ao de movimento, ou para que adquira um movimento differente do que tem, é preciso uma causa, a qual se denomina *força*. *Força é pois uma causa capaz de produzir movimento ou alteração de movimento.*

As forças, que actuam sobre os corpos, independentemente da intervenção do homem, dizem-se *forças naturaes*: taes são as *forças moleculares* (3); a força que faz cair os corpos para a superficie da terra, denominada *gravidade*, etc.

41.—Forças instantaneas e continuas.—É costume classificar as forças, posto que impropriamente, em *instantaneas* e *continuas*, conforme se consideram applicadas aos corpos durante um instante ou durante instantes successivos: as primeiras produzem movimentos uniformes, as segundas movimentos variados.

As forças continuas denominam-se *constantes*, quando conservam em todos os instantes a mesma direcção e intensidade; denominam-se *variaveis* no caso contrario.

42.—Caractères, unidade e representação das forças.—As characteristics de uma força são: 1.º o seu *ponto de applicação*, isto é, o ponto onde ella actua directamente; 2.º a sua *direcção e sentido*, que se define a direcção e sentido do movimento que a força tende a communicar ao seu ponto de applicação; 3.º a sua *intensidade*, isto é, a sua maior ou menor energia, que se avalia por comparação com outra força tomada para unidade.

Convenciona-se tomar para unidade de força o kilogramma.

Representam-se os diversos elementos de uma força conduzindo pelo seu ponto d'applicação e no sentido da sua direcção uma recta indefinida, e marcando sobre ella, a par-

tir d'aquelle ponto um comprimento que comprehenda tantas unidades lineares, o centimetro por ex., quantas unidades de força contém a força dada.

Sempre que d'ahi não resulte confusão designa-se uma força apenas por uma letra *P*, *Q*, *R*, etc., collocada sobre a sua direcção.

43.—Systema de forças.—Resultante e componentes.—Um *systema de forças* é a reunião de duas ou mais forças, que concorrem para produzir um certo effeito: a força capaz de as substituir, ou de produzir o effeito de todas, denomina-se *resultante*, e as forças substituidas, *componentes*. Se as direcções d'estas são parallelas, o systema diz-se *de forças parallelas*; se concorrem, n'um ponto, diz-se *de forças concorrentes*; este ponto é o seu ponto commum de applicação.

Para substituir um systema de forças pela resultante faz-se o que se chama *composição de forças*; para separar uma força em duas ou mais, que produzam o effeito da primeira, faz-se a *decomposição da força*.

44.—Equilibrio.—Se duas ou mais forças applicadas ao mesmo corpo se neutralisam, o estado de movimento ou de repouso do corpo não é alterado; diz-se então que as forças se equilibram; e se o corpo está em repouso, diz-se que está em *equilibrio*.

Differe este estado do de repouso, porque n'este não se considera a acção de forças.

45.—Composição de forças na mesma direcção.—Se as forças actuam no mesmo sentido e direcção admite-se, como evidente, que a resultante é igual á sua somma, e obra no sentido e direcção das componentes.

Se duas forças actuam na mesma direcção, mas em sentidos contrarios, a resultante é igual á sua differença e actua no sentido da maior das forças componentes.

Se muitas forças actuam todas na mesma direcção, mas umas n'um sentido, outras no outro, a sua resultante é igual á differença entra a somma das que actuam n'um sentido e



a somma das que actuam no outro, e tem a direcção e o sentido da maior d'estas sommas.

46.—Composição de forças concorrentes: parallelogrammo e parallelepido das forças.—A resultante de duas forças concorrentes é representada em grandeza e direcção pela diagonal do parallelogrammo formado sobre as suas intensidades.

Sejam AB e AC , fig. 3, as direcções de duas forças concorrentes, actuando ambas em A para B e C , como indicam as setas; e representem AM e AN as suas intensidades. Formando o parallelogrammo sobre estas será AD a direcção e sentido da resultante, e AR a sua intensidade.

A resultante de muitas forças concorrentes obtem-se determinando primeiramente a resultante de duas, depois a resultante d'esta primeira resultante e d'uma terceira força, depois a resultante da segunda resultante e d'uma quarta força, e assim por diante.



Fig. 3

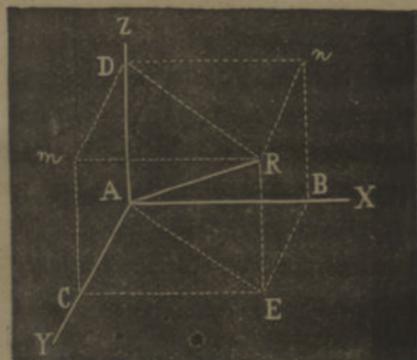


Fig. 4

Applicando estas regras ás tres forças AB , AC e AD , fig. 4, não situadas no mesmo plano, acha-se primeiro a resultante AE das duas AB e AC ; e depois a resultante AR d'esta resultante e da terceira força AD . Vê-se pois que a resultante de tres forças concorrentes não situadas no mesmo plano é a diagonal do parallelepido construido sobre as suas intensidades.

47.—Decomposição de uma força em duas ou tres concorrentes.
—Querendo decompor uma força AR , fig. 3, em duas nas direcções AB e AC , tiram-se por R duas rectas paralelas a estas linhas, e AM e AN são as duas componentes.

Para decompor uma força AR , fig. 4, em tres nas direcções AX , AY e AZ não situadas no mesmo plano, fórma-se o parallelipipedo com a diagonal AR e com as arestas nas tres direcções dadas: as porções AB , AC e AD intersectadas n'estas direcções são as intensidades das componentes procuradas.

O problema da decomposição de uma força em mais de duas no mesmo plano, e em mais de tres em diferentes planos, é indeterminado.

48.—Composição de duas forças paralelas.—A resultante de duas forças paralelas é uma força paralela ás componentes, igual á sua somma, se estas são do mesmo sentido, e á sua differença, se são de sentidos contrarios; no 1.º caso o seu ponto de applicação divide a recta, que une os pontos de applicação das componentes, em dois segmentos additivos inversamente proporcionaes ás intensidades d'estas; no 2.º caso este ponto divide a recta em dois segmentos subtrativos n'esta mesma relação, por conseguinte existe no prolongamento da recta do lado da força maior. Assim, se as forças são P e Q , fig. 5, a resultante R é igual á sua somma e actua n'um ponto C tal que seja $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$.

Se as forças teem sentidos contrarios, fig. 6, a resultante



Fig. 5



Fig. 6

R é igual á differença, e actua em C , sendo ainda este ponto determinado pela relação $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$.

49.—^{Conjugação} ~~Cuple~~ ou binario.—A regra da composição de duas forças parallelas de sentidos contrarios não é applicavel ao caso de ellas serem eguaes: ao systema de duas forças eguaes e parallelas actuando em sentido contrario nos extremos de uma recta dá-se o nome de *par de forças*, ^{conjugação} ~~cuple~~ ou *binario*: este systema não tem resultante, isto é, não pode ser substituido por uma força unica.

Suppondo fixo o meio da recta o effeito do binario é fazer girar esta em torno d'aquelle ponto, e este effeito mede-se pelo producto de uma das forças pela distancia entre ambas, producto que se denomina *momento do binario*.

50.—Composição de muitas forças parallelas.—Centro de forças parallelas.—A resultante de muitas forças parallelas obtém-se fazendo a composição de duas; compondo depois a resultante obtida com a terceira, e assim successivamente.

Se as forças teem todas o mesmo sentido, a resultante é igual á sua somma, e o seu ponto de applicação toma o nome de *centro de forças parallelas*. Este ponto é notavel; porque a sua posição não depende senão das posições dos pontos de applicação das componentes, e da relação entre as suas intensidades: de maneira que, se estas forças mudassem de direcção conservando-se ainda parallelas entre si, e mudassem de intensidade n'uma razão constante, o ponto de applicação da resultante não mudaria de posição.

Vê-se tambem que, conservando-se parallelas as forças e estando invariavelmente ligados entre si os seus pontos de applicação, pode-se fazer girar o systema em torno do centro de forças parallelas, sem que a resultante deixe de passar por este ponto: de maneira que se elle estiver fixo, ficará o corpo em equilibrio em todas as posições que pode tomar fazendo-o girar em torno d'elle. Adiante veremos uma applicação d'este principio.

51.—Decomposição de uma força em duas paralelas.—Querendo decompor uma força CR , figs. 5 e 6, em duas paralelas actuando nos pontos A e B , já sabemos que se o ponto C é intermedio a estes dois, estas forças são do mesmo sentido e somadas dão o valor de CR ; e que se está no prolongamento da recta AB , as forças são de sentidos contrarios, a sua differença é igual a CR e a maior tem o sentido d'esta força.

Para achar as intensidades das componentes, que representamos por P e Q , basta recorrer á proporção $\frac{P}{Q} = \frac{BC}{AC}$; no primeiro caso tiramos d'esta proporção a seguinte:

$$\frac{P+Q}{P} = \frac{BC+AC}{BC} \quad \text{ou} \quad \frac{R}{P} = \frac{AB}{BC}$$

d'onde se calcula o valor de P : o de Q é $R-P$.

No segundo caso tiramos da primeira proporção a seguinte:

$$\frac{P-Q}{P} = \frac{BC-AC}{BC} \quad \text{ou} \quad \frac{R}{P} = \frac{AB}{BC}$$

d'onde se calcula P : o valor de Q é, n'este caso, $P-R$.

52.—Dynamometros.—Denominam-se *dynamometros* os instrumentos que servem para medir as forças: a sua construção funda-se na elasticidade das molas, e a sua graduação é feita com pesos.

Faremos uma descripção resumida dos dynamometros mais geralmente empregados.

O *dynamometro de mola angular*, fig. 7, compõe-se de uma mola d'aço $ao b$, formando um angulo, cujos lados se fazem aproximar com o esforço transmittido a um d'elles

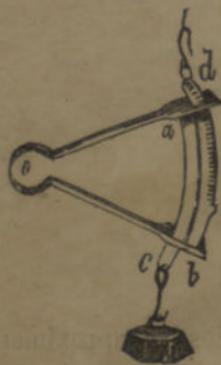


Fig. 7

ao por intermedio de um arco metallico *ac*, que lhe está fixo, e que atravessa livremente o outro lado do angulo: a este está ligado da mesma maneira outro arco *bd*, que serve para suspender o instrumento, e está graduado em kilogrammas. Assim, suspendendo o instrumento pelo gancho d'este arco, collocando pesos no gancho do outro, ou applicando-lhe qualquer força, pela gradação marcada no primeiro avalia-se esta força, ou aquelle peso.



O *dynamometro de mola em helice*, fig. 8, devido a Leroy, consta de uma mola espiral introduzida em um tubo, a que está ligada por um extremo *a* e tendo o outro preso a uma haste graduada, que atravessa livremente uma das bases do tubo. O esforço applica-se em *b*, tendo fixado o instrumento pelo extremo da haste ligada á mola. A dureza d'esta deve estar em harmonia com as forças que o instrumento é destinado a supportar: de feito, sendo a mola muito sensivel não pode avaliar grandes forças senão sendo muito extensa, o que não convém.

O *dynamometro de mola oval* ou *de Regnier*, fig. 9, consiste em uma mola oval, cujos pontos mé-



Fig. 9

dios se aproximam quando se exerce uma tracção pelos extremos, ou uma pressão pelo meio. Esta aproximação é indicada por um ponteiro *Or*, cuja extremidade percorre

as divisões traçadas sobre um sector fixo a um dos ramos da mola; ao outro ramo d'esta está ligada uma haste bc , que transmite o movimento ao ponteiro por intermedio de uma alavanca angular e .

O instrumento tem duas graduações: uma serve para indicar os esforços de pressão, com os quaes se aproximam directamente as partes médias da mola, como succede quando se quer apreciar a força das mãos; outra serve para medir os esforços de tracção, o que se faz applicando uma corda a uma extremidade e prendendo o instrumento pela outra. É assim que se mede a força de tracção dos cavallos.

O *dynamometro de Poncelet*, fig. 10, tem sobre os antecedentes a vantagem de que os deslocamentos das molas são proporcionaes ás forças. Consta de duas molas parabolicas A e B , articuladas nos extremos a duas pequenas hastes m e n , e tendo na parte média armaduras que recebem exteriormente os ganchos C e C' de suspensão do instrumento e da applicação das forças, e interiormente duas pequenas reguas e e e' , uma graduada e outra munida de um traço. O deslocamento d'este traço sobre a escala marca o afastamento das molas, e portanto a tracção exercida sobre ellas.

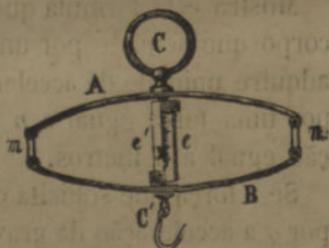


Fig. 10

53.—Proporcionalidade das forças ás accelerações.—Massa.— Se representarmos por F, F', F'' etc., diversas forças constantes, que actuando successivamente sobre o mesmo corpo lhe imprimem as accelerações j, j', j'' , etc., no fim do mesmo tempo, demonstra-se em mechanica que *aquellas forças são proporcionaes ás accelerações*, isto é,

$$\frac{F}{j} = \frac{F'}{j'} = \frac{F''}{j''} = \text{etc.}$$

É á relação constante entre qualquer força e a accelera-

ção correspondente que se dá, em mechanica, a denominação de *massa*; e como a experiencia demonstra que a mesma força actuando sobre diversos corpos lhes imprime, em geral, diversas accelerações, concluímos que aquelles corpos teem massas differentes.

Diz-se que *dois corpos teem massas eguaes, quando sob a acção da mesma força adquirem a mesma acceleração.*

Representando a massa de um corpo por m tem-se pois

$$\frac{F}{j} = m \quad \text{ou} \quad F = m j \quad (1)$$

Mostra esta formula que *unidade de massa* é a massa do corpo que actuado por unidade de força (um kilogramma), adquire unidade de acceleração (um metro); ou que actuado por uma força igual a n kilogrammas adquire a acceleração igual a n metros.

Se a força que sollicita o corpo é o seu peso P , designando por g a acceleração da gravidade, que adiante determinamos, tem-se

$$P = m g$$

e como, nas nossas latitudes, g é igual a $9^m,8$ proximamente, concluímos que unidade de massa é a do corpo que pesar $9^k,8$, por ex. a de $9^{\text{litros}},8$ de agua pura, a 4° .

§4.—Principio da reacção equal e contraria á acção.—Toda a *acção* faz desenvolver outra equal e contraria, que se denomina *reacção*. Este principio fundamental de dynamica enuncia-se da maneira seguinte: *se um corpo A é submettido á acção de uma força dirigida de outro corpo B, este ultimo é tambem sollicitado por uma força equal e contraria áquella.*

Em milhares de exemplos se reconhece a acção e reacção: citaremos alguns que podem desde já ser comprehendidos. Na experiencia mencionada no num. 26, feita com o *fusil*

d'ar, a acção do embolo sobre o ar, acção que se transmite ao fundo do cylindro, é acompanhada de uma acção egual que o ar exerce sobre o embolo, e que o faz elevar quando se abandona. O ar desempenha aqui o papel de mola tensa, que exerce a acção e a reacção sobre as faces oppostas do cylindro e do embolo.

Quando se dispara uma peça ou arma de fogo, os gazes provenientes da combustão da polvora expellem o projectil; é a acção; e produzem o recuo, que é o resultado da reacção, isto é, da acção contraria sobre o fundo da peça.

Um corpo suspenso por um fio ou apoiado sobre uma banca, produz um pequeno alongamento n'aquelle ou uma depressão n'esta, que mede o seu peso; ao mesmo tempo o fio ou a banca reagem com uma força egual e contraria, que obsta á queda do corpo.

É preciso notar que as duas forças, acção e reacção, apesar de eguaes e contrarias, não se destroem; porque actuam em corpos differentes. No exemplo do tiro da peça, vemos cederem ambos os corpos, o projectil e a boca de fogo. Querendo que ceda um só deve o outro ser fixo. Assim, para elevar um fardo do chão, exercemos um esforço vertical de baixo para cima; porém ao mesmo tempo exercemos a reacção com os pés sobre o solo, e é a resistencia d'este que a destroe. Exercemos um esforço em sentido contrario quando queremos tirar agua de um poço por meio de um balde, de uma corda e roldana: n'este caso a reacção é tambem de sentido contrario destruida pelo peso do nosso corpo. Casos ha porém em que a acção e a reacção actuam no mesmo corpo, e então este não pode ser deslocado. É o que acontece, por ex., quando um individuo collocado dentro de um carro exerce sobre as suas paredes um esforço para o deslocar; n'este caso a reacção transmite-se através do corpo ao mesmo carro, e por isso este não entra em movimento.

55.—Força tangencial e força centripeta.—Em consequencia

da inercia da materia, um corpo em movimento tende a caminhar sempre em linha recta com movimento uniforme; por conseguinte para um corpo caminhar em linha curva é necessario applicar-lhe constantemente uma força que o desvie da direcção rectilinea. Para facilidade do estudo, esta força F , fig. 11, costuma decompôr-se em duas: uma F_1

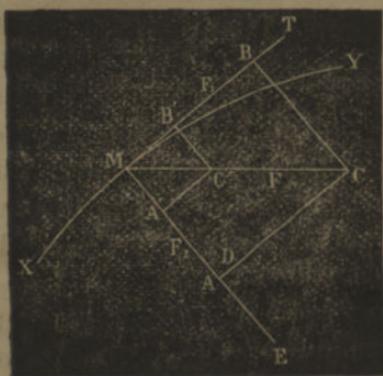


Fig. 11

na direcção da tangente MT á curva XY , e denominada por este motivo *força tangencial*, e outra F_2 , chamada *centripeta*, na direcção da normal existente no plano da curva, supposta plana, caso unico que consideramos.

As duas forças, tangencial e centripeta, são em geral ficticias; porque são apenas as componentes da força que produz o movimento curvilíneo. Como porém o movel, além de se mover em linha curva, muda em geral de velocidade, podemos dizer que a força tangencial é encarregada d'este ultimo effeito, e que a força centripeta produz a mudança de direcção no movimento, ou antes, que as coisas se passam como se houvesse realmente duas forças desempenhando aquelles dois effeitos.

No caso de ser a força F , que produz o movimento curvilíneo, constantemente normal á curva, é nulla a componente tangencial; o movimento torna-se uniforme e a força

centripeta é unica, e portanto real. Consegue-se isto ligando um ponto material sem peso a um fio inextensivel, ou enfiando uma conta sem peso n'um arame, isto é, obrigando o movel a uma curva, e dando-lhe n'um e n'outro caso uma impulsão. A tensão do fio, no primeiro exemplo, evidentemente normal á curva, porque tem a direcção do raio, e a resistencia da curva no segundo, tambem normal á curva, como se prova em mechanica, representam as forças centripetas, as quaes, sendo unicas, são evidentemente forças reaes.

No movimento rectilíneo é nulla a força centripeta, porque não ha mudança de direcção no movimento, e torna-se portanto real a força tangencial. Se o movimento além de rectilíneo é uniforme, tambem é nulla a força tangencial, por não haver variação na velocidade, d'onde se conclue que, n'este caso, não ha força alguma, como devia ser.

56.—*Força centrífuga.*—Chama-se *força centrífuga* a força igual e directamente opposta á centripeta. Visto ser a acção igual e contraria á reacção, a força centrífuga é, como veremos em alguns casos, a reacção sobre os laços physicos que obrigam o movel a seguir uma curva ou uma superficie, quaesquer que sejam as forças que lhe estejam applicadas.

Suppondo um ponto material obrigado a uma curva, não actuado por força alguma extranha, a força centripeta, unica que sollicita o movel, é a resistencia da curva sobre o ponto, e a centrífuga é a reacção, ou a pressão do ponto sobre a curva: n'este caso a força centrífuga é real.

Havendo forças estranhas, e sendo ainda o movel obrigado a uma curva, a força centripeta é a resultante da resistencia da curva e da componente normal da força dada: a força opposta áquella resistencia, ou a reacção sobre a curva, é a resultante da força centrífuga e da componente normal das forças estranhas.

Ligando, por exemplo, a um fio um copo cheio d'agua, e dando-lhe uma impulsão, a agua não cae em consequen-

cia das forças que actuam o movel, que são o peso e a acção do cordel, a resultante das quaes produz um movimento que se combina com a velocidade que o movel possui a cada instante. Durante este movimento a agua exerce pressão contra o fundo do copo, a qual é a resultante da força centrífuga e da componente normal do peso. No caminho de ferro aerio, fig. 12, um pequeno carro, abandonado do

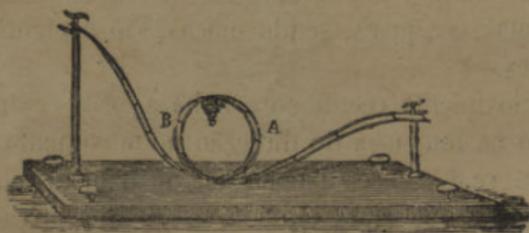


Fig. 12

extremo mais elevado da via ferrea, desce com grande velocidade, sobe com a velocidade adquirida e continua a mover-se encostado á curva desde o ponto A até B, em consequencia da velocidade inicial e das forças que o actuam, que são o peso e a resistencia da curva sobre o movel. Durante o movimento exerce-se ainda n'este caso a pressão do ponto sobre a curva, que é a resultante da centrífuga e da componente normal do peso.

Nos exemplos de movimento que apresentámos, vimos que a força centrífuga era umas vezes a reacção desenvolvida, outras vezes uma das componentes da reacção; advirta-se porém que não é esta a causa do movimento como erradamente se costuma suppôr.

Costumam-se citar algumas outras experiencias com o fim de demonstrar a existencia da força centrífuga; porém os movimentos observados explicam-se sem a intervenção de aquella força. As experiencias são as seguintes.

1.^a *Apparelho dos meridianos elasticos.*—Consta, fig. 13, de duas laminas d'aço muito flexiveis *c, c'* recurvadas em fórma

circular, ligadas entre si e dispostas em dois planos perpendiculares. Uma haste de ferro *ab*, no lugar do diametro commum, está fixa a ambos os circulos na parte inferior, e atravessa-os livremente na parte superior: esta disposição permite deformar os circulos, abaixando ou elevando

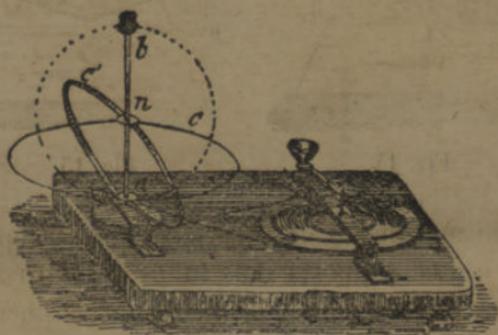


Fig. 13

com a mão a sua parte superior. A haste de ferro pode receber movimento rapido de rotação, por meio de uma manivela e de uma corda sem fim, que passa em duas roldanas; e como ella está fixa á parte inferior das molas communicavelles o seu movimento. Fazendo isto vê-se deformarem-se as molas, achatando-se no sentido do diametro commum.

É por esta maneira que se explica o achatamento da terra nos polos, suppondo que ella esteve primitivamente no estado fluido, porém animada de movimento de rotação em torno do seu eixo.

2.^a Imprimindo movimento de rotação pelo mesmo systema, ou por qualquer outro, ao quadro metallico *ABCD* representado na fig. 14, em cujo lado *AB* podem correr as espheras de marfim *E* e *E'*, reconhece-se que, estando estas ligadas, permanecem na mesma posição se estão dispostas de modo que haja massas eguaes de ambos os lados do

eixo de rotação; porém deslocando o systema para qualquer dos lados, vê-se que é fortemente impellido para a extremidade mais proxima do quadro.

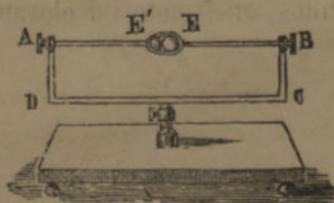


Fig. 14

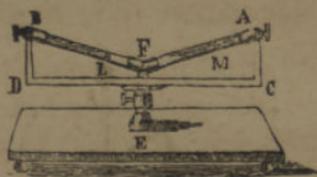


Fig. 15

4.^o Dando movimento de rotação ao quadro representado na fig. 15, o qual supporta dois tubos de vidro *A F* e *B F* com alguma agua, tendo o primeiro uma esphera de cortiça *M* e o outro uma de latão *L*, reconhece-se que a agua se accumula no extremo afastado no eixo, e que as espheras mudam de posição, isto é, a de cortiça apparece na parte inferior e a de latão na parte superior.

É um erro, como muito bem nota Bour, no seu livro de mechanica, attribuir taes movimentos, á existencia de uma força centrífuga real. É mui curioso o artigo que o sr. Francisco Horta escreveu a este respeito; porém n'um livro tão elementar como este nada mais podemos accrescentar ao que fica dito.

Diremos apenas que a força centrífuga é muitas vezes uma força apparente, que se considera no movimento relativo para tratar este movimento como se fosse absoluto.

57.—Leis da força centrífuga.—As leis da força centrífuga no movimento circular uniforme deduzem-se da formula $F = \frac{m v^2}{R}$, na qual *m* representa a massa do movel, *v* a sua velocidade e *R* o raio da trajetoria.

Para outro movel tem-se $F' = \frac{m' v'^2}{R'}$.

Suppondo $v=v'$ e $R=R'$ vem $\frac{F}{F'} = \frac{m}{m'}$. Assim:

1.^a Lei. *As forças centrífugas são proporcionaes ás massas, quando os moveis, animados da mesma velocidade, descrevem circulos do mesmo raio.*

Suppondo $m=m'$ e $R=R'$ vem $\frac{F}{F'} = \frac{v^2}{v'^2}$; portanto:

2.^a Lei. *As forças centrífugas são proporcionaes aos quadrados das velocidades, quando os moveis tem massas eguaes e descrevem circulos do mesmo raio.*

Finalmente, sendo $m=m'$ e $v=v'$ temos $\frac{F}{F'} = \frac{R}{R'}$. Assim:

3.^a Lei. *As forças centrífugas são inversamente proporcionaes aos raios dos circulos descriptos com a mesma velocidade por massas eguaes.*

Um caso importante, que ainda precisamos considerar, é aquelle em que massas eguaes descrevem circulos differentes no mesmo tempo; por conseguinte com velocidades tambem differentes.

Se for T o tempo gasto em percorrer com a velocidade v uma circumferencia de raio R , portanto de comprimento $2\pi R$, teremos (37) $2\pi R = vT$; isto é $v = \frac{2\pi R}{T}$. Substituindo este valor na expressão da força centrífuga vem

$F = \frac{4m\pi^2}{T^2} R$. Para outro movel da mesma massa é tambem

$F' = \frac{4m\pi^2}{T'^2} R'$; por conseguinte $\frac{F}{F'} = \frac{R}{R'}$. Assim:

4.^a Lei. *As forças centrífugas, desenvolvidas por corpos de massas eguaes que, durante o mesmo tempo, descrevem circumferencias de raios differentes, são proporcionaes a estes raios. É o que acontece com as forças centrífugas apparentes desenvolvidas nos differentes pontos da superficie da terra.*

III.—Noções sobre as machinas

58.—Machinas.—Potencias e resistencias.—Para tirar partido das forças é preciso empregar certos corpos, que são por ellas postos em movimento: estes corpos, que teem por fim transmittir a acção das forças, denominam-se *machinas*.

As forças applicadas ás machinas para produzir o effeito desejado denominam-se *potencias*, e os esforços, que estas vencem, dizem-se *resistencias*: estas comprehendem as *resistencias uteis*, ou aquellas que se pretendem vencer para conseguir o fim, e as *resistencias passivas*, que nascem do movimento e que se oppõem a elle, sem utilidade, consumindo parte da potencia.

O attrito e a resistencia dos meios, de que fallámos nos n.ºs 31 e 32, são exemplos das principaes resistencias passivas.

59.—Machinas simples e compostas.—As machinas, nas quaes a potencia e a resistencia são applicadas ao mesmo corpo, ou a corpos differentes que actuam directamente um sobre o outro, dizem-se *machinas simples*: são a *corda*, a *alavanca*, a *roldana*, o *sarilho*, o *plano inclinado*, o *parafuso* e a *cunha*.

Dizem-se *compostas* as machinas nas quaes ha corpos intermediarios entre os que recebem directamente a acção da potencia e da resistencia; estas machinas podem considerar-se como um aggregado de machinas simples.

60.—Trabalho das forças.—Unidades adoptadas.—Na applicação das forças é preciso não só vencer uma resistencia, mas produzir um certo deslocamento: a combinação dos dois elementos—força e caminho—conduz á consideração de um terceiro, denominado *trabalho da força*.

Entende-se por *trabalho de uma força constante o producto da sua*

intensidade pela projecção [sobre a sua direcção, do caminho percorrido pelo seu ponto de applicação.

Se o caminho se projecta no sentido da força, o trabalho diz-se motor, e a força *motriz*; se se projecta em sentido contrario o trabalho diz-se *resistente*, assim como a força. O trabalho motor affecta-se do signal *mais* e o resistente do signal *menos*.

A unidade adoptada na avaliação do trabalho das forças é o trabalho correspondente ao peso de um kilogramma elevado a um metro de altura: esta unidade chama-se *kilogrammetro*. A noção do trabalho é independente do tempo; porém como uma machina é tanto mais vantajosa quanto mais depressa executa um certo trabalho, attendeu-se ao tempo e adoptou-se outra unidade na avaliação do trabalho das machinas. Esta nova unidade é o *cavallo-vapor*, e corresponde ao trabalho de 75 kilogrammetros por segundo.

61.—*Força viva*.—O trabalho desenvolvido pela força constante F , para deslocar de e na sua direcção um movel de massa m , que parte do repouso, é $T = F \times e$. Substituindo por F o seu valor mj , e por e o valor $\frac{v^2}{2j}$ tirado da formula $v = \sqrt{2je}$, obtem-se a expressão $T = \frac{1}{2} m v^2$.

O producto $m v^2$ da massa de um corpo pelo quadrado da sua velocidade denomina-se impropriamente *força viva*; dizemos impropriamente porque elle não mede a força mas sim o trabalho. Como se vê o trabalho que é preciso dispendir para imprimir a um corpo a velocidade de que elle está animado, é igual a metade da força viva que esse corpo possui.

62.—*Alavancas*.—Dá-se o nome de *alavanca* a qualquer barra resistente, de madeira ou de metal, susceptivel de se mover em torno de um ponto para transmittir a acção de uma potencia.

O ponto em torno do qual gira a alavanca denomina-se *fulcro*: conforme a sua posição em relação aos pontos de applicação da potencia e da resistencia, assim a alavanca se diz *inter-fixa*, *inter-resistente* e *inter-potente*.

A alavanca *inter-fixa* tem o fulcro entre a potencia e a resistencia: as peças de uma thesoura são exemplo caseiro d'esta especie de alavanca.

A alavanca *inter-resistente* é aquella na qual a resistencia fica entre o fulcro e a potencia; são exemplos d'esta especie de alavanca o quebra-nozes; um remo de uma embarcação, que toma o ponto de apoio na agua, a resistencia no tolete e a potencia na extremidade onde pega o remador, etc.

A alavanca *inter-potente* recebe a potencia entre o fulcro e a resistencia; é o que acontece no pedal dos amoladores.

A acção de uma força, potencia ou resistencia, applicada a um ponto de uma alavanca é, como veremos, tanto maior quanto maior é a distancia d'esse ponto ao fulcro; por isso a alavanca mais vantajosa é a inter-resistente.

63.—As alavancas empregam-se nos canteiros para levantar e arrastar corpos de grande peso, por uma manobra particular, que consiste em inclinal-as introduzindo uma das suas extremidades debaixo da carga, e abaixar a outra extremidade, depois de ter mettido debaixo, perto da carga, uma cunha que serve de apoio.

As alavancas empregadas n'este serviço são de ferro e achatadas nas duas extremidades, para que seja mais facil introduzil-as debaixo das pedras: uma das extremidades é dobrada em angulo obtuso a fim de formar um calcanhar pelo qual toma apoio, conservando o braço levantado, o que não obriga o operario a abaixar-se muito para a manobra.

64.—Condições de equilibrio na alavanca.—Qualquer que seja a especie de alavanca, para haver equilibrio entre a potencia e a resistencia, deve a resultante d'estas duas forças passar pelo fulcro, cuja resistencia a destruirá; e para isso é preciso: 1.º que as duas forças estejam no mesmo plano; 2.º que tendam a fazer girar a alavanca em sentidos contrarios; 3.º que a potencia esteja para a resistencia na razão inversa dos braços de alavanca d'estas forças.

Por *braço de alavanca de uma força* entende-se o comprimento da perpendicular conduzida do ponto de apoio sobre a direcção da força.

Assim, suppondo que a alavanca interfixa AB , fig. 16, é actuada pelas forças R e P , situadas no mesmo plano, tendo os sentidos indicados pelas pontas das settas, e sendo Fr e Fp os braços da alavanca em relação ao



Fig. 16

fulcro F , haverá equilíbrio se for $\frac{R}{P} = \frac{Fp}{Fr}$ ou $P \times Fp = R \times Fr$.

Ao producto de uma força pelo seu braço de alavanca, ou, em geral, pela distancia da sua direcção a um ponto fixo, chama-se *momento* d'essa força em relação a este ponto. Por conseguinte a 3.^a condição do equilibrio na alavanca tambem se enuncia dizendo que, *os momentos da resistencia e da potencia em relação ao fulcro devem ser eguaes*.

Esta ultima condição mostra que uma pequena potencia é capaz de vencer uma grande resistencia, com tanto que seja muito pequeno o braço de alavanca d'esta e muito grande o d'aquella. Archimedes, que descobriu este principio, dizia que lhe dessem um ponto fixo no espaço, e uma alavanca sufficientemente comprida, que elle levantaria o mundo.

PRIMEIRA PARTE

GRAVIDADE, PROPRIEDADE DOS CORPOS NOS TRES ESTADOS DE AGREGAÇÃO

CAPITULO I

DA GRAVIDADE

I.—Attracção universal e attracção molecular

65.—Attracção universal: suas leis.—Sabe-se que os planetas e os cometas giram em torno do sol, assim como os satellites em torno dos seus planetas: Newton explicou este movimento admittindo que os corpos do systema solar se attraem mutuamente, e que na origem do universo o Creador lançou em linha recta, no espaço, cada um dos planetas com uma força proporcional á sua massa e á sua distancia ao sol. A combinação d'esta força instantanea de projecção com a força contínua de attracção originou o movimento curvilíneo.

A attracção exerce-se tambem entre a terra e os corpos collocados sobre ella, a qualquer altura; e é por este motivo que elles caem para a superficie terrestre: esta força de attracção denomina-se *gravidade*, e a força de attracção entre os astros denomina-se *gravidade universal* ou *gravitação*.

Dissemos no num. 3 que para explicar a constituição

phica dos corpos, se admittia uma força de attracção entre as moleculas; parece pois que a attracção é uma *força universal*. Nós não podemos acreditar que ella exista, por que isso seria contrario á lei geral da inercia da materia, só podemos dizer, como fez o proprio Newton, que as coisas se passam como se ella existisse.

As leis da attracção universal, descobertas por Newton para a gravitação e para a gravidade, são as seguintes: 1.^a *os corpos attraem-se com uma força proporcional ás suas massas*; 2.^a *a attracção é inversamente proporcional ao quadrado das distancias*.

Como consequencia d'estas leis demonstra-se em mechnica que, *uma esphera composta de camadas concentricas homogeneas attrae como se toda a sua massa estivesse reunida no centro*.

66.—Attracção molecular.—A attracção molecular recebe, como já dissemos, o nome de *cohesão*.

A cohesão, que se manifesta entre as superficies dos corpos em contacto, denomina-se tambem *adhesão*.

Vamos descrever algumas experiencias que mostram a existencia d'estas forças nos differentes corpos.

67.—Cohesão e adhesão nos solidos.—A resistencia que os solidos oppõem á separação das suas moleculas, e o facto d'ellas, depois de separadas dentro de certos limites, retomarem as suas posições, prova a cohesão nos solidos. Os phenomenos da congelação dos liquidos, acompanhados da crystalisação, demonstram egualmente que as suas moleculas estão submettidas a uma attracção mutua.

A adhesão entre os solidos reconhece-se em muitas circumstancias differentes, e costuma demonstrar-se com dois discos de vidro ou de marmore *P, P'*, fig. 17, que se levam ao contacto, de modo que não fique entre elles alguma bolha d'ar; suspendendo-os por um d'elles, o outro não cae, ainda gando carregando com pesos *p*. Para que não se attribua o phenomeno á acção do ar, introduz-se o aparelho



Fig. 17

debaixo do recipiente da machina pneumática, faz-se o vacuo e os discos conservam-se adherentes.

O phenomeno é mais notavel tendo molhado as superficies que se levam ao contacto; porém é então devido principalmente á adhesão entre os solidos e o liquido.

68.—Cohesão nos liquidos e sua adhesão para os solidos.—A cohesão nos liquidos é quasi nulla, porque as moleculas cedem aos mais pequenos esforços; porém não é nulla, porque introduzindo uma vareta de vidro em agua, no alcool, azeite, etc., e retirando-a depois, observa-se que no extremo da vareta vem adherente um pequeno globulo liquido, proveniente sem duvida da attracção das moleculas liquidas que o constituem; ao mesmo tempo se reconhece a adhesão do liquido para o solido. Vê-se tambem, quando se lança um pouco de liquido, agua por exemplo, sobre uma superficie coberta de pó ou revestida de qualquer substancia gorda, a formação de gotas, que provam evidentemente a cohesão nos liquidos.

Mostra-se tambem a cohesão nos liquidos e a sua adhesão para os solidos, suspendendo horisontalmente a um dos pratos de uma balança um disco de vidro, que se applica sobre um liquido, agua ou mercurio, por exemplo; reconhece-se então que é preciso collocar pesos no outro prato para separar o disco da superficie do liquido, o qual antes da separação eleva-se um pouco adherente a este. Este experiencia feita com o mercurio, que não molha o vidro, demonstra que ha tambem cohesão entre os liquidos e os solidos não molhados.

A experiencia que acabamos de descrever foi modificada por Dupré de uma maneira notavel. A fig. 18 representa a experiencia do sabio professor de Rennes: deitam-se algu-

mas gotas d'agua de sabão sobre uma lamina de cobre e sobre uma pequena haste apoiada sobre ella e muito movel em torno de um fulcro: afastando a haste o liquido estende-se, acompanhando-a; e abandonando-a é levada contra a lamina, como se o liquido fosse



Fig. 18

uma especie de mola tensa. Emprega-se n'esta experiencia um liquido de grande viscosidade para exagerar o phenomeno; porém elle manifesta-se do mesmo modo com qualquer outro.

69.—Cohesão nos gazes e entre os gazes e os solidos.—Não é facil demonstrar experimentalmente a cohesão entre as moleculas dos gazes, porque ellas tendem sempre a afastar-se umas das outras; todavia não podemos deixar de a admitir depois de demonstrada entre as moleculas dos liquidos e sabendo que os gazes, em circumstancias determinadas, passam ao estado liquido.

A cohesão entre os gazes e os solidos conhece-se e prova-se quando estes se mergulham em liquidos, porque levam bolhas adherentes, que se separam; prova-a tambem a condensação dos gazes no interior de corpos muito porosos como o carvão vegetal, o pó muito fino, etc.

A absorpção dos gazes pelos solidos é um facto mais geral do que se tem supposto, e observa-se até nos metaes aparentemente mais compactos. Tem notavel applicação a absorpção do hydrogeneo pela esponja de platina.

II.—Gravidade: noções geraes

70.—Gravidade: suas leis.—A *gravidade* é, como já dissemos, a força em virtude da qual os corpos abandonados a si mesmos caem para a superficie da terra. Aquella força é

uma attracção mutua entre a terra e os corpos sub-lunares; por conseguinte tambem estes corpos attraem a terra, porém este effeito não é apreciavel, por ser a massa do nosso globo infinitamente grande comparativamente com a dos corpos sub-lunares.

As leis da gravidade são as mesmas que as da attracção universal, de que aquella força é um caso particular. Em virtude da 3.^a lei, e considerando a terra como espherica e composta de camadas concentricas homogeneas, podemos dizer que a resultante das attracções de todos os seus pontos sobre qualquer corpo sub-lunar passa pelo seu centro; d'aqui vem a definição seguinte: *gravidade é a força que faz tender constantemente os corpos para o centro da terra.*

71.—Direcção da gravidade.—Fio de prumo.—A *direcção da gravidade* é (42) a linha que um corpo segue no seu movimento, quando abandonado sobre a terra: em virtude do que dissemos no num. antecedente ella dirige-se sensivelmente para o centro da terra, isto é, confunde-se com o prolongamento de um raio terrestre. Se o corpo não pode cair, por estar ligado a um fio que o suspende, desenvolve uma tensão e determina n'elle a direcção da gravidade. O fio ligado a uma pequena massa metallica, para determinar a direcção da gravidade, tem a denominação de *fio de prumo*.

72.—Linha e plano vertical.—Linha e plano horisontal.—Chama-se *linha vertical* a direcção da gravidade, isto é, a linha recta que os corpos descrevem quando se abandonam sobre a terra á acção d'esta força: determina-se com o fio de prumo.

As diversas verticaes convergem no centro da terra; formam por conseguinte um angulo, que é inapreciavel no mesmo lugar, em virtude da grande distancia áquelle ponto: é por este motivo que praticamente se reconhece serem parallelas as verticaes no mesmo lugar. Como a um quarto de circumferencia terrestre, isto é, a 90°, correspondem

10 milhões de metros, o angulo das verticaes situadas a 100 metros é apenas de $\frac{90^\circ \times 100}{10000000} = 3'',24$.

O plano que passa por uma linha vertical diz-se *plano vertical*; qualquer recta ou plano perpendicular á linha vertical, diz-se *linha* ou *plano horizontal*.

Os pedreiros para collocarem as pedras *de nivel*—horizontalmente—empregam uma regua de madeira, ligada perpendicularmente a uma outra com uma linha de prumo; quando esta coincide com uma linha traçada na segunda regua, a primeira está horizontal: este instrumento é o *nivel de pedreiro*. Em physica emprega-se, com o fim de determinar uma linha ou um plano horizontal, o *nivel de bolha d'ar*, de que adiante damos noticia.

73.—Peso absoluto.—O peso absoluto de um corpo é a resultante ou a somma das acções da gravidade sobre todas as moleculas do corpo. Faz-se idéa do peso absoluto pela tensão ou pela pressão que o corpo exerce sobre aquelle que obsta á sua queda. Sendo P o peso de um corpo, m a sua massa e g a accelleração da queda é (53) $P = mg$.

A tendencia dos corpos para a terra é geral; se alguns, como as nuvens, o fumo, etc., parecem subtrair-se a ella, elevando-se no ar, veremos que isso mesmo é uma consequencia da gravidade.

Os gazes, não obstante a sua expansibilidade, teem peso; demonstra-se isto com um balão de vidro de 8 a 10 litros de capacidade, fig. 19, que se suspende ao travessão de uma balança e se pesa cheio de gaz, e depois completamente vasio; para este fim tem uma virola com rosca e torneira, que permite pol-o em communicação com a machina pneumatica, e que depois evita a communicação com o exterior. A dif-



Fig. 19

ferença de pesos dividida pela capacidade do balão, expressa em litros, dá o peso de um litro de gaz. Acha-se assim, para o ar *normal*¹, o valor 1^{gr},292 proximamente.

74.—Peso específico.—Denomina-se *peso específico* de um corpo homogêneo o peso absoluto da unidade de volume: sendo P o peso do corpo de volume V , o peso específico p é igual a $\frac{P}{V}$; portanto $P = Vp$.

Se o corpo não é homogêneo a relação entre o peso e o volume é o *peso específico médio*.

75.—Pesos relativos.—Para fazer idéa do peso dos diferentes corpos, é preciso considerar o de um como unidade e comparar com elle os pesos dos outros; obtem-se assim os *pesos relativos*. O corpo cujo peso se toma para unidade é um centimetro cubico de agua pura na temperatura de 4°; o seu peso, que se denomina *gramma*, serve de base para a formação das medidas de peso.

Para avaliar os pesos especificos e as densidades é preciso tambem comparal-os com o peso específico, ou com a densidade de outro corpo, que se torna para termo de comparação.

76.—Densidade.—A definição que demos de densidade no num. 25, é tão inconveniente como a definição de massa mencionada no mesmo numero, pois que não dá idéa alguma do que se quer definir. Vamos apresentar a verdadeira noção de *densidade*.

Entende-se por *densidade de um corpo a relação entre o seu peso e o de egual volume de outro corpo, que se toma para termo de comparação*, que é a agua pura a 4°, se o corpo é solido ou liquido, e o ar normal, se é gazoso.

¹ Daremos este nome ao ar secco na temperatura do gelo fundente (zero de graus) e á pressão atmospherica de 760^{mm}: adiante explicaremos o que isto significa. O resultado depende ainda da latitude e da altitude do logar: o valor 1^{gr},292 refere-se a Lisboa.

Assim, para achar o peso de um solido ou liquido, dada a densidade, multiplica-se o volume do corpo pela densidade; advertindo que o producto vem expreso em kilogrammas se o volume é em litros, e em grammas se é em centimetros cubicos, etc. Isto é evidente; porque pretendendo-se, por ex., o peso de V litros de uma substancia cuja densidade é d , é claro que se a substancia fosse agua o seu peso seria V kilogrammas: porém como o corpo não é agua, mas pesa, debaixo do mesmo volume d vezes mais que ella, o seu peso é d vezes maior; portanto $P = Vd$.

Tratando-se de achar o peso de V litros de um gaz de densidade d , é necessario multiplicar o volume V pela densidade d e ainda por $1^{\text{gr}},292$, que, como já dissemos, representa o peso de um litro d'ar normal. De feito, se se tratasse do ar, o peso de V litros seria $V \times 1^{\text{gr}},292$; porém como se trata de um gaz, que debaixo do mesmo volume que o ar pesa d vezes mais, o peso será $Vd \times 1^{\text{gr}},292$. Se o volume V fosse expreso em centimetros cubicos, o peso seria $Vd \times 0^{\text{gr}},001292$.

III.—Centro de gravidade.—Equilibrio dos corpos pesados

77.—Centro de gravidade.—O ponto de applicação do peso de um corpo denomina-se *centro de gravidade*: é propriamente o centro de forças parallelas (30) devidas á gravidade; portanto goza das propriedades d'este ponto. D'aqui vem est'outra definição: *centro de gravidade de um corpo é o ponto sobre o qual elle está em equilibrio em todas as posições*.

78.—Posição do centro de gravidade.—Sua determinação experimental.—Se o corpo é homogeneo e tem centro de figura, o centro de gravidade é este ponto; porque de cada lado de uma recta conduzida por elle ha o mesmo numero de

pontos semelhantemente collocados e submettidos a forças eguaes.

Suppondo todos os pontos de quaesquer linhas, superficies ou volumes, substituidos por moleculas pesadas, achase o centro de gravidade:

1.º de uma recta, no meio;

2.º de uma circumferencia, de um circulo, de um anel, de uma esphera, de uma ellipse, de um ellipsoide, etc., no centro;

3.º do perimetro ou da superficie de um parallelogrammo, no ponto de crusamento das diagonaes;

4.º de um cylindro, no meio do eixo;

5.º da superficie de um triangulo, no ponto de encontro das rectas que unem os vertices dos angulos aos pontos médios dos lados oppostos;

6.º do perimetro de um triangulo, no centro do circulo inscripto no triangulo, que se obtem unindo os meios dos lados do triangulo dado.

Determina-se praticamente o centro de gravidade de um corpo, suspendendo-o por um fio em duas posições diferentes: o ponto de intersecção dos prolongamentos do fio é o centro de gravidade.

A consideração do centro de gravidade é muito importante para determinar as condições de equilibrio dos corpos pesados: este equilibrio realisa-se suspendendo o corpo ou apoiando-o.

79.—Condição de equilibrio dos corpos suspensos.—Equilibrio indifferente, estavel e instavel.—Para que um corpo não caia, pôde suspender-se por um fio, ou por um eixo: damos o nome de *centro de suspensão* ao extremo opposto do fio, ou ao ponto de intersecção do plano vertical conduzido pelo centro de gravidade do corpo com o eixo de suspensão.

Para que o corpo esteja em equilibrio em qualquer dos casos mencionados é preciso que a recta, que une o centro de suspensão com o centro de gravidade do corpo, seja ver-

tical¹: satisfeita esta condição, o peso do corpo, actuando no prolongamento d'esta linha, é completamente neutralizado pela tensão do fio, ou pela resistencia do eixo; em qualquer outra posição do corpo o peso decompõe-se em duas forças, uma no prolongamento do fio, e outra perpendicular; e esta ultima faz oscillar o corpo.

No caso do corpo estar suspenso por um eixo, este pode passar pelo seu centro de gravidade, e então realisa-se a condição do equilibrio em qualquer posição; por este motivo o equilibrio diz-se *indifferente*. Se o eixo é superior ao centro de gravidade do corpo, desviando este da posição de equilibrio volta a ella no fim de algum tempo, depois de ter oscillado para um e outro lado; o equilibrio diz-se *estavel*. Se o centro de gravidade do corpo é superior ao eixo de suspensão, o equilibrio diz-se *instavel*; porque desviando o corpo d'esta posição não a readquire por si mesmo.

80.—Condição de equilibrio dos corpos apoiados.—Para que um corpo apoiado sobre outro ou sobre a superficie da terra esteja em equilibrio, é preciso que a vertical baixada do centro de gravidade caia na *base de apoio*, isto é, no polygono convexo determinado pelas linhas que passam pelos pontos d'apoio: quando ha só um ponto de apoio é preciso que a vertical do centro de gravidade passe por elle.

No caso do corpo apoiado sobre um plano podemos considerar tambem tres especies de equilibrio: 1.º *indifferente*, quando o seu centro de gravidade não pode elevar-se nem abaixar-se nas differentes posições que se lhe podem dar; é o que succede a uma esphera homogenea assente sobre um plano horisontal; 2.º *estavel*, quando o centro de gravidade está mais baixo do que em qualquer outra posição; como succede com uma pyramide collocada sobre a base; 3.º *instavel*, se o centro de gravidade está mais alto do

¹ N'isto se funda o processo da determinação pratica do centro de gravidade de um corpo, indicado no numero antecedente.

que em qual outra posição; é o que acontece com uma pyramide apoiada pelo vertice.

Havendo só um ponto de apoio o equilibrio é necessariamente instavel; porém pode tornar-se estavel adicionando ao corpo massas M, M , fig. 20, que fazem descer o centro de gravidade abaixo do ponto de apoio.



Fig. 20

Podemos dizer que um corpo apoiado tem, em geral, tanta mais estabilidade quanto maior é a sua base, e quanto mais baixo está o seu centro de gravidade. Por esta razão os carros de quatro rodas são mais seguros que os de duas, e convém carregal-os por fórma que as mallas e bagagens fiquem o mais baixas possível, para que não se eleve o centro de gravidade.

É em consequencia dos mesmos principios que um homem está mais firme sobre dois pés que sobre um, e tanto mais quanto mais afastados estão; que um homem carregado inclina o corpo para o lado opposto á carga; que um quadrupede, quando caminha, não levanta simultaneamente os dois pés do mesmo lado, etc.

81.—Condição geral de estabilidade ou instabilidade do equilibrio.—Como o centro de gravidade de um corpo tende sempre a descer, porque elle é o ponto de applicação da gravidade, podemos dizer que o equilibrio é *estavel* ou *instavel*, sempre que a altura do centro de gravidade, em relação ás posições proximas que toma, quando se desvia um pouco o corpo da posição de equilibrio, é *minima* ou *maxima*.

É pela descida do centro de gravidade que se explica a subida sobre um plano inclinado mn , fig. 21, de um cylindro de madeira AB carregado lateralmente com um pedaço de chumbo a ; porque o centro de gravidade do cylindro, situado perto do bordo onde está o chumbo, desce segundo a linha ab .

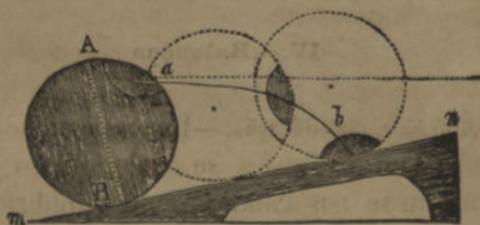


Fig. 21

Do mesmo modo se explica a subida de um duplo cone sobre duas barras que se affastam á medida que se elevam, fig. 22.



Fig. 22

Na mesma propriedade se funda o *relogio magico*, composto de um mostrador de vidro e de dois ponteiros, terminados por um lado em ponta e por outro em um cylindro onde se occulta um mechanismo de relojoaria, que faz mover um peso em um annel, completando uma rotaçãõ n'uma hora, no ponteiro dos minutos, e em doze horas no ponteiro das horas. O eixo dos ponteiros não passa pelo seu centro de gravidade, de modo que este ponto, mudando de posição com o peso movel, descreve uma circumferencia, arrastando assim os ponteiros.

IV.—Balanças

82.—Definição e classificação.—Denominam-se *balanças* os instrumentos com os quaes se mede o peso relativo dos corpos. Fundam-se nas condições de equilibrio das forças applicadas aos extremos de uma alavanca interfixa.

As balanças podem ser de *braços eguaes* ou de *braços deseguaes*: são de braços eguaes a *balança ordinaria*, e a *balança de Roberval*; e de braços deseguaes a *balança romana* e a *balança decimal*.

83.—Balança ordinaria.—A balança ordinaria consta essencialmente de uma alavanca interfixa, denominada o *travessão*, movel em torno de um eixo horisontal, e cujos braços, eguaes em peso e comprimento, suspendem nos extremos dois pratos de igual peso. Um ponteiro, denominado o *fiel*, collocado perpendicularmente ao travessão, superior ou inferiormente ao eixo de suspensão, indica pelas suas oscillações sobre um arco graduado os mais pequenos movimentos do travessão.

84.—Condições a que devem satisfazer as balanças.—As condições a que devem satisfazer as balanças são de duas ordens: de *precisão* e de *sensibilidade*; as 1.^{as} referem-se á exactidão das pesadas; as 2.^{as} ao valor da differença de pesos collocados nos pratos, que as balanças accusam.

85.—Condições de precisão.—Nas *balanças exactas* pretende-se que o travessão fique em equilibrio estavel em posição horisontal, quando os pratos recebem pesos eguaes. D'ahi se deduzem as condições seguintes:

1.^a *Os pratos, conjunctamente com os braços do travessão respectivo, devem ter o mesmo peso.* Supponhamos, por ex., que os pesos dos dois pratos não eram eguaes, e que estavam entre si como 4:3; é claro que o equilibrio exigiria que os braços do travessão estivessem entre si como 3:4,

em virtude do principio de Archimedes relativo ás alavancas; mas sendo assim, quando collocassemos pesos eguaes nos dois pratos, como 5 por ex., a relação dos pesos applicados á alavanca seria de $\frac{5+4}{5+3} < \frac{4}{3}$, e portanto o equilibrio não existiria com a relação $\frac{3}{4}$ dos braços.

É pois necessario que os pratos da balança tenham o mesmo peso, e por conseguinte que *os braços do travessão sejam eguaes.*

2.^a *O centro de gravidade da balança deve estar n'uma perpendicular ao travessão conduzida pelo eixo de suspensão.* Satisfeita esta condição, como o equilibrio só pode dar-se estando aquella linha na posição vertical, estará o travessão horizontal, como se deseja.

3.^a *O centro de gravidade da balança deve ser inferior ao eixo de suspensão,* para que o equilibrio seja estavel. Se o centro de gravidade existisse no eixo de suspensão, o equilibrio seria *indifferente*, isto é, realisar-se-hia em qualquer posição do travessão; se lhe fosse superior, o equilibrio seria instavel, por conseguinte muito difficil, senão impossivel de obter, e a balança desviada da posição horizontal não oscillaria para voltar a esta posição. A balança dir-se-hia então *doida.*

Reconhece-se se os braços são eguaes equilibrando horizontalmente a balança com dois pesos, e depois tirando estes pesos dos seus pratos: se os braços são eguaes os pesos tambem o são e o equilibrio presiste; se os braços são deseguaes a balança inclina-se para um lado, que é o do braço maior.

Esta egualdade de braços deve observar-se em todas as posições do travessão, o que se consegue suspendendo os pratos sobre as arestas vivas de prismas triangulares collocados nas suas extremidades.

86.—Condições de sensibilidade.—Uma balança é tanto

mais *sensível* quanto menor é a diferença de pesos dos dois pratos, que ella accusa.

Para deduzir as condições de sensibilidade supponhamos que os tres pontos de suspensão dos pratos e da balança estão em linha recta ¹.

Sejam, fig. 23, A , B e S estes tres pontos na posição ho-

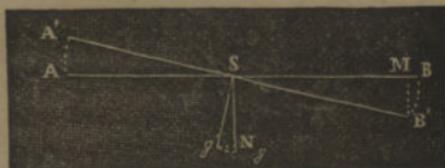


Fig. 23

rizontal do travessão: supponhamos que os pesos applicados a A e B são P e $P + p$, e que é π o peso do travessão applicado no centro de gravidade g . A balança inclina-se para o lado de B cedendo ao excesso p de pesos, e o centro de gravidade sobe para g' : o equilibrio dar-se-ha na posição indicada $A'B'$, que satisfaz a seguinte egualdade de momentos

$$p \times SM = \pi \times g'N$$

D'esta egualdade tira-se

$$p = \frac{\pi \times g'N}{SM}$$

portanto: p decresce com π , com $g'N$, e na razão inversa de SM^2 ; e como para a mesma inclinação do travessão $g'N$ será tanto menor quanto menor fôr Sg , e SM será tanto maior quanto maior fôr SB' ou SB ; conclue-se que uma balança será tanto mais sensível:

¹ Isto é uma condição de construcção.

² Vê-se que a sensibilidade não depende da carga total ($2P + p$): isto não seria assim se os tres pontos de suspensão A , B e C , não estivessem em linha recta.

- 1.º Quanto mais compridos forem os braços do travessão;
- 2.º Quanto menor fór a distancia do centro de gravidade ao eixo de suspensão;
- 3.º Quanto menor fór o peso do travessão.

Estas condições suppõem que os attritos são muito pequenos, o que se consegue, na suspensão do travessão, empregando na sua parte média um prisma triangular de aço, denominado *o cutello*, com o gume assente sobre chapas polidas tambem de aço ou de agatha. Os pequenos attritos na suspensão dos pratos conseguem-se com a disposição já descrita.

As balanças pouco sensíveis dizem-se *preguiçosas*; as que são exageradamente sensíveis tornam-se *doidas*, porque difficilmente se equilibram.

87.—Balança de Roberval.—A balança de Roberval, fig. 24,

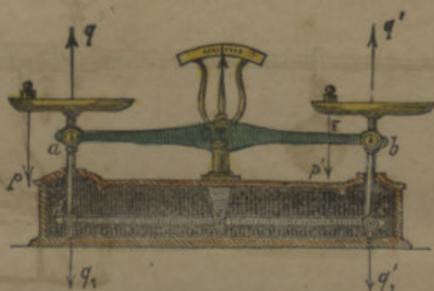


Fig. 24

muito empregada no commercio, porque tem os pratos desembaraçados de cadeias, consta de um parallelogrammo articulado nos pontos *a, b, c, d*, de modo que as hastes *ab, bc* em que se apoiam os pratos são sempre verticaes: tanto o travessão, como a alavanca *dc*, occulta na base do instrumento, assentam na sua parte média por meio de cutellos *o e e'*.

É facil verificar que dois pesos eguaes se equilibram sempre n'esta balança, quaesquer que sejam as suas posições

nos pratos; porque estando por exemplo nas posições p e p' , como a figura representa, podemos considerar em cada um dos pontos a, b duas forças eguaes e contrarias áquelles pesos, as quaes não destroem o equilibrio do systema; e temos assim as forças q, q' eguaes a p e p' , actuando a distancias eguaes do fulcro, e dois binarios $p q, p' q'$, cuja acção é destruida pela resistencia dos pontos fixos o, e , que existem no seu plano.

88.—Balança romana.—Como primeiro exemplo de balanças de braços deseguaes, descreveremos a *balança romana*. Consta esta balança de um travessão BC , fig. 25, suspenso em A por um cutello, tendo os braços AC e BC muito deseguaes. O maior AB é graduado e percorrido por um anel, do qual pende um peso P ; o mais pequeno AC

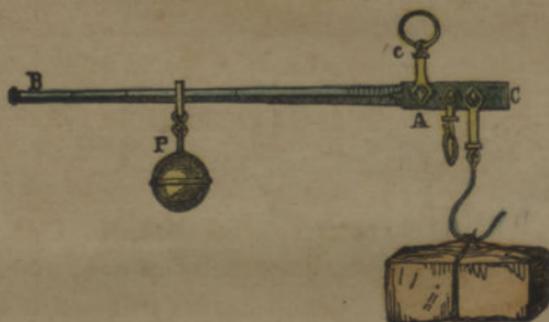


Fig. 25

tem dois cutellos, aos quaes se suspendem ganchos ou estrados que hão de receber os corpos: a gradação de um dos lados do braço maior serve para os pesos suspensos a um cutello, a do outro lado refere-se aos pesos suspensos no outro cutello; e assim se consegue, fazendo mui pequeno um dos braços da alavanca, medir grandes pesos sempre com o peso P .

89.—Balança decimal.—A *balança decimal*, ou de Quintenz, emprega-se sempre que é preciso pesar grandes far-

dos; por isso serve nas estações e armazens dos caminhos de ferro, nas alfandegas, nos grandes depositos commerciaes, etc.

O travessão *ACB* d'esta balança, fig. 26, é movel em

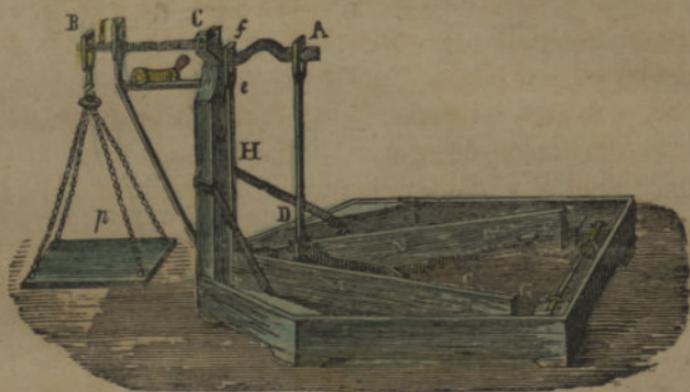


Fig. 26

torno de um cutello *C*: na extremidade do braço *BC* suspende o prato *p*, que recebe os pesos padrões; os corpos que se querem pesar assentam-se n'um estrado, que a figura omitte para deixar vêr o systema inferior. Este estrado apoia-se em duas reguas de madeira *M* e *N*, assentes por um lado sobre cutellos *cec'* e ligadas pelo outro ao ponto *f* do braço *AC* por intermedio da haste *ee'*. Os cutellos *c* e *c'* fazem parte de duas alavancas moveis em torno do eixo *EG* e reunidas em *D*, onde se ligam ao travessão pela haste *AD*.

A fig. 27, faz comprehender melhor a theoria d'esta balança. Por construcção é *Cf* a decima parte de *BC*: por conseguinte para que a balança seja decimal é preciso que todo o peso collocado sobre o estrado se possa considerar applicado no ponto *f*. Realisa-se esta condição fazendo por construcção eguaes as relações $\frac{AC}{Cf}$ e $\frac{DG}{cG}$; para fixar as idéas supporemos estas relações eguaes a 7. Assim, uma parte do

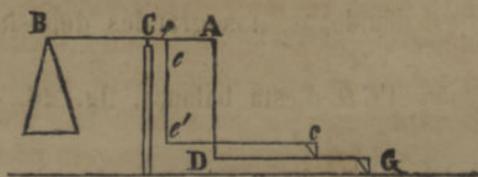


Fig. 27

peso do estrado vai actuar directamente em f , por intermedio da haste ee' ; em quanto que a outra parte actua em c , e o seu effeito em D ou A torna-se 7 vezes menor, por ser $cG = \frac{1}{7} DG$: esta diminuição de effeito é porém completamente compensada, por isso que o peso vai actuar no travessão da balança no ponto A , e tem portanto um braço AC de alavanca 7 vezes maior que Cf .

V.—Leis da queda dos corpos.—Intensidade da gravidade.
Pendulo

90.—Os corpos abandonados só á acção da gravidade, isto é, livres de outra influencia, e até da resistencia do meio, entram em movimento rectilíneo regido pelas tres leis dos numeros seguintes, que, por este motivo, são conhecidas pela denominação de *leis da queda dos corpos no vacuo*.

91.—1.^a Lei.—*Todos os corpos caem no vacuo com a mesma velocidade.*

Demonstra-se experimentalmente esta lei com um tubo de vidro bastante comprido, de 2^m, por exemplo, fechado n'uma das extremidades e terminado na outra em virola metallica com torneira e rosca para se aparafusar na machina pneumática. Tendo introduzido dentro do tubo corpos de diferentes dimensões e de mui differente densidade, como pedaços de papel, de metaes, barbas de pennas etc.,

e fazendo-lhe o vacuo, reconhece-se, voltando-o rapidamente, que todos estes corpos se acompanham no seu movimento, isto é, *caem com a mesma velocidade*.

Deixando entrar uma pequena quantidade d'ar, vê-se que os corpos menos densos são retardados em relação aos outros, e tanto mais quanto maior é a quantidade d'ar introduzido. No ar livre reconhece-se isto mesmo; os corpos não se acompanham na queda: o ar oppõe, por conseguinte, uma resistencia ao movimento, que é tanto menos intensa quanto mais denso é o corpo. Uma experiencia muito simples mostra a influencia da resistencia do ar: deixando cair da mesma altura dois discos eguaes, um de metal outro de papel, este leva muito mais tempo a chegar ao chão; collocando-o sobre o primeiro, e abandonando-os juntos, acompanham-se na queda.

92.—Martello d'agua.—É tambem a resistencia do ar que divide os liquidos na sua queda: no vacuo elles caem em massa como acontece aos solidos. Demonstra-se isto com o *martello d'agua*: é um tubo de vidro *m*, fig. 28, tendo no extremo aberto uma esphera *e*, que se fecha á lampada depois de ter introduzido uma porção d'agua e de a ter feito ferver para expulsar o ar. Reunindo o liquido na esphera, e voltando o tubo rapidamente, a agua cae em massa, porque não encontra ar que a divida, e percute o fundo do tubo produzindo uma pancada como a de um martello.



93.—2.^a Lei.—*Os espaços percorridos por um corpo na sua queda são proporcionaes ao quadrado dos tempos gastos em percorrel-os.* Fig. 28

3.^a Lei.—*A velocidade adquirida é porporcional ao tempo que decorre desde o começo da queda.*

Estas duas leis com difficuldade se verificam directamente; porque a rapidez do movimento obsta á observação rigorosa da 1.^a, e porque é preciso, para verificar a 2.^a, supprimir

em um certo instante a acção da força para observar o movimento uniforme, que se segue.

Para retardar a queda sem alteração das suas leis, emprega-se a *machina de Atwood*, descripta no num. seguinte não se opera no vacuo, como conviria, mas empregam-se os corpos que menos embaraçados são pelo ar no seu movimento, isto é, os metaes.

94.—*Machina de Atwood*.—Consta esta machina, fig. 29, de uma columna de madeira de 2^m proximamente de altura, terminada superiormente por uma caixa de vidro,

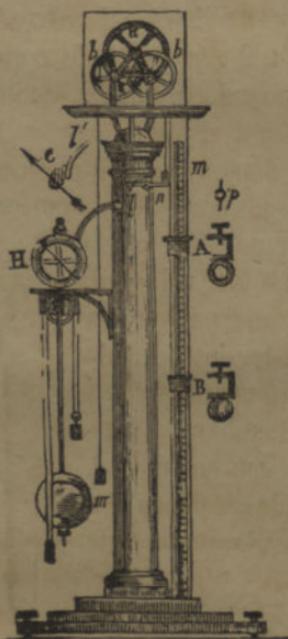


Fig. 29

no interior da qual está uma roldana de cobre *a*, onde passa um fio de seda muito fino, para que o seu peso possa ser desprezado, e que sustenta nos seus extremos dois pesos eguaes *m*, *m*.

O eixo da roldana está apoiado sobre as pinas crusadas de 4 rodas moveis, *b*, *b*, isto com o fim de diminuir muito o attrito no eixo do movimento. Uma pendula *H* ligada á columna da machina serve para marcar os segundos.

Parallela á columna está uma escala de madeira dividida em centímetros e millímetros, na qual se medem os espaços percorridos pelo corpo que cae. Sobre esta escala podem fixar-se em qualquer altura dois cursores munidos de chapas horizontaes, uma das quaes *A* é furada, com o fim de deixar passar o corpo em movimento.

Os dois pesos eguaes, presos nas extremidades do fio, equilibram-se: para os pôr em movimento addiciona-se a um d'elles *m* um outro peso *p*, o qual faz descer este e subir o outro, repartindo com elles a sua força descencional; por

este motivo diminue-se a velocidade da queda sem alterar as suas leis ¹.

Para verificar com esta machina a segunda lei (*lei dos espaços*) colloca-se no zero da escala o peso m sobrecarregado com o peso adicional p , e abandona-se no momento em que a pendula começa a contar os segundos. Para mais exactidão é o proprio peso que, passando pelo zero, põe a pendula em movimento por meio d'um systema de alavancas. Emprega-se só o cursor cheio B , e colloca-se por tentativas a uma distancia tal que seja attingido pelo corpo no fim de $1''$, e lê-se na escala o espaço percorrido, que representamos por a . Colloca-se depois o cursor a uma distancia do zero da escala igual a $4a$, e recomeçando o movimento reconhece-se que o corpo o toca no fim de $2''$; collocando o cursor a uma distancia $9a$ é attingido no fim de $3''$, e assim successivamente. Fica demonstrado que os espaços crescem proporcionalmente ao quadrado dos tempos.

Para demonstrar a terceira lei (*lei das velocidades*) lembraremos que, n'um movimento variado, entende-se por velocidade, em um instante dado, a velocidade do movimento uniforme que succederia ao movimento variado n'este instante, se elle deixasse de ser variado. A substituição do

¹ Representemos por g a accleração da gravidade e por g' a accleração do movimento das massas m , m sobrecarregadas com o peso adicional p de massa M : é claro que este mesmo peso pode ser avaliado por Mg e por $(M+2m)g'$; logo

$$Mg = (M+2m)g' \quad \text{e} \quad g' = \frac{M}{M+2m}g$$

Assim, g' é uma fracção constante de g ; portanto as leis não são modificadas; e a velocidade da queda pode diminuir-se quanto se queira augmentando as massas m ou diminuindo M , ou fazendo uma e outra coisa.

movimento uniforme ao variado obtem-se por meio do cursor annular *A*. Colloca-se este cursor no ponto onde chega o movel no fim de $1''$, isto é, á distancia a ; ahí fica retido o peso adicional, e o corpo continúa a mover-se com a velocidade adquirida, e por conseguinte com um movimento sensivelmente uniforme. Collocando pois, por tentativas, o cursor cheio *B* aonde chega o movel um segundo depois de ser abandonado pelo peso adicional, a distancia entre os dois cursores, que representamos por b , é a velocidade adquirida n'um segundo; o seu valor é igual a $2a$.

Collocando o primeiro cursor á distancia $4a$, e o segundo a uma distancia d'elle igual a $2b$, reconhece-se que aquelle é, como se sabe, alcançado no fim de $2''$, em seguida é retido o peso adicional e o movel attinge o segundo cursor no fim do segundo immediato. Logo, a velocidade adquirida em $2''$ é dupla da adquirida em um; e assim successivamente.

A quantidade b , que representa a velocidade adquirida no fim do primeiro segundo da queda, é igual ao accrescimento da velocidade em cada segundo; portanto o movimento é uniformemente variado, e a aceleração é b .

95.—*Intensidade da gravidade.*—A aceleração da queda livre dos corpos costuma-se representar por g , e recebe o nome de *intensidade da gravidade*: é a velocidade adquirida no primeiro segundo da queda, ou o dobro do espaço percorrido n'este mesmo intervallo de tempo.

Podemos, por conseguinte, medir a *intensidade da gravidade* estudando o movimento da queda dos corpos; porém o meio mais rigoroso é o emprego do *pendulo*, de que vamos tratar.

96.—*Definição de pendulo.*—Um pendulo consiste, em geral, n'um corpo solido, movel em torno de um eixo horizontal, que não passa pelo seu centro de gravidade. Se a posição do corpo é tal que a vertical, que passa por este ponto, encontra o eixo de suspensão, o corpo está em equi-

librio (79); desviado d'esta posição e abandonado a si mesmo executa sob a influencia da gravidade, e de cada lado da posição de equilibrio, movimentos de oscillação. Para estudar as propriedades d'esta especie de movimento, convém considerar primeiro um pendulo ideal chamado *pendulo simples*.

97.—Pendulo simples.—O pendulo simples consiste em um ponto material pesado, suspenso a um ponto fixo por meio de um fio inextensivel, sem massa e sem peso, oscilando no vacuo. Represente O , fig. 30, o ponto fixo, e M o ponto material pesado. Na posição vertical OM a acção da gravidade é destruida pela fixidez do ponto O , e o pendulo conserva-se em equilibrio; desviado porém d'esta posição para OM' , a gravidade, cuja intensidade representamos por Mg , é decomposta em duas forças, uma Mp no prolongamento do fio e destruida pela resistencia d'elle, e outra Ma

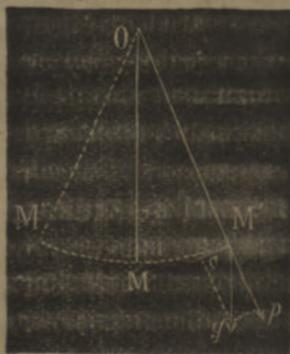


Fig. 30

na direcção perpendicular a OM , que tende a levar o pendulo para a posição primitiva. Esta ultima componente diminue com o angulo MOM' , isto é, á medida que o pendulo se aproxima da posição de equilibrio, para a qual o seu valor é zero. O movimento acelerado que se produz é, portanto, devido a uma força continua, mas não constante em grandeza.

Chegado á posição vertical o pendulo continúa a mover-se em consequencia da velocidade adquirida, e sobe de M a M com um movimento retardado; porque a componente da gravidade, tangente ao arco descripto, é então dirigida em sentido contrario ao do movimento. Como tudo é symetrico de um e outro lado da vertical, a diminuição que soffre a velocidade vae sendo em cada ponto igual ao accrescimento que tinha no primeiro caso, e a velocidade adquirida só tem

sido aniquilada depois do pendulo ter descripto um arco MM' igual a MM'' . Depois a componente da gravidade determina nova oscillação em sentido contrario, e assim successivamente.

Cada um dos movimentos de M' a M'' ou de M'' a M' denomina-se uma *oscillação*, e o angulo $M'OM''$ ou o arco $M'MM''$ que o mede, chama-se *amplitude da oscillação*.

98.—Leis do pendulo simples.—Evidentemente as oscillações que acabamos de descrever executam-se todas no mesmo tempo; porém o que ha de mais notavel é que este tempo não varia quando se muda a amplitude, com tanto que ella seja infinitamente pequena. Este resultado enuncia-se dizendo que as oscillações são *isochronas*: esta propriedade do pendulo é o fundamento da sua applicação aos relógios para medir o tempo.

A propriedade do isochronismo e as outras propriedades do pendulo simples, no caso de amplitudes infinitamente pequenas, acham-se representadas na formula

$$t = \pi \sqrt{\frac{c}{g}}$$

na qual t representa o tempo de uma oscillação, π a relação da circumferencia para o diametro, c o comprimento do pendulo (distancia entre o ponto oscillante e aquelle em volta do qual gira) e g o valor da intensidade da gravidade.

As leis do pendulo tiradas d'esta formula, e que podem verificar-se experimentalmente, como veremos, são as seguintes:

1.^a—As pequenas oscillações (não superiores a quatro graus) são *isochronas*;

2.^a—Em pendulos de comprimentos diversos, a duração das oscillações é *proporcional á raiz quadrada do comprimento*;

3.^a—*Em pendulos do mesmo comprimento, oscillantes em diferentes logares, a duração das oscillações está na razão inversa da raiz quadrada da intensidade da gravidade;*

4.^a—*Para pendulos do mesmo comprimento a duração das oscillações é a mesma, qualquer que seja a substancia do pendulo.*

99.—*Pendulo composto.*—Para verificar experimentalmente as leis do pendulo simples, como este não pode ser realisado, recorre-se a um *pendulo composto* ou *physico*. Este ultimo consta geralmente de uma haste ou de um fio metallico, sustentando um corpo em fórma de lente, para cortar mais facilmente o ar atmospherico. A suspensão pode ser feita por meio de um cutello, que assenta sobre um plano horizontal d'agatha ou de aço muito duro; porém geralmente emprega-se uma lamina metallica mui flexivel, fixa superiormente e sustentando o pendulo inferiormente.

100.—*Eixo d'oscillação.*—*Comprimento do pendulo composto.*—O pendulo composto é um aggregado de pendulos simples de diversos comprimentos, e que fariam, por conseguinte, uma oscillação em diferentes tempos, se oscillassem livremente; porém como estão ligados, os de menor comprimento são retardados, e os outros accelerados, havendo necessariamente entre uns e outros alguns que oscillam como se fossem livres: os pontos materiaes d'estes pendulos, devendo ser equidistantes do eixo de suspensão, estão n'uma recta parallelá a este eixo. Aquella recta recebe o nome de *eixo de oscillação*; a sua distancia ao eixo de suspensão, que é o comprimento dos pendulos simples *synchronos* com o composto, isto é, que oscillam no mesmo tempo que elle, denomina-se *comprimento do pendulo composto*.

Conhecido o comprimento do pendulo, que se determina por processos especiaes, pode applicar-se a formula do pendulo simples, introduzindo o seu valor no logar de *c*.

101.—*Verificação das leis do pendulo.*—Para verificar as

leis do pendulo simples, emprega-se um pendulo formado por uma esphera de metal e por um fio flexivel muito fino, para que se possa desprezar o seu peso.

Verifica-se a lei do isochronismo fazendo oscillar este pendulo e contando o numero de oscillações que faz no mesmo tempo, quando a amplitude é successivamente de 3, 2 e 1 graus.

Para verificar a segunda lei fazem-se oscillar pendulos, cujos comprimentos estão entre si como 1 para 4 e para 9, e reconhece-se que os numeros das oscillações feitas no mesmo tempo estão entre si como $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$; portanto as durações de cada uma estão como 1 : 2 : 3.

A terceira lei não pode verificar-se senão experimentando com o mesmo pendulo em differentes logares da terra.

A quarta lei demonstra-se empregando varios pendulos do mesmo comprimento, terminados por espheras de diame-tros eguaes, mas de substancias differentes, de chumbo, de latão, de marfim, etc. Esta lei confirma a primeira lei da queda dos corpos.

Advirta-se que algumas differenças, que se encontram, pro-veem de não se experimentar no vacuo.

102.—Applicação do pendulo á determinação da intensidade da gravidade.—Da formula do pendulo tira-se $g = \frac{\pi^2 c}{t^2}$; valor que se calcula com facilidade determinando no pendulo o comprimento c e medindo o tempo t .

Na latitude de Lisboa é proximamente $g = 9^m,8$, o que significa que qualquer corpo caindo livremente no vacuo, e partindo do repouso, adquire no fim de 1'' uma velocidade egual áquelle numero, ou que este corpo percorre no primeiro segundo da sua queda um espaço egual (94) a metade do mesmo numero.

103.—Applicação do pendulo aos relogios.—O pendulo emprega-se como regulador nos relogios de parede, porque

são isochronas as suas oscillações muito pequenas; porém como os attritos e a resistencia do ar fazem diminuir successivamente as oscillações até as tornarem nullas, é precisa uma disposição especial para perpetuar o movimento.

A fig. 31 representa o machinismo com o qual o pendulo regula o andamento dos relogios; o pendulo é suspenso por uma lamina muito flexivel *A* e é abraçado por uma forquilha *C*, que serve para transmittir o movimento á haste *CD* e ao eixo horizontal *DE* e afinal a um *escapo d'ancora*, isto é, a um arco de circulo *FG* terminado por duas palhetas recurvadas, que penetram nos intervallos dos dentes de uma roda *R*, denominada *roda de encontro*. Esta roda tende a girar para a direita, movida pelo peso *P* ou por uma mola; porém estando o pendulo na posição de equilibrio, um dos dentes da roda encosta na palheta *F* e não ha movimento. Oscillando o pendulo e elevando-se esta palheta a roda gira, mas como se abaixa então a outra palheta, elle pára immediatamente: na oscillação seguinte eleva-se esta extremidade, a roda cede um pouco, porém abaixa-se a palheta *F*, que vae prender aquella n'um intervallo immediato; portanto por cada oscillação dupla do pendulo a roda avança de um dente, e pode transmittir este movimento a um ponteiro movel sobre um mostrador. Os dentes e as palhetas do escapo teem uma fórmula propria para aquelles imprimirem um certo impulso a estas na occasião de as deixarem, e são estes impulsos successivos que fazem perpetuar o movimento.



Fig. 31

1.^a *Altitude* (altura vertical acima do nível dos mares). Como a gravidade é uma força que varia na razão inversa do quadrado das distancias, é claro que a sua intensidade vae diminuindo, segundo esta lei, á medida que nos elevamos sobre o nível dos mares. Sendo porém as distancias em que podemos experimentar sobre a terra geralmente pequenas em relação ao raio terrestre, despreza-se quasi sempre esta causa de variação: é por este motivo que fomos levados a considerar uniformemente variado o movimento da queda dos corpos; porém em rigor não o é, porque a força que o produz não é constante.

2.^a *Latitude* (distancia ao equador). A gravidade augmenta com a latitude por duas circumstancias: por causa do achatamento da terra nos polos, e por causa do seu movimento de rotação.

De feito, o raio da terra, maximo no equador, diminue successivamente até aos polos, onde é minimo; por conseguinte a intensidade da gravidade augmenta desde o equador até aos polos, segundo a lei das distancias.

Para estudar o effeito produzido pelo movimento diurno de rotação da terra sobre os corpos collocados na sua superficie, prova a mechanica que é necessario suppor que elles estão animados d'uma força centrífuga apparente, a qual, como já se sabe, é maxima no equador e diminue até aos polos, onde é nulla (64, 4.^a lei); porque os differentes pontos de um meridiano descrevem no mesmo tempo (um



Fig. 32

dia) circulos de raios differentes, maximo no equador e nullo nos polos.

A força centrífuga é no equador directamente opposta á gravidade; por isso emprega-se toda em annullar parte d'esta força. N'outros logares, a força centrífuga *AF*, fig. 32,

sempre perpendicular ao eixo da terra PP' , decompõe-se em duas, uma horizontal An , que não influe na gravidade, e outra Am opposta a esta e que destroe parte d'ella: esta ultima componente decresce do equador para os polos. Por todos estes motivos a gravidade é maxima nos polos e minima no equador.

Sabe-se que a força centrífuga no equador é igual a $\frac{1}{289} = \frac{1}{17^2}$ da gravidade; portanto n'este circulo os corpos não teriam peso, se a terra girasse sobre o seu eixo 17 vezes mais depressa; por isso que a força centrífuga augmenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade.

105.—Variação do peso absoluto dos corpos.—Em consequencia da variação da gravidade, o peso absoluto dos corpos não é o mesmo nos differentes logares da terra; comtudo é constante o seu peso relativo que a balança dá, porque as causas da variação influem tanto no corpo, cujo peso se aprecia, como nos padrões de peso, que para este fim se empregam. Assim, o numero de grammas que representa o valor do peso de um corpo é sempre o mesmo; o que varia é o valor do gramma.

CAPITULO II

PROPRIEDADES PARTICULARES DOS SOLIDOS

106.—Diversas propriedades particulares.—Os solidos possuem propriedades particulares, que os tornam proprios para serem empregados nas artes: estas propriedades são, a *elasticidade*, *dureza*, *fragilidade*, *ductilidade*, e *tenacidade*. A primeira reconhece-se quando as moleculas não são desviadas da sua posição primitiva além de certo limite, que é

o limite de elasticidade; as outras são todas dependentes de um desvio permanente das moléculas.

107.— *Differentes especies de elasticidade.*—Além da elasticidade de compressão, que é uma propriedade geral, os solidos teem outras especies de elasticidade, porque podem soffrer differentes esforços. Assim, prendendo uma barra por um dos extremos e carregando-a com pesos no outro, a barra allonga-se; mas dentro de certos limites adquire o comprimento primitivo, quando cessa o esforço: este esforço denomina-se *tracção* e a elasticidade *elasticidade de tracção*.

Prendendo uma barra por uma das extremidades e obrigando-a a dobrar, produz-se uma *flexão*, e o corpo manifesta a *elasticidade de flexão*, quando cessa o esforço que a dobrou.

Um fio, ou uma barra, que se torce, destorce depois e volta á posição primitiva no fim de algum tempo: houve uma *torsão* e desenvolveu-se a *elasticidade de torsão*.

Assim, pois, a elasticidade dos solidos pode ser de *compressão*, de *tracção* de *flexão* e de *torsão*, conforme o esforço a que se submettem. De todas estas especies de elasticidade faz-se frequente applicação.

108.— *Applicações da elasticidade dos solidos.*—Aproveita-se a elasticidade de compressão da crina, da lã, das pennas, etc., para fazer colchões, travesseiros, estofos de alguns moveis, etc.

Serve a elasticidade de flexão do aço, por exemplo, como motor nos relogios e em outras machinas: nos relogios, uma lamina de aço muito enrolada, «a mola dos relogios» tende pela sua elasticidade a desenrolar-se, e assim communica um certo movimento, que é graduado pelas rodas dentadas, e regulado pela pendula, ou por uma mola muito fina—o cabelo dos relogios de algibeira—o qual enrolando-se e desenrolando-se imprime a uma roda, denominada *balançeiro*, oscillações analogas ás do pendulo.

A força das molas aproveita-se em milhares de circumstancias differentes.

Aproveita-se a elasticidade das bandas de coiro, e dos arcos metallicos formados de laminas sobrepostas, para suspender as viaturas, tendo a vantagem de amortecerem os choques, porque mudam facilmente de fórma. Como se sabe, a commodidade de uma carruagem depende da boa qualidade das suas molas; se estas não são bem elasticas, não só incommodam, mas até se partem facilmente.

Os dynamometros, de que fallámos no numero 52, são outra applicação da elasticidade de flexão.

Tambem se aproveita a força das molas nas *valvulas* de mola espiral. Denominam-se *valvulas* certas peças que se empregam para fechar orificios, e que devem ceder n'um sentido, quando predomina a pressão do outro lado. Às vezes são fixas por uma charneira a um dos bordos do orificio; porém outras vezes são applicadas contra este pela acção de uma mola espiral.

109.—Dureza.—A *dureza* é a propriedade que os corpos tem de se opporem a ser riscados, cortados ou gastos por outros. Esta propriedade é relativa, porque um corpo duro em relação a outro pode ser molle em relação a um terceiro.

Distingue-se a dureza relativa de dois corpos determinando aquelle que risca o outro sem ser riscado por elle: assim se reconhece que o mais duro de todos os corpos é o diamante, porque risca todos e não é riscado por nenhum; por isso para o polir emprega-se o seu proprio pó.

O oiro, a prata, e, em geral, os metaes no estado de pureza, são muito molles; combinando uns com os outros formam-se o que se chama *ligas*, sempre mais duras que elles. É por esta razão que se liga o oiro e a prata com o cobre, para os empregar no fabrico das moedas e dos objectos de luxo.

110.—Fragilidade.—A *fragilidade* é a propriedade que

certos corpos teem de se reduzir a fragmentos, de se fracturar, pelas acções mechanicas.

Em geral, os corpos mais frageis são os mais duros, e vice-versa; e tudo que altera uma d'estas propriedades altera a outra no mesmo sentido.

111.—*Recosimento*.—*Tempera*.—A dureza e a fragilidade de certos corpos, taes como o vidro, o aço, o ferro fundido, diminuem pelo *recosimento*, operação que consiste em os aquecer muito, deixando-os depois resfriar lentamente. Pelo contrario, a dureza e a fragilidade d'esses mesmos corpos augmenta consideravelmente pela *tempera*, que consiste em os aquecer muito, fazendo-os depois resfriar subitamente pela immersão em agua fria.

112.—*Ductilidade*.—*Maleabilidade*.—*Flexibilidade*.—Entende-se por *ductilidade* a propriedade que alguns corpos teem de ser reduzidos a fios, passando pela *fieira*. Dá-se este nome a uma grossa lamina de ferro crivada de orificios de differentes grandezas. Para reduzir um corpo a fio adelgaça-se uma das suas extremidades, introduz-se n'um dos orificios, e puxa-se com uma pinça; depois introduz-se n'um furo de menor diametro, puxa-se de novo, e assim successivamente.

Entende-se por *malleabilidade* a propriedade que os corpos teem de ser reduzidos a laminas mais ou menos delgadas pela acção do martello ou do *laminador*. O laminador consiste em dois cylindros horizontaes moveis em torno do seu eixo em sentidos contrarios, entre os quaes se introduz a substancia, cuja espessura é superior á distancia das superficies dos cylindros. Dando a estes movimento de rotação, a substancia é obrigada a passar entre elles, e assim se reduz a lamina, tanto mais delgada quanto mais se aproximam os cylindros. Por este processo se preparam as folhas de ferro, de cobre, de zinco, etc. É com o auxilio do laminador e do martello que se fabricam as delgadas folhas de oiro, empregadas na doiradura.

A *flexibilidade* é a propriedade que os corpos teem de se deixar curvar sem se quebrar. Os corpos ducteis são ao mesmo tempo flexiveis; porém esta propriedade manifesta-se em subido grau quando o corpo se dobra lentamente, e pode ser quasi nulla quando se dobra subitamente. Todos sabem que, quando se quer partir um fio, uma lamina, etc., se dobra rapidamente, ora para um, ora para outro lado.

A ductilidade, malleabilidade e flexibilidade, recebem muitas vezes, a denominação generica de *ductilidade*, entendendo-se então por esta expressão a propriedade que os corpos teem de poder tomar fórmãs diversas, quando se sujeitam a esforços mais ou menos prolongados.

113.—*Tenacidade*.—A *tenacidade* é a propriedade que os corpos teem de resistir á rotura pela tracção.

Estuda-se esta propriedade reduzindo os corpos a hastes cylindricas ou prismaticas do mesmo comprimento e secção, prendendo-as por uma das extremidades e carregando-as com pesos na outra. O corpo mais tenaz é aquelle que supporta maior peso antes de se romper.

Os metaes mais tenazes são, pela ordem decrescente: ferro, cobre, platina, prata, oiro, estanho, zinco e chumbo.

A tenacidade das madeiras é muito maior no sentido das fibras do que no sentido transversal.

CAPITULO III

DOS LIQUIDOS

I.—Propriedades geraes dos liquidos

114.—Caracteres dos liquidos.—Os liquidos, em quanto se mantêm constante a pressão sobre elles, conservam o seu volume; porém a sua fórma é essencialmente variavel, porque em virtude da sua quasi nulla cohesão, as moleculas escorregam com muita facilidade umas sobre outras, e amoldam-se perfeitamente á fórma dos vasos.

Apesar d'isto ha sempre alguma adherencia entre as moleculas liquidas, como já dissemos (68), a qual oppõe uma certa difficuldade ao seu movimento, e recebe o nome de *viscosidade*. A viscosidade é muito pequena em alguns liquidos, como o ether e o alcool; é muito grande em outros, como o acido sulfurico, os oleos gordos, etc.

115.—Compressibilidade e elasticidade dos liquidos.—Durante muito tempo acreditou-se que os liquidos eram destituídos de compressibilidade; e por isso se denominaram *fluidos incompressiveis*, por opposição aos gazes, que se chamaram *fluidos compressiveis*.

Hoje porém está plenamente demonstrada a *compressibilidade* dos liquidos, posto que muito pequena, e até a sua *elasticidade perfeita*; porque se reconhece sempre que, depois de comprimidos, os liquidos retomam o seu volume primitivo, quando cessa o esforço de compressão.

Os instrumentos empregados para medir a compressibilidade dos liquidos denominam-se *piezometros*.

II.—Equilibrio dos liquidos

116.—Hydrostatica.—Dá-se este nome á sciencia que trata das condições de equilibrio dos fluidos, e das pressões que elles exercem sobre si mesmos, e sobre as paredes dos vasos que os conteem.

A palavra designa propriamente a *estatica da agua*, ou a sciencia do equilibrio dos aguas; porém applica-se hoje ao equilibrio de todos os fluidos—liquidos e gazes—apesar de se empregar tambem a palavra *pneumostatica* para designar o equilibrio d'estes ultimos.

117.—Principio de equaldade de pressão.—Considerando os liquidos como perfeitamente elasticos, dotados de completa mobilidade nas suas moleculas, e subtraidos á acção da gravidade, chegou-se ao resultado seguinte, conhecido pelo nome de *principio de equaldade de pressão*, ou da *equal transmissão das pressões*, e tambem pelo de *principio de Pascal*, porque foi este physico quem primeiramente o estabeleceu:

Uma pressão exercida em qualqaer ponto da massa de um liquido transmite-se em todos os sentidos, com a mesma intensidade, sobre qualquer superficie equal á que recebe a pressão.

Este principio demonstra-se pelo raciocinio, attendendo á grande mobilidade das moleculas dos liquidos. De feito, quando qualquer d'ellas recebe uma pressão tende immediatamente a ir sobre outras e a deslocar-as, o que não pode fazer em consequencia da impenetrabilidade, mas assim transmite a pressão que recebeu.

Demonstra-se experimentalmente este principio com o aparelho da fig. 33: é um cylindro ligado a um balão com aberturas em todos os sentidos: enchendo o aparelho d'agua

e introduzindo um embolo no cylindro, vê-se sair a agua por todos os orificios, e sensivelmente com a mesma rapidez.

Recebendo a pressão exercida n'uma superficie em outra

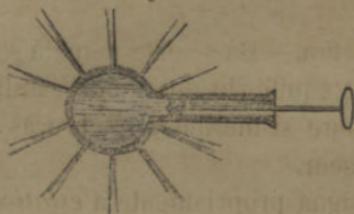


Fig. 33

superficie duas, tres, etc., vezes maior, a pressão torna-se tambem duas, tres, etc., vezes maior; porque é igual á primeira em cada porção de superficie igual áquella em que se exerceu.

118.—Prensa hydraulica.—A prensa hydraulica, fig. 34,

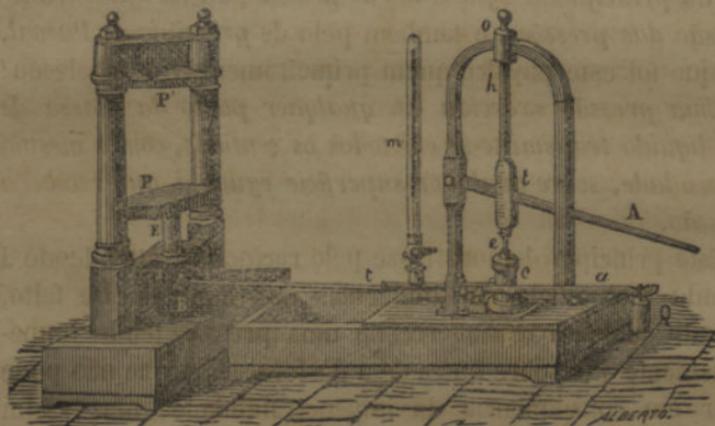


Fig. 34

imaginada por Pascal, como applicação importante do seu principio de egualdade de pressão, é machina muito empre-

gada hoje em todos os trabalhos que necessitam de grandes pressões.

Consta principalmente de dois cylindros muito resistentes *B* e *c* de diâmetros desiguaes, communicando entre si por um tubo *t*: no interior do maior caminha um cylindro massiço *E*, que faz as vezes de embolo, ligado a um prato *P*, onde se collocam os corpos, que hão de soffrer a pressão contra outro prato superior *P'* fixo a columnas metallicas. O cylindro menor tem tambem um embolo *e*, cuja haste *h*, guiada n'um orificio *o*, é movida pela alavanca inter-resistente *A* e pelo tirante articulado *t*: no fundo d'este cylindro ha uma valvula, que se abre debaixo para cima, e que interrompe ou estabelece a communicação com o tubo aberto no fundo de uma tina com agua collocada por baixo do cylindro; no tubo *t*, a pequena distancia d'este ha tambem uma valvula disposta do mesmo modo¹. Assim, quando se eleva o embolo *e*, a agua é aspirada do reservatorio inferior, abre a valvula e penetra no cylindro; quando se abaixa o embolo esta agua fecha a valvula, levanta a valvula do tubo *t*, e entra no cylindro maior *B*; tornando a elevar o embolo a agua fecha pelo seu peso esta valvula, e não volta para o cylindro menor, o qual aspira nova porção d'agua, que é depois levada para o cylindro *B*; e assim successivamente. N'esta manobra, a pressão exercida pelo embolo *e* transmite-se ao embolo *E* com a mesma intensidade sobre cada porção da sua superficie igual á da base do primeiro.

Sendo de 1:5 a relação entre os dois braços da alavanca *A*, o esforço empregado no seu extremo torna-se 5 vezes maior no embolo menor: e sendo 1:3 a relação entre os dois diâmetros dois embolos, a relação das superficies das bases é de 1:9, e por conseguinte o esforço empregado torna-se afinal $5 \times 9 = 45$ vezes maior.

¹ Este systema constitue uma *bomba aspirante-premente*, de que adiante tratamos.

Ao principio não se precisa de uma grande pressão; por este motivo algumas prensas podem trabalhar com dois embolos no cylindro *c*: trabalha primeiramente o mais grosso, que é furado em toda a sua altura e atravessado pela haste *e* fixa a *t*; depois fixa-se a parte externa d'este embolo ás paredes do cylindro *c* e emprega-se o embolo interior, mais delgado; por conseguinte augmenta-se o esforço transmitido ao embolo *E*.

A figura representa um tubo *m*, que se pode pôr em comunicação com o tubo *t*, e que serve para medir a pressão da agua: é um *manometro*. A alavanca *a*, movel em torno de um extremo, e carregada no outro com o peso *Q* fecha um orificio aberto no tubo *t*, junto ao cylindro *c*, e levanta-se dando saída ao liquido, quando a pressão attinge um limite que não convém exceder; esta disposição constitue uma *valvula de segurança*.



Fig. 35

Uma parte importantissima da machina, sem a qual ella não seria susceptivel de grandes pressões, é a *sola impressada s*, disposta na parte superior do cylindro *B*, com a fórma de um *U* invertido, e que sendo fortemente premida pela agua ajusta as suas paredes contra o cylindro e contra o embolo, evitando d'este modo a saída do liquido. Na fig. 35 está representada uma parte da sola.

119.—Condição geral do equilibrio dos liquidos.—Considera-se hoje como consequência do principio de Pascal o seguinte principio estabelecido por Archimedes muitos seculos antes: *para que um liquido esteja em equilibrio é necessario e sufficiente que cada molecula seja igualmente premida em todos os sentidos*. Esta condição é *necessaria*, porque de outro modo a molecula mover-se-hia no sentido da pressão maior e não haveria equilibrio; é *sufficiente*, porque estando cada molecula em equilibrio está toda a massa.

120.—Principio fundamental do equilibrio dos liquidos pesados.

—Como consequencia do principio antecedente estabelece-se o seguinte, que é considerado o *principio fundamental do equilibrio dos liquidos pesados*: *Em um liquido em equilibrio, submettido apenas á acção da gravidade, todos os pontos da mesma camada horizontal tem a mesma pressão.*

Para demonstrar este principio consideremos dois pontos *A* e *B* da mesma camada horizontal, e imaginemos que elles são o centro de dois pequenos circulos eguaes, verticaes e parallellos, os quaes podemos suppor bases de um cylindro liquido. Este cylindro está em equilibrio, porque por hypothese o está todo o liquido: portanto as pressões exercidas na direcção do seu eixo pelo liquido exterior devem ser eguaes e contrarias, porque as outras pressões perpendiculares ás geratrizes não podem influir sobre o equilibrio no sentido horizontal. Assim, os pontos *A* e *B* tem n'um certo sentido a mesma pressão; logo tem-n'a em todos, porque, em virtude do principio de Archimedes, a pressão em cada ponto é a mesma em todos os sentidos.

121.—Generalizando o principio do numero antecedente e applicando um raciocinio identico a um liquido submettido á acção de quaesquer forças, conclue-se que para haver equilibrio deve ser constante a pressão em todos os pontos de uma camada perpendicular á sua resultante.

122.—Variação da pressão com a profundidade. — *A pressão em um elemento plano qualquer é igual á pressão em outro igual, superior ou inferior, augmentada ou diminuida do peso do cylindro liquido, que tem por base aquelle elemento e por altura a differença de nivel entre ambos.*

Para demonstrarmos este principio, começaremos por considerar dois elementos *m*, *m'*, fig. 36, collocados na mesma vertical: é claro que o elemento inferior *m* recebe além da pressão transmittida ao elemento *m'* todo o peso do cylindro



Fig. 36

liquido mm' ; se os elementos fossem m' e m'' chegaríamos ao mesmo resultado substituindo o segundo por m , collocado na vertical do primeiro e na horizontal do segundo; e como todos os pontos da mesma camada horizontal teem a mesma pressão, o que concluímos para m é applicavel a m'' .

Este principio é, de mais, de mui facil demonstração experimental.

Representando por s a area dos elementos planos, por h a differença de nivel entre elles e por d a densidade do liquido, a differença das pressões é representada por shd .

123.—Superficies de nivel.—Superficie livre dos liquidos.—Em um fluido dá-se o nome de *camadas* ou *superficies de nivel* ás camadas da mesma pressão: assim, n'um liquido submettido apenas á acção da gravidade, as superficies de nivel são horizontaes; n'um liquido submettido a quaesquer forças, as superficies de nivel são perpendiculares á resultante d'estas forças.

A superficie livre de um liquido em equilibrio é uma superficie de nivel, porque todos os seus pontos teem a mesma pressão; portanto deve ser em cada ponto perpendicular á direcção da resultante das forças que actuam o liquido: se este está submettido apenas á acção da gravidade, a superficie livre é horizontal.

Dando movimento de rotação a um vaso com agua, nota-se que a superficie do liquido torna-se concava, e tanto mais quanto maior fôr a velocidade da rotação. Isto é devido a que, n'este caso, o liquido está submettido á acção da gravidade e da força centrifuga apparente, que é necessario considerar para estudar o equilibrio relativo como se fosse absoluto; e a resultante d'estas forças é obliqua, o que obriga a superficie a tornar-se concava para lhe ser normal.

A fórma da terra explica-se por este modo. Se ella estivesse submettida apenas ás attracções mutuas das suas mo-

leculas ficaria espherica; porém como estava animada de movimento de rotação, adquiriu, quando fluida, uma fôrma que é, em cada ponto, normal á resultante das duas forças, que é necessario considerar n'este estudo.

124.—Nivel dos mares.—Como, n'uma pequena extensão, podemos considerar parallelas as differentes verticaes, segue-se que, nas massas liquidas em equilibrio contidas em vasos, ou em reservatorios de pequena secção, a superficie livre é plana e horizontal. Não succede o mesmo n'uma superficie liquida de grande extensão, como a dos mares, a qual muda de direcção de um para outro lugar e toma a fôrma sensivelmente espherica.

As aguas dos mares estão em continuo movimento de subida e descida, constituindo o phenomeno das *marés*; o *nivel dos mares* é uma superficie média entre o preamar e o baixamar.

Sempre que não dissermos o contrario suppremos que os liquidos estão submeltidos apenas á acção da gravidade.

125.—Liquidos sobrepostos.—Para que se dê o equilibrio entre liquidos heterogeneos contidos no mesmo vaso, suppondo que elles não exercem acção chimica nem dissolvente uns sobre os outros, é preciso que as superficies de separação sejam horizontaes; porque só assim é constante a pressão em todos os pontos de qualquer camada horizontal.

De feito, suppondo que a superficie *MN*, fig. 37, de separação de dois liquidos, agua e mercurio, por ex., é inclinada; conduzindo as horisontaes e

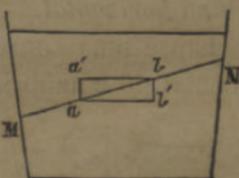


Fig. 37

verticaes por quaesquer dois dos seus pontos *a* e *b*, vemos que a pressão em *b* é igual á pressão em *a'*; porém a pressão em *a* é igual á pressão em *a'* augmentada do peso da columna d'agua *aa'*; em quanto que a pressão em *b'* é igual á pressão em *b* mais o peso da columna de mercurio *bb'*: como as duas columnas *aa'* e *bb'* teem a mesma altura e densidades dif-

ferentes, conclue-se que a pressão nos pontos *a* e *b'*, de nível, não é a mesma, o que é contrario ao principio fundamental do equilibrio (120).

Demonstram-se experimentalmente estas condições de equilibrio com o aparelho da fig. 38, denominado propriamente o *frasco dos quatro elementos*. É um tubo de vidro fechado á lampada em ambos os extremos, e contendo quatro liquidos não susceptiveis de se combinarem nem de se dissolverem; como, por ex., o mercurio, agua saturada de carbonato de potassio, o alcool córado de vermelho e o oleo de naphta. Agitando o tubo os liquidos misturam-se; porém, passado pouco tempo, estão em equilibrio, apresentando superficies de separação horizontaes, e estando pela ordem das suas densidades, isto é, o oleo em cima, depois o alcool, em seguida a dis-



Fig. 38 lução salina, e por ultimo o mercurio.

O que acabamos de dizer suppõe evidentemente que os liquidos não podem misturar-se; porque de outro modo, manifesta-se o phenomeno da *diffusão*, adiante descripto.

126.—Equilibrio d'um liquido em vasos communicantes.—A condição de equilibrio de um liquido contido em differentes vasos communicantes é a seguinte: *as superficies livres em todos os vasos estão á mesma altura, isto é, no mesmo plano horizontal*.

Isto é uma consequencia immediata do principio fundamental do equilibrio dos liquidos pesados (120); porque só elevando-se o liquido á mesma altura em todos os vasos é que a pressão é a mesma n'uma camada horizontal.



Fig. 39

Verifica-se esta condição experimentalmente com um vaso de vidro *A*, fig. 39, posto em communicação com varios tubos por meio de um canal *BC* com torneira *C*: deitando um liquido no vaso e abrindo a com-

municação com os tubos, reconhece-se que o liquido sobe em todos á mesma altura.

127.—*Repuxos.*—*Poços Artesianos.*—É em virtude do principio dos vasos communicantes, que as aguas, partindo de reservatorios muito elevados, e saindo por aberturas de um canal, tendem a subir muito; esta força ascencional aproveita-se nos *repuxos* para produzir vistas mais ou menos apparatusas. Se a agua não sobe ao nivel que tem no reservatorio, é por causa da fricção no orificio da saída, por causa da resistencia do ar, e porque as particulas que caem chocam as que se elevam.

Os *poços artesianos* são outro exemplo do principio dos vasos communicantes. Imaginemos que a agua das chuvas, infiltrando-se pelas camadas permeaveis da superficie do globo, corre por entre duas camadas impermeaveis: se com uma sonda furamos o terreno até encontrar a agua, esta sobe a uma altura tanto maior, quanto mais elevado a respeito do furo está o seu nivel no ponto mais alto da camada. Estes furos são conhecidos pela denominação de *poços artesianos*, do nome da antiga provincia Artois, em França, onde são usados ha muito tempo¹.

128.—*Equilibrio de dois liquidos heterogeneos em vasos communicantes.*—Em dois liquidos de densidades differentes, e sem acção chimica um sobre o outro, contidos em vasos communicantes, observa-se, além das condições geraes do equilibrio, a seguinte: *as alturas das columnas liquidas que fazem equilibrio estão na razão inversa das densidades dos dois liquidos.*

¹ Como exemplos de *poços artesianos* notaveis mencionaremos os dois seguintes:

O de Grenelle, em Paris, que tem 548^m de profundidade, e que fornece por minuto 2400 litros d'agua na temperatura de 27°.

O de Passy, tambem em Paris, que tem 587^m,6 de profundidade, e que fornece agua a 28° em maior quantidade que o primeiro.

Verifica-se experimentalmente esta condição com o appa-
relho representado na fig. 40: consta de dois grossos tubos

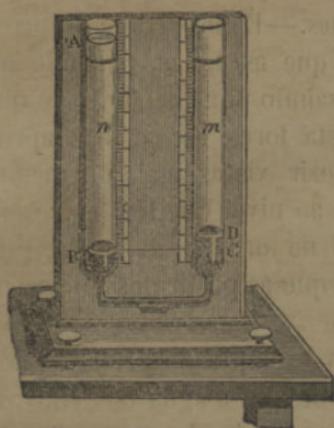


Fig. 40

de vidro, *m* e *n*, em communi-
cação por um tubo mais estreito,
e ligados a uma prancha de
madeira, disposta verticalmente
e na qual estão duas escalas junto
dos dois tubos. Deitando mercu-
rio no aparelho, aquelle liquido
sobe em ambos os tubos á mes-
ma altura: deitando depois n'um
dos ramos *n* uma certa porção
d'agua, o mercúrio desce n'esse
ramo até *B*, e eleva-se no outro
até *D*.

Imaginando o plano horisontal *BC* conduzido por *B*, abai-
xo do qual só existe mercúrio, é claro que as columnas *AB*
e *DC*, d'agua e mercúrio, se equilibram: medindo as suas
alturas nas duas escalas, vê-se que a primeira é treze vezes
e meia maior que a segunda; e como a densidade do mer-
cúrio é treze vezes e meia maior que a densidade da agua,
concluimos a lei.

Partindo ainda do principio fundamental do equilibrio
dos liquidos pesados, estabelece-se aquella condição por um
calculo muito simples. De feito, para que a pressão seja a
mesma em todos os pontos da camada horisontal *BC*, é
preciso que o peso da columna d'agua *AB* seja igual ao
peso do volume de mercúrio *CD*, referido á mesma super-
fície: designando por *d* e *d'* as densidades d'aquelles dois
liquidos e por *h* e *h'* as alturas d'aquellas columnas, os pe-
sos são por unidade de superficie *hd* e *h'd'*; da egualdade
 $hd = h'd'$, conclue-se a lei.

129.—Nivel d'agua.—Idéa geral sobre nivelamentos.—O *nivel*
d'agua é um instrumento em que se faz applicação do princi-
pio dos vasos communicantes. Consta de um tubo metallico

AB, fig. 41, de um metro proximamente de comprimento, recurvado em angulo recto em ambas as extremidades e terminado por dois cylindros de vidro: apoia-se este tubo sobre um tri-

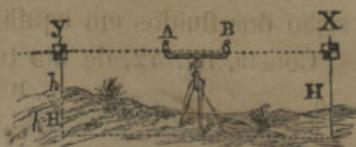


Fig. 41

pé; dá-se-lhe a posição sensivelmente horizontal, e deita-se-lhe agua até que suba um pouco além do meio dos copos de vidro. Feito isto temos a certeza que as duas superficies livres da agua estão no mesmo plano horizontal; portanto olhando tangencialmente a ellas determina-se uma linha de nivel.

Applica-se este instrumento nas operações do *nivelamento*, o qual tem por fim determinar a differença de altura de dois logares distantes: collocam-se em ambos os logares reguas graduadas verticaes, denominadas *miras*, ao longo das quaes póde correr um rectangulo de folha, cujo centro é o ponto de referencia; e entre os dois logares assenta-se o nivel d'agua, como representa a figura. Dirige-se um raio visual por este instrumento, e faz-se signal aos individuos que acompanham as miras para que elles levem os pontos de referencia á horizontal *XY*, determinada para ambos os lados pelo individuo que trabalha com o nivel. Feito isto, e lendo as indicações *H* e *h* das reguas graduadas, a sua differença representa a differença de altura dos dois logares.

Se os pontos são muito distantes, e tem uma differença de nivel maior que o comprimento da mira, fazem-se estações successivas e intermedias.

É claro que o nivel determinado é *apparente*; porque corresponde a pontos contidos no plano tangente á superficie da terra, considerada como espherica: o *nivel verdadeiro* é o que corresponde a pontos equidistantes do centro da terra.

130.—Nivel de bolha d'ar.—O *nivel de bolha d'ar*, muito mais sensivel que o antecedente, serve não só para fazer nivelamentos, como tambem para verificar a horizontalidade

dos planos: a sua construcção funda-se na lei da sobreposição dos fluidos em equilibrio.

Consta, fig. 42, de um tubo de vidro fechado em ambos os extremos, ligeiramente curvo e quasi completamente cheio de um liquido muito fluido,



Fig. 42

de um liquido muito fluido, como o alcool e o ether, sendo o espaço restante occupado por uma bolha d'ar, ou melhor ainda pelo vapor do liquido. Este tubo é introduzido n'um estojo de metal *AB* aberto superiormente na parte média, afim de deixar a descoberto a sua parte convexa, e ligado a uma regua tambem metálica *PP*, invariavelmente por um dos extremos, e no outro por intermedio de um parafuso, que permite o movimento de rotação em torno do primeiro. Assentando o instrumento n'um plano horizontal a bolha deve occupar a parte média, por ser a mais elevada; e essa posição é indicada por dois traços *r*, *r'*, abertos no vidro.—Verifica-se se esta condição se realisa collocando o nivel n'um plano, que se dispõe por fórma que a bolha venha ao centro, e invertendo-o sem alterar a posição do plano; se a bolha não muda de logar conclue-se que o nivel está bom; aliás é preciso mover o parafuso até que, por tentativas, se consiga este resultado.

Para dar com este instrumento a posição horizontal a um plano, deve o plano ser munido de tres parafusos, que por este motivo se denominam de *nivelamento*; e procede-se da maneira seguinte: colloca-se o nivel na direcção de dois parafusos e move-se um d'elles até que a bolha fique no centro; depois colloca-se o nivel na direcção de um d'estes parafusos e do terceiro, e move-se este ultimo até se conseguir o mesmo resultado. Feito isto temos a certeza que o plano é horizontal; porque, como sabemos, bastam duas linhas cruzadas para determinar um plano.

Para usar d'este instrumento nos nivelamentos, no que é muito superior ao nivel d'agua, fixa-se a um oculo, a que se dá a posição horizontal por meio d'elle.

III.—Pressões exercidas pelos líquidos

131.—Pressões exercidas pelos líquidos.—A pressão exercida sobre a superfície livre de um líquido é apenas a que provém do peso do ar: nas camadas inferiores, além d'esta pressão, exerce-se também o peso das camadas superiores. Em virtude do principio de Pascal, a pressão transmite-se em todos os sentidos com a mesma intensidade; d'aqui vem a consideração de tres especies de pressões exercidas pelos líquidos: 1.^a *pressão vertical de cima para baixo*; 2.^a *pressão vertical de baixo para cima*; 3.^a *pressão sobre as paredes lateraes dos vasos*. Esta ultima pressão considera-se sempre normal; porque uma pressão obliqua á parede decompõe-se em duas, uma normal e outra parallalela, e esta não tem effeito sobre a parede.

No que se segue abstrae-se da pressão que o ar exerce sobre a superfície livre do líquido.

132.—Pressão vertical de cima para baixo.—Pressão no fundo dos vasos.—Em um líquido apenas submettido ao seu peso, a pressão em uma superfície horizontal é evidentemente igual ao peso de um cylindro líquido, que tem por base esta superfície e por altura a distancia que a separa da superfície livre do líquido.

A pressão de um líquido sobre o fundo horizontal do vaso, que o contém, é, por conseguinte, igual ao peso de uma columna liquida cuja base é o fundo do vaso, e cuja altura é a sua distancia á superfície livre do líquido. Qualquer que seja, pois, a configuração dos vasos, qualquer que seja a quantidade de líquido n'elles contido, a pressão é sempre a mesma, sendo constante a altura do líquido e a superfície do fundo.

Costuma-se demonstrar este principio com o apparelho de Haldat, fig. 43, o qual é formado por um tubo de vidro

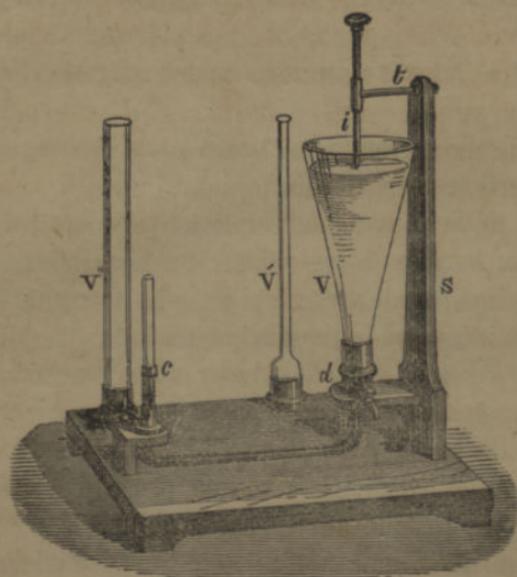


Fig. 43

abc duas vezes recurvado em angulo recto, tendo um dos ramos verticaes *a* uma virola metallica *d*, a que se podem atarrachar successivamente diferentes vasos *V*, *V'* *V''*, com fórmas mui differentes. Faz-se a experiencia deitando mercurio no tubo, atarrachando-lhe um vaso *V*, e deitando n'elle agua até uma certa altura, que se marca com um estilete *i*: em consequencia da pressão da agua no fundo do vaso o mercurio eleva-se no outro ramo vertical até uma altura, que se marca com um anel *c*. Fazendo sair a agua pela torneira da virola *d* e repetindo a experiencia com qualquer dos outros vasos, que levam differentes quantidades de liquido, tendo cuidado de lhes deitar agua até á altura indicada pelo estilete, reconhece-se que o mercurio sobe sempre á mesma altura; o que demonstra que a pressão é sempre a mesma, isto é, independente da fórma do vaso, e só dependente da superficie do fundo e da altura do liquido.

133.—Pressão vertical de baixo para cima.—* Como a pressão, que se exerce n'um ponto de qualquer massa liquida, se transmite em todos os sentidos com a mesma intensidade, segue-se que uma superficie horizontal deve experimentar inferiormente uma pressão de baixo para cima egual á que soffre de cima para baixo.

Assim, a pressão exercida por um liquido de baixo para cima é egual ao peso de um cylindro liquido, que tem por base a superficie horizontal premida, e por altura a sua distancia á superficie livre do liquido.

Demonstra-se experimentalmente este principio com um cylindro de vidro *T*, fig. 44, aberto em ambas as bases, mas que se tapa inferiormente com um disco *O* sustentado por um fio *c*.

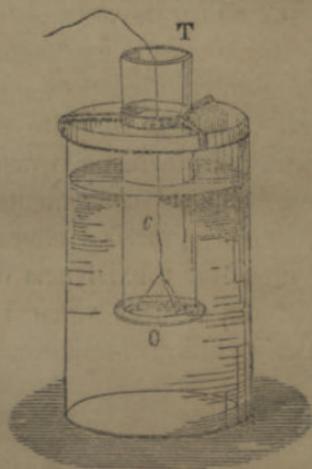


Fig. 44

Introduzindo o tubo na agua, pode-se largar o fio, porque o disco não cae, o que prova a existencia da pressão de baixo para cima; deitando agua no cylindro, o disco precipita-se quando o nivel da agua coincide sensivelmente com o nivel exterior, o que prova a grandeza da pressão.

134.—Pressão lateral.—Centro de pressão.—Demonstra-se pelo calculo, partindo do principio de Pascal que a pressão exercida por um liquido, sobre uma porção plana da superficie lateral de um vaso, é egual ao peso de uma columna liquida, que tem por base a superficie premida, e por altura a distancia do seu centro de gravidade á superficie livre do liquido.

O ponto de applicação da pressão lateral denomina-se centro de pressão, e fica sempre um pouco abaixo do centro de gravidade da superficie premida; porque as pressões

parciaes, que formam a pressão total, augmentam com a profundidade.

135.—*Torniquete hyraulico*.—Um liquido contido n'um vaso exerce por conseguinte pressões eguaes e contrarias em pontos das paredes lateraes oppostos situados na mesma altura, e essas pressões destroem-se; porém se abrimos um orificio n'uma das paredes deixa ahi de exercer-se a pressão e deixa de ser equilibrada a pressão no ponto opposto: o vaso deve portanto tender a deslocar-se em sentido contrario ao do esgoto do liquido. Se, em geral, não se realiza este movimento é porque aquella pressão é insufficiente para arrastar o vaso: o *torniquete hyraulico*, porém, está disposto convenientemente para facilitar o movimento devido ás pressões lateraes dos liquidos, e portanto para demonstrar a existencia d'estas pressões.

É um vaso de vidro *V*, fig. 45, movel em torno de um eixo vertical, communicando inferiormente com um tubo ho-



Fig. 45

rizoal *t*, aberto e recurvado em ambas as extremidades em sentidos contrarios. Enchendo o vaso com agua, o liquido esgota-se pelas duas aberturas do tubo horizontal, imprimindo ao aparelho movimento de rotaçãõ em sentido contrario ao do esgoto. A velocidade d'este movimento é

tanto maior quanto maior é a altura do liquido no vaso V , e quanto menores são as aberturas do tubo t .

136.—Paradoxo hydrostatico.—O principio do num. 132 deu origem ao celebre *paradoxo hydrostatico*; porque parece paradoxal o facto de ser a pressão exercida no fundo de um vaso umas vezes maior, outras menor e até igual ao peso do liquido, conforme o vaso estreita para cima, ou alarga ou é cylindrico.

Suspendendo a um dos braços de uma balança um disco metallico, que se applica successivamente ao fundo dos vasos que figuram no aparelho de Haldat, e que se apoiam n'um suporte independente da balança, e deitando-lhes liquido até á mesma altura, vemos que é preciso sempre o mesmo peso para equilibrar a balança; é outro modo de demonstrar o principio do num. 132. Porém, se em lugar de fazermos isto, collocarmos os vasos sobre o prato da balança, reconheceremos que o peso preciso para restabelecer o equilibrio é, em todos os casos, igual ao peso do vaso augmentado do peso do liquido; é portanto variavel com a fórma do vaso.

A contradicção entre os resultados d'estas duas experiencias, que constitue o *paradoxo*, explica-se perfeitamente notando que, no primeiro caso apenas se transmite á balança a pressão no fundo dos vasos, e no segundo transmite-se toda a pressão vertical que o vaso soffre no liquido, a qual é composta da pressão no fundo e mais ou menos as componentes verticaes das pressões nas paredes lateraes; mais no caso do vaso ser alargado para a parte superior, menos no caso contrario¹. Se o vaso é cylindrico a resultante das pressões lateraes é nulla, e por isso, n'este caso, o peso do liquido é igual á pressão exercida no fundo.

¹ Demonstra-se mui facilmente que as pressões exercidas por um liquido sobre as paredes d'um vaso tem uma resultante unica igual ao peso do liquido.

IV—Equilíbrio dos corpos mergulhados
e fluctuantes nos líquidos

137.—Pressões que supportam os corpos mergulhados nos líquidos.—Um corpo inteiramente mergulhado n'um liquido soffre, em todos os pontos da sua superficie, pressões eguaes á pressão do liquido nas camadas horizontaes d'esses pontos, e que crescem por conseguinte com a profundidade. Essas pressões são perpendiculares á superficie, mas podem considerar-se decompostas em pressões horizontaes e em pressões verticaes: as primeiras, para pontos oppostos da mesma camada horizontal são eguaes e contrarias, por conseguinte equilibram-se; é facil demonstrar que as ultimas, pelo contrario, são deseguaes, nos pontos oppostos da mesma vertical, e a sua resultante tem o sentido contrario ao da gravidade, isto é, actua de baixo para cima.

Para fixar as idéas costuma-se considerar um cubo mer-



Fig. 46

gulhado, tendo quatro faces verticaes e duas horizontaes, fig. 46: é claro que as pressões sobre duas faces verticaes oppostas são eguaes e contrarias (134); a pressão de cima para baixo sobre a face horizontal superior é igual ao peso do parallelipipedo rectangulo de base cd e de altura bc , em quanto que a pressão de baixo para cima sobre a face horizontal inferior é igual ao peso do parallelipedo de base ae e altura ab : e a differença entre estas duas pressões é vertical, debaixo para cima e igual ao peso do cubo de liquido ad , isto é, do volume de liquido deslocado pelo corpo.

138.—Impulsão do liquido: centro de impulsão.—Dá-se o nome de *impulsão* de um liquido á resultante de todas as pressões que elle exerce sobre um corpo mergulhado, a qual é,

como acabamos de provar, igual ao peso do liquido deslocado e directamente opposta á gravidade.

Ao centro de gravidade do volume de liquido deslocado dá-se o nome de *centro de impulsão*; é o ponto onde se considera actuando aquella força.

139.—Princípio de Archimedes.—Do que acabamos de dizer resulta que, um corpo mergulhado n'um liquido está submettido á acção de duas forças verticaes, de sentido contrario, uma, o seu peso, outra a impulsão do liquido. D'aqui vem o principio seguinte, descoberto por Archimedes: *um corpo mergulhado n'um liquido perde uma parte do seu peso equal ao peso do liquido deslocado.*

Demonstra-se experimentalmente este principio com a *balança hydrostatica*, fig. 47: é uma balança ordinaria cujos

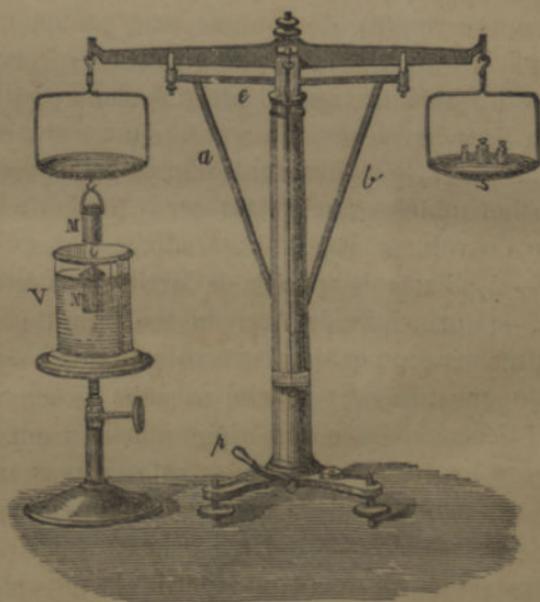


Fig. 47

pratos, suspensos por estribos mui curtos, são munidos de ganchos na parte inferior: as hastes *a*, *b*, reunidas pela re-

gua *e*, constituem um systema, que se faz subir ou descer movendo para a direita ou esquerda o cabo *p*, e serve, como nas balanças de precisão, para elevar o travessão e poupar o cutello. Algumas balanças hydrostaticas teem o travessão ligado a uma haste dentada, e assim por meio de um carrete faz-se elevar ou abaixar a balança, isto com o fim de mergulhar na agua de um vaso o corpo suspenso a um dos pratos. As balanças mais modernas, como é a que a fig. representa, não teem esta disposição, que apresenta o inconveniente de as desnivelar: o vaso de vidro *V* é que assenta sobre um suporte munido de haste dentada para poder descer ou subir.

Suspende-se a um dos pratos um cylindro ôco *M* e a este o massiço *N* de volume igual á capacidade do primeiro, e tara-se a balança; faz-se depois descer esta ou subir o vaso *V* até que o cylindro inferior mergulhe na agua, e reconhece-se que o travessão inclina-se e indica uma perda de peso do lado dos cylindros: enchendo d'agua o cylindro ôco, isto é, adicionando d'este lado o peso d'um volume de liquido igual ao do cylindro mergulhado, a balança readquire a posição horizontal, o que prova ser a perda de peso igual ao peso do volume d'agua deslocado.

140.—Aplicação do principio de Archimedes á determinação de volumes.—O principio de Archimedes permite determinar de uma maneira muito simples o volume de qualquer corpo, comtanto que não seja soluvel na agua e seja mais denso que ella. Suspende-se o corpo por um fio a um dos pratos da balança hydrostatica e tara-se esta; depois mergulha-se o corpo em agua distillada a 4°, collocam-se n'aquelle prato os pesos necessarios para dar á balança a posição horizontal. Estes pesos representam a perda de peso do corpo na agua, e portanto o peso do liquido deslocado; o seu numero de grammas é o numero de centimetros cubicos do volume d'este liquido, que é igual ao volume do corpo.

141.—Condições de equilibrio dos corpos mergulhados e fluctuan-

tes.—Um corpo mergulhado em um liquido está submettido á acção de duas forças; uma, o seu peso, actuando de cima para baixo e applicada no seu centro de gravidade; outra, a impulsão do liquido, actuando debaixo para cima e applicada no centro de impulsão.

Sendo o peso do corpo maior que a impulsão, não pode haver equilibrio no interior do liquido, e o corpo precipita-se para o fundo do vaso.

Sendo aquelle peso igual á impulsão do liquido, o corpo pode ficar em equilibrio mergulhado no liquido. Se o corpo é homogeneo, o seu centro de gravidade confunde-se com o de impulsão, e o equilibrio manifesta-se em qualquer posição, isto é, é *indifferente*. Se não é homogeneo, o equilibrio só se verifica quando o centro de gravidade e o de impulsão estão na mesma vertical, e é *estavel* quando este é superior áquelle; porque desviando um pouco o corpo d'esta posição, as forças applicadas n'aquelles pontos constituem um binario, que o leva á posição primitiva; em quanto que estando o centro de gravidade na parte superior, o equilibrio é *instantaneo* ou *instavel*, porque, por pouco que se desvie o corpo, o binario de que fallámos fal-o voltar levando o centro de gravidade para a parte inferior.

Finalmente, se o peso do corpo é menor que a impulsão, esta faz subir o corpo até mergulhar apenas de uma porção tal que o peso do liquido deslocado seja igual ao seu; e o corpo *fluctua*. Para haver equilibrio é preciso ainda que o centro de gravidade do corpo fluctuante e o centro de impulsão estejam na mesma vertical: o equilibrio é *estavel* sempre que este ponto é superior ao outro, pode porém ser estavel estando o centro de gravidade acima do centro de impulsão, comtanto que esteja abaixo de um outro ponto denominado *metacentro*, cuja determinação pertence á mechanica.

É para tornar estavel o equilibrio dos navios que se emprega o *lastro* no porão; porém a carga pode levantar um

pouco o centro de gravidade, e é preciso sabel-a arrumar para que o equilibrio se conserve estavel.

Resumindo, diremos que são duas as condições de equilibrio dos corpos mergulhados e fluctuantes: 1.^a é preciso que estes corpos desloquem um peso de liquido equal ao seu¹; 2.^a que o seu centro de gravidade e o de impulsão estejam na mesma vertical.

Com um ovo e um vaso cylindrico de vidro faz-se uma experiencia simples, que realisa os tres casos mencionados. Deitando agua no vaso e introduzindo-lhe o ovo, este desce até ao fundo, porque a sua densidade média é maior que a da agua. Fazendo a experiencia com agua salgada, o ovo fluctua, porque é menos denso que ella. Deitando com cuidado a agua commum sobre a agua salgada, os liquidos misturam-se nas camadas em contacto, e introduzindo o ovo superiormente elle desce até encontrar estas camadas, onde fica em equilibrio.

142. — Ludion. — O ludion é um pequeno aparelho com o



Fig. 48

qual se costumam mostrar os diferentes casos, que se podem dar na immersão de um corpo. É um cylindro de vidro, fig. 48, quasi completamente cheio d'agua, e fechado superiormente com uma membrana elastica: no liquido mergulha uma esphera de vidro contendo alguma agua, e tendo um orificio na parte inferior: da esphera pende uma figura de esmalte. Carregando com o dedo sobre a membrana, o ar é comprimido, exerce pressão sobre a agua, que se transmite através de todo o liquido obrigando-o a entrar

¹ Ha factos que parecem estar em contradicção com este principio. Assim, um fio de platina fluctua sobre o mercurio, que é menos denso que elle, e as agulhas d' aço podem fluctuar na agua. Explica-se este phenomeno pela depressão do liquido junto do corpo fluctuante não molhado, a qual faz o mesmo effeito que augmentar o volume do liquido deslocado pelo corpo.

em parte para dentro da esphera: esta adquire maior peso e desce com a figura de esmalte. Alliviando a pressão, o systema sóbe; porque sae uma porção d'agua de dentro da esphera.

Nos ludions mais aperfeiçoados o cylindro de vidro é terminado por uma virola metallica, a que se adapta um outro cylindro metallico munido de embolo de parafuso. D'este modo pode-se graduar á vontade a pressão transmittida ao liquido e mantel-a o tempo que se quizer.

143.—Bexiga natatoria dos peixes.—A maior parte dos peixes teem no abdomen abaixo da espinha dorsal uma bexiga cheia d'ar, que se chama *bexiga natatoria*. Por um esforço muscular o peixe comprime-a quando quer descer, e dilata-a para subir dentro d'agua, porque no primeiro caso torna-se mais denso, visto que sem mudar de peso diminue de volume, e no segundo acontece o contrario.

144.—Natação.—Os animaes são, em geral, especificamente mais levês que a agua, por isso fluctuam naturalmente quando mergulham, e melhor ainda se a agua é salgada; porém a difficuldade da natação está em poderem conservar a cabeça fóra do liquido para respirarem livremente. O homem, cuja cabeça tem um grande peso em relação aos membros inferiores, tende a mergulhar, o que faz com que a natação seja uma arte que elle precisa cultivar. Nos quadrupedes succede o contrario; a cabeça pesa menos que a parte posterior do corpo, e por isso elles conservam-n'a fóra d'agua sem esforço, e nadam naturalmente.

Para nadar não basta conservar o corpo ao de cima d'agua, é preciso saber avançar; para este fim toma-se com os pés e mãos pontos de apoio na agua, e corta-se o liquido apre-

É por um phenomeno semelhante que alguns insectos caminham sobre as aguas sem se molharem; porque uma substancia gorda das suas patas determina a depressão, que importa uma maior deslocação de volume.

sentando-lhe pequena superficie, isto é, de lado. Os peixes auxiliam-se das barbatanas e da cauda para se moverem dentro d'agua.

As boias e colletes de salvação, etc., servem aos principiantes para lhes facilitar a fluctuação e poderem mover-se.

V.—Determinação da densidade dos solidos
e dos liquidos.
Areometros e densímetros

145.—Methodos geraes para a determinação da densidade dos solidos e dos liquidos.—*A densidade de um corpo solido ou liquido é a relação entre o peso de volumes eguaes do corpo e da agua pura a 4° (76).* São tres os methodos geraes empregados na determinação d'estes pesos, e portanto das densidades: 1.º *methodo da balança hydrostatica*; 2.º *methodo do frasco*; 3.º *methodo dos areometros*.

146.—*Methodo da balança hydrostatica.*—1.º *Corpos solidos.*—Suspende-se o corpo por um fio a um dos pratos da balança e mede-se o seu peso P ; mergulha-se depois em agua e restabelece-se o equilibrio da balança com os pesos P' , que representam a perda de peso do corpo, isto é, o peso de um volume d'agua igual ao seu. O quociente $\frac{P}{P'}$ é a densidade procurada.

2.º *Corpos liquidos.*—Suspende-se a um dos pratos da balança um corpo não atacado pelos liquidos, uma esphera de vidro, por ex., e tara-se a balança; depois mergulha-se aquelle corpo no liquido cuja densidade se quer conhecer, e compensa-se a perda de peso com os pesos P : tira-se o corpo do liquido, equilibra-se novamente no ar, tirando estes pesos, e mergulha-se na agua: representando por P' os pesos que é preciso empregar para compensar a impulsão d'este liquido, $\frac{P}{P'}$ é a densidade do primeiro.

147.—Methodo do frasco¹.—1.º *Corpos solidos*.—Para os solidos emprega-se um frasco de boca larga, fig. 49, com rolha esmerillada, ôca, prolongada por um tubo delgado. Começa-se por determinar o peso P do corpo; depois colloca-se n'um dos pratos de uma balança, ao lado do frasco cheio d'agua até um nivel determinado t , e tara-se a balança com areia ou grãos de chumbo.

Introduz-se o corpo dentro do frasco, limpa-se este, tendo o cuidado de deixar o liquido no mesmo nivel que precedentemente, e colloca-se na balança, adicionando-lhe os pesos P' necessarios para restabelecer o equilibrio: estes pesos representam o peso de um volume d'agua igual ao do corpo, por conseguinte $\frac{P}{P'}$ é a densidade d'este.

Com os corpos reduzidos a pó emprega-se exclusivamente este methodo.



Fig. 49

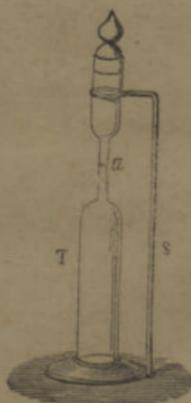


Fig. 50

¹ Este methodo, que descrevemos apesar de não ser exigido pelo programma, é o unico que se pode empregar com os gazes, cuja densidade, por ser muito pequena, costuma-se referir ao ar.

2.º *Corpos liquidos*.—O frasco para os liquidos é de paredes mui delgadas e de boca estreita: a fig. 65, representa o frasco de Regnault, que permite operar n'uma temperatura bem definida. Equilibra-se o frasco na balança; depois enche-se do liquido e determina-se um augmento de peso P ; faz-se o mesmo com a agua e acha-se um peso P' : a densidade é dada pela relação $\frac{P}{P'}$.

148.—Methodo dos areometros.—Dá-se o nome de *areometro* a um fluctuador de vidro ou de metal, de certa configuração, lastrado com chumbo ou mercurio, para que seja estavel o equilibrio quando mergulhado nos liquidos.

1.º *Corpos solidos*.—Na medição da densidade dos solidos emprega-se o *areometro de Nicholson*, fig. 51, cujo corpo principal é um cylindro ôco de latão terminado em cones: o inferior suspende uma pyramide conica lastrada com a base concava e voltada para cima; o superior tem uma haste com um prato na extremidade e um traço a certa altura, denominado *ponto de affloramento*. Faz-se fluctuar o areometro na agua, colloca-se no prato um fragmento do corpo cuja densidade se procura e mais a grenalha de chumbo necessaria para que o instrumentô mergulhe até ao traço; depois tira-se o corpo e substitue-se por pesos P capazes de produzir novamente o affloramento: é claro que P é o peso do corpo.



Fig. 51

Por este motivo, isto é, porque o apparelho mede os pesos dos corpos, recebeu o nome de *areometro-balança*. Para determinar a perda de peso do corpo na agua, isto é, o peso de um volume d'este liquido igual ao volume do corpo, colloca-se este sobre a base do cone inferior, o que faz com que o instrumento mergulhe menos, e collocam-se no prato superior os pesos P' necessarios para

o areometro mergulhar até ao traço: a relação $\frac{P}{P'}$ é a densidade do corpo solido.

O instrumento permite tambem a determinação da densidade dos corpos menos densos que a agua; para isso inverte-se a pyramide conica inferior, e colloca-se o corpo de baixo da sua base concava.

2.º *Corpos liquidos.*—Para os liquidos emprega-se o *areometro de Fahrenheit*, que só differe do antecedente em ser de vidro, para que não o ataquem os liquidos.—Pesa-se o areometro n'uma balança e acha-se o peso A : mergulha-se no liquido cuja densidade se pretende determinar, e collocam-se no prato os pesos P necessarios para o fazer mergulhar até ao traço; é claro que $A + P$ representa o peso do systema fluctuante, e portanto do volume de liquido deslocado: faz-se a mesma operação na agua e acha-se o peso P' ; $A + P'$ é o peso de um equal volume d'este liquido; portanto a densidade do primeiro é equal á relação $\frac{A + P}{A + P'}$.

149.—*Areometros de volume variavel.*—Os dois areometros que ficam descriptos chamam-se *de volume constante e peso variavel*; porque se fazem mergulhar sempre até ao mesmo ponto, ajuntando-lhes pesos, que variam com os solidos e liquidos sobre que se opera.

Com o fim não só de medir a densidade dos liquidos, como o grau de concentração das dissoluções, empregam-se outros areometros denominados de *peso constante e volume variavel*; porque não se sobrecarregam de pesos nos liquidos de diversas densidades. São completamente de vidro, e constam geralmente de um tubo estreito ligado a um corpo cylindrico ou espherico, e este terminado por uma esphera lastrada, fig. 52.



Fig. 52

O seu nome varia com o seu destino: assim o *lactometro* ou *pesa-leite*, serve para apreciar a qualidade do leite e a quantidade d'agua que tem; o *pesa-mosto* serve para os vinhos, etc.

Como exemplos d'esta especie de areometros descrevemos os *areometros de Baumé* e o *alcoometro de Gay-Lussac*.

150.—*Areometros de Baumé*.—Os areometros de Baumé graduam-se de differente modo, conforme se destinam para avaliar o grau de concentração das dissoluções mais densas que a agua, ou menos densas. Os primeiros, conhecidos pelas denominações de *pesa-acidos*, ou *pesa-saes*, lastram-se de modo que introduzidos em agua pura mergulhem até a parte superior da haste, e ahí marca-se o zero da escala; mergulham-se depois em uma dissolução de 15 partes de sal marinho e 85 d'agua, e marca-se 15 no ponto de affloramento; divide-se o intervallo em 15 partes eguaes e continuam-se as divisões até á extremidade inferior da haste.

Os outros areometros de Baumé, conhecidos pela denominação de *pesa-espirtos*, ou *pesa-licóres*, lastram-se de modo que só mergulhem até á parte inferior da haste n'uma dissolução de 10 partes de sal marinho e 90 d'agua, e no ponto de affloramento marca-se zero; introduzem-se depois em agua pura e no ponto de affloramento marca-se 10; divide-se o intervallo em 10 partes eguaes, e prolongam-se as divisões até á extremidade superior da haste.

151.—*Alcoometro centesimal de Gay-Lussac*.—Este instrumento tem a fórma dos areometros de Baumé, e de qualquer areometro de volume variavel, com a differença de ser a haste mais comprida e de menor diametro. É destinado especialmente para determinar a porção de alcool absoluto contido n'um liquido composto de agua e alcool, e para este fim não se pode graduar como os outros areometros porque da mistura d'aquelles liquidos resulta sempre uma contracção (21).

O alcoometro, denominado *centesimal*, porque indica

quantos por cento de alcool existe no liquido, gradua-se da maneira seguinte: lastra-se de modo que mergulhado em alcool absoluto o ponto de affloramento fique na extremidade superior da haste, e ahi marca-se 100, e que em agua pura mergulhe só até á extremidade inferior, onde se marca 0; mergulha-se depois successivamente em liquidos contendo, em volume, 10, 20, 30,... por cento de alcool, e marca-se 10, 20, 30,... nos pontos de affloramento; e dividem-se, por ultimo, os intervallos entre cada dois pontos em 10 partes eguaes,

Feito isto, na temperatura de 15°, o instrumento dá, n'esta temperatura, a quantidade em volume de alcool puro contido em volumes conhecidos da mistura de agua e alcool. Em outras temperaturas não serve directamente o instrumento, porque variam muito os volumes, e é preciso fazer correccões; as quaes se dispensam porém usando das tabellas de duas entradas de Gay-Lussac, por meio das quaes dada a temperatura e lida a indicação do alcoometro, se acha o resultado que se pretende.

152.—Densímetros.—Os areometros de volume variavel, de que tratámos nos num. 149, 150 e 151, não se empregam, de ordinario, na apreciação da densidade dos liquidos: uns apenas servem para avaliar o grau de concentração de certas dissoluções; outros para avaliar a porção de alcool contido n'um liquido alcoolico.

Os primeiros podem, na verdade, dar a densidade dos liquidos, recorrendo a uma formula especial para cada instrumento; porém o seu uso não é commodo.

Dá-se o nome de *densímetros* a areometros de volume variavel que dão immediatamente, ou mediante um calculo muito simples, a densidade dos liquidos, em que se mergulham.

O fundamento da gradação d'estes instrumentos é sempre o seguinte: os pesos dos volumes da agua e do liquido que se ensaia, deslocados pelo densímetro são eguaes, por-

que representam o peso d'este corpo fluctuante; por conseguinte se designarmos por 100 o volume de agua deslocada, e por v o volume de um liquido de densidade d , tambem deslocado pelo mesmo instrumento, tem-se $100 = vd$, por isso que, tomando para unidade a densidade da agua, o num. 100 tanto representa o volume como o peso.

A graduação faz-se do modo seguinte, suppondo que o instrumento, cuja haste deve ser perfeitamente cylindrica, está lastrado de maneira que na agua mergulha só até ao meio do tubo, onde se marca 100; mergulha-se n'um liquido de densidade conhecida 1,25, por ex., e marca-se na nova linha de nivel o numero $\frac{100}{1,25} = 80$; divide-se o intervalo em 20 partes eguaes, e prolongam-se estas divisões para cima e para baixo. Assim temos graduado o instrumento, tanto para liquidos mais densos como menos densos que a agua.

Querendo escalas muito extensas empregam-se dois instrumentos distinctos, um para liquidos mais densos e outro para liquidos menos densos do que a agua; e lastram-se de modo que o primeiro mergulhe n'este liquido até á parte superior da haste, e o segundo até á parte inferior.

Para graduar então o segundo instrumento mergulha-se n'um liquido de densidade 0,80, por ex.; será o numero da divisão correspondente $\frac{100}{0,80} = 125$; divide-se o intervalo entre 100 e 125 em 25 partes eguaes, e prolonga-se a escala para a parte superior. Podem-se reunir no mesmo instrumento as duas escalas, constituindo um *volumetro universal*, empregando um lastro adicional que se suspende a um gancho em que termina o areometro, e que o faz mergulhar até ao num. 100, superior da escala descendente, em quanto que sem este lastro mergulha em agua pura até ao num. 100 inferior da escala ascendente, collocada do lado opposto do tubo e pertencente aos liquidos menos densos

que a agua. Por um modo identico obtem-se um *areometro universal* com as duas escalas Baumé.

O instrumento assim graduado denomina-se ás vezes *volumetro*; porque dá propriamente o volume de pesos eguaes dos liquidos em que se mergulha; e dá esse volume v expresso em um numero $100 \pm n$ indicado na escala e determinado como dissemos. Obtem-se porém a densidade mediante um calculo arithmetico muito simples, que consiste em dividir 100 por $100 \pm n$.

Os *densimetros* propriamente ditos dispensam este trabalho, porque a sua escala indica logo, em vez d'aquelles numeros, a densidade correspondente. N'estes instrumentos procede-se do mesmo modo; tem-se porém feito o calculo e indicado ao lado de cada divisão o valor correspondente da densidade.

Tabella da densidade de alguns corpos

1.º *Corpos solidos*

Platina.....	22,00	Crystal.....	3,33
Oiro.....	19,00	Vidro ordinario.....	2,50
Chumbo.....	11,35	Sal commum.....	2,21
Prata.....	10,47	Carvão de pedra.....	1,33
Cobre.....	8,79	Buxo.....	1,32
Ferro.....	7,79	Nogueira.....	0,80
Estanho.....	7,29	Pinho.....	0,66
Zinco.....	6,86	Cortiça.....	0,24
Diamante.....	3,51	Medula de sabugo.....	0,08

2.º *Corpos liquidos*

Mercurio.....	13,60	Leite.....	1,03
Acido sulfurico concentrado	1,84	Azeite.....	0,92
Acido chlorhydrico id.....	1,24	Alcool absoluto.....	0,79
Acido azotico do commercio	1,22	Ether sulfurico.....	0,72
Agua do mar.....	1,03		

VI.— Capillaridade.— Osmose

153.— *Phenomenos capillares.*— Os phenomenos observados quando os liquidos estão contidos em espaços muito apertados, ou quando se considera, em vasos de qualquer secção, a porção adjacente ás paredes, parecem fazer excepção ás leis do equilibrio, e comtudo deduzem-se d'ellas. Os phenomenos são principalmente a desnivelação do liquido e a curvatura da sua superficie livre; e denominam-se *capillares*, por serem muito pronunciados nos tubos capillares, isto é, nos tubos de diametro interno comparavel á grossura dos cabellos.

Mergulhando o extremo de um tubo capillar n'um liquido, nota-se umas vezes elevação e outras depressão do liquido interior a respeito do nivel geral exterior; e o mesmo se observa junto das paredes exteriores do tubo: na agua, por exemplo, o nivel dentro do tubo e junto das paredes é mais elevado, fig. 53, e no mercurio menos, fig. 54. A ascensão

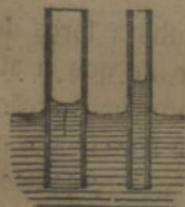


Fig. 53



Fig. 54

observa-se sempre que o liquido molha o tubo, e a depressão quando o não molha: no primeiro vaso o vertice toma a forma de um *menisco côncavo*, e no segundo a de um *menisco convexo*: as ascensões e depressões, são tanto maiores quanto menor é o diametro dos tubos.

A experiencia pode fazer-se tambem introduzindo uma certa porção do liquido que se experimenta em dois tubos communicantes de diametros muito deseguaes: com a agua o liquido eleva-se mais no tubo mais estreito; com o mercurio acontece o contrario.

O aparelho representado na fig. 55, serve para demonstrar estes phenomenos; sobre uma prancha de madeira estão quatro tubos capillares *a, b, c, d*, em communicação com tubos mais grossos *A, B, C, D*; *a* tem o mesmo diametro que *c, b* o mesmo que *d*; porém o diametro d'estes ultimos é menor que o dos primeiros. Na parte média da prancha ha uma escala de dimensões arbitrarías com o zero no meio. Deitando mercurio nos tubos *A* e *B*, e agua em *C* e *D*, até que o nivel em todos suba ao zero da escala, reconhece-se que nos dois primeiros tubos capillares o liquido fica abaixo do zero, e nos dois ultimos acima; a depressão e a elevação é maior nos tubos *b* e *d* de menor diametro.

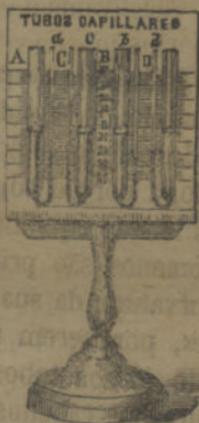


Fig 55

Entre laminas bastante proximas notam-se resultados identicos.

Quando o liquido molha o tubo a força de attracção do solido sobre o liquido é maior do que a attracção mutua das moleculas liquidas, combinada com a acção da gravidade; o contrario acontece no caso do liquido não molhar o tubo: a relação existente entre aquellas forças determina os phenomenos capillares.

154.—Phenomenos diversos devidos á capillaridade.—É em virtude da acção capillar que o azeite sóbe pelas torcidas dos candieiros, já pelos poros do algodão, já pelos pequenissimos canaes formados pela torsão dada a esta distancia. Nas velas succede o mesmo; a acção do calor derrete a cera,

a stearina, etc., e estas substancias no estado liquido sobem aos extremos da torcida pela acção capillar.

A ascensão dos liquidos no interior dos animaes e dos vegetaes é, em grande parte, devida á acção capillar; porque os vasos dos seres organisados na sua grande maioria são effectivamente capillares.

Certos movimentos de liquidos em tubos, ou de solidos mergulhados nos liquidos são ainda phenomenos devidos á capillaridade ou antes á curvatura que a superficie dos liquidos adquire junto dos solidos. Assim, um liquido introduzido n'um tubo conico, disposto horizontalmente, caminha para o lado mais estreito, se o molha, como acontece quando se introduz tinta n'um tira-linhas: se o liquido não molha o tubo, o movimento produz-se em sentido contrario.

Duas laminas de vidro muito proximas, que se mergulham em agua ou em mercurio, são fortemente aproximadas; e o mesmo se reconhece com dois corpos leves, que se fazem fluctuar n'um liquido, que molhe ambos ou nenhum: faz-se esta experiencia com esferas de cortiça, que se mettem em agua; para não serem molhadas por este liquido podem cobrir-se as superficies com uma camada de negro de fumo. Se uma das laminas fosse molhada e outra não, haveria afastamento entre ellas, como se reconhece mergulhando em agua uma esfera de cortiça no estado natural e outra coberta de negro fumo, e aproximando uma da outra.

155.—Osmose; endosmose e exosmose.—Dois liquidos justapostos misturam-se intimamente, ainda mesmo que o mais denso esteja na parte inferior: este phenomeno denomina-se *diffusão*, e a sua causa é a acção attractiva das moleculas liquidas postas em contacto.

Denomina-se *osmose* a *diffusão* entre dois liquidos separados por uma membrana mais ou menos porosa. Estuda-se este phenomeno com um pequeno aparelho denominado *endosmometro*, fig. 56, e que consta de um vaso de vidro V

fechado inferiormente por uma membrana porosa, e prolongado superiormente por um tubo de vidro ligado a uma prancha graduada: deitando n'este vaso agua gomada ou assucarada até uma certa divisão do tubo, e mergulhando-o n'outro vaso *V* com agua pura, reconhece-se passado certo tempo a subida do liquido no tubo, e a existencia de gomme ou assucar na agua exterior; o que prova que houve através da membrana duas correntes, sendo mais intensa a do liquido menos denso para o mais denso: a primeira recebeu o nome de *endosmose* e a segunda de *exosmose*.

Reconhece-se ainda o mesmo phenomeno com outros liquidos e até entre os gazes, como veremos; e tambem substituindo a membrana por uma lamina de madeira, d'argila ou de terra porosa.

Parece fóra de duvida que os phenomenos da *osmose* são o resultado da diffusão entre os liquidos ou entre os gazes, modificada pela cohesão desigual da membrana para os dois fluidos que separa.

Muitos phenomenos, da vida animal e vegetal, estão intimamente ligados com os phenomenos da *osmose*.



Fig. 56

CAPITULO IV

DOS GAZES

I.—Propriedades particulares dos gazes

156.—Propriedades physicas e characteristics dos gazes.—Os gazes teem propriedades communs com os liquidos, provenientes da grande mobilidade das suas moleculas; differem porém d'elles na falta absoluta de cohesão; e na sua tendencia a augmentar de volume, isto é, na sua *expansibilidade*, e na sua grande *compressibilidade*.

A expansibilidade e a compressibilidade são as propriedades characteristics dos gazes: a segunda foi já demonstrada no num. 26; a primeira demonstra-se com a experiencia descripta no num. seguinte.

157.—Peso e força expansiva dos gazes: pressões que motivam.—A *força expansiva* dos gazes, isto é, a tendencia que elles teem de augmentar successivamente de volume, demonstra-se com a experiencia seguinte.

Introduz-se debaixo do recipiente da machina pneumatica uma bexiga completamente fechada, contendo uma pequena porção d'ar, ou de qualquer outro gaz; rarefaz-se o ar do recipiente, para aliviar a pressão sobre a bexiga, e á medida que isso se faz ella incha como se fosse assoprada.

Isto explica-se do modo seguinte: em quanto não se rarefaz o ar do recipiente, a pressão que elle exerce contra a bexiga equilibra a força *elastica* ou a força expansiva do gaz n'ella encerrado: diminuindo aquella pressão, esta força predomina sobre ella e o gaz augmenta de volume.

Deixando entrar o ar para o recipiente da machina pneu-

mática, restitue-se a pressão primitiva e a bexiga comprimida readquire o volume primitivo.

N'um gaz em equilibrio, a sua *força elastica* é igual e opposta á *pressão exterior*; por isso se empregam indistinctamente os termos de *pressão* e *força elastica*, apesar de o primeiro se referir a uma acção exterior, e o segundo a um phenomeno interno.

Não obstante a expansibilidade os gazes são attraídos pela terra, isto é, são pesados, como já se demonstrou no num. 73: é em consequencia d'esta propriedade que elles se podem transvasar como os liquidos.

Os gazes exercem, por consequinte, duas especies de pressões, umas devidas ao seu peso, outras á sua expansibilidade.

438.—Principio de Pascal applicado aos gazes.—O principio de Pascal applica-se aos gazes, por isso que estes corpos são compressiveis e elasticos e as suas moleculas gozam de perfeita mobilidade. Pelo mesmo motivo todas as consequencias do principio de Pascal são applicaveis aos gazes, com a pequena differença que resulta da sua pequena densidade e da sua expansibilidade. Assim, por ex., dois gazes contidos no mesmo espaço, ou em espaços communicantes, não satisfazem á condição do equilibrio dos liquidos sobrepostos; bem ao contrario, o equilibrio só se verifica quando os gazes se teem misturado completamente até que a pressão da mistura seja em todos os pontos a mesma.

II.—Pressão atmospherica.—Barometros

439.—Atmosfera: sua composição.—Dá-se o nome de *atmosfera* ao envolucro gazoso da terra, que a acompanha em todos os seus movimentos, e cujas camadas sobrepostas se elevam além das mais altas montanhas.

É constituida principalmente pela mistura de dois gazes:

um — o *oxygénio* — proprio para a respiração e para as combustões, outro — o *azote* — improprio para estes phenomenos, desempenhando porém o importante mister de moderar a acção energica do primeiro.

As analyses mais exactas dão as seguintes proporções d'estes dois gazes:

	Em peso	Em volume
Em 100 partes		
{ Oxygénio.....	23.....	20,8
{ Azote.....	77.....	79,2

Além d'estas substancias existem sempre na atmosphera muitas outras, algumas das quaes exercem notaveis funcções. Mencionaremos em primeiro logar o *vapor d'agua*, o qual influe notavelmente, como veremos, na distribuição das temperaturas, e por conseguinte nos climas, e determina a formação dos meteoros aquosos. A quantidade de vapor d'agua existente na atmosphera varia com as estações, a temperatura, a altitude, a situação geographica etc.: ella é maxima nas camadas inferiores (6 a 9 decimas millesimas), e nulla nas superiores.

Mencionaremos em segundo logar o *gaz carbonico*, cuja proporção de 4 a 6 decimas millesimas nas camadas inferiores, diminue tambem com a altitude: este gaz provém do centro do globo, da respiração dos animaes, das combustões e da decomposição das substancias organicas. A continuidade d'estas acções parece que deveria determinar o augmento progressivo da quantidade do gaz carbonico, e a escassez do oxygénio; e todavia as analyses provam a constancia das proporções indicadas. Isto resulta de que, sob a acção da luz solar as partes verdes das plantas decompoem o gaz carbonico fixando o carbonio, e libertando o oxygénio.

160. — *Altura da atmosphera.* — A atmosphera acompanhando a terra nos seus movimentos através da immensidade dos espaços é necessariamente limitada, e este limite deve de-

pende da relação entre a força de attracção da terra, que diminue muito com a distancia, e a força centrifuga, que é proporcional a esta distancia; porém se calculassemos o limite por esta consideração, isto é, procurando a distancia em que estas duas forças são eguaes, achariamos um valor excessivamente grande, e muitissimo superior ao que é geralmente admittido por outra ordem de phenomenos.

O limite admittido é de 50 a 60 kilometros.

É claro que n'este limite o ar atmospherico deve ter uma camada sem força expansiva; aliás esta camada perder-se-hia no espaço, deixando livre da pressão superior uma outra camada, que a seu turno se despersaria tambem, e o mesmo deveria acontecer a toda a atmosphaera. Comprehende-se sem difficuldade a existencia de uma camada limite sem força expansiva, advertindo que esta força expansiva decresce muito com a densidade, e que a densidade das camadas atmosphericas decresce tão rapidamente com a altura que, de certo será pequenissima a 50 ou 60 kilometros: além d'isso a baixa temperatura dos espaços contribue tambem efficaizmente para a quasi nulla força expansiva.

Sendo isto assim basta para que a ultima camada fique em equilibrio, limitando a atmosphaera, para que o seu pequeno peso contrabalance a fraca força repulsiva da camada immediatamente inferior.

161.—Pressão atmospherica.—Já demonstrámos que o ar é attraído pela terra—é pesado—; por conseguinte exerce pressão sobre a superficie dos corpos.

Como consequencia do principio de Pascal podemos dizer que, no caso de equilibrio, a pressão é a mesma em todos os pontos da mesma camada horizontal: é por este motivo que a pressão sobre os corpos contidos em uma casa é egual á que se exerce sobre os que estão ao ar livre; porque ha sempre communicação entre o exterior e o interior.

Entende-se por *pressão atmospherica* o peso de um cy-

lindro de ar com a altura da atmosphera e com a base igual a um centimetro quadrado.

162.— Experiencias que demonstram a existencia da pressão atmospherica.—As experiencias seguintes demonstram que a *pressão atmospherica* se exerce em todos os sentidos.

I.— *Pressão de cima para baixo*.—Emprega-se uma manga de vidro tapada superiormente com uma membrana bem tensa, e assente pela parte inferior sobre a platina da machina pneumatica. Rarefazendo o ar no interior a pressão atmospherica faz deprimir fortemente a membrana, a qual, não podendo estender-se mais, rompe-se com um grande estampido, produzido pelo ar que se precipita rapidamente dentro do vaso, fig. 57. Demonstra-se tambem esta pressão com o *corta-fructas*, fig. 58: é um tubo metallico de bordo



Fig. 57



Fig. 58

cortante, que se ajusta sobre a platina da machina e que se tapa com um fructo carnosos: extraindo o ar do interior, a pressão exterior obriga a descer o fructo, que assim é cortado. Reconhece-se ainda esta pressão com um tubo de bordo não cortante, a que se applica a palma da mão, fig. 59. N'esta experiencia reconhece-se ainda outro effeito: os fluidos da mão dilatando-se em consequencia de se ter dimi-



Fig. 59

nuido a pressão externa, fazem inchar a mão, e o sangue tende a sair pelos poros. É este o effeito das ventosas.

II.—*Pressão lateral.* — Demonstra-se esta pressão com um frasco de vidro tendo uma ou mais aberturas lateraes, que se tapam para o encher d'agua. Rolhando o frasco e abrindo uma d'estas aberturas, o liquido não sae. Isto não pode attribuir-se senão á pressão exercida lateralmente pelo ar sobre a agua. Destapando a boca do frasco, o liquido obedece ao seu peso, e esgota-se; porque a pressão atmospherica exercida na parte superior equilibra a pressão lateral.

III.—*Pressão de baixo para cima.* — Demonstra-se esta pressão enchendo um copo d'agua; tapando-o com um pedaço de papel, de modo que não fique bolha alguma d'ar na parte interior, e voltando-o para baixo, fig. 60: a agua não cae, não obstante o seu peso; porém se tivesse ficado dentro do copo alguma porção d'ar, a sua força elastica neutralisaria a pressão atmospherica, e o liquido obdeciria ao seu peso.

A folha de papel serve apenas para impedir o movimento individual das moleculas liquidas, e por conseguinte a entrada do ar.

Assim, sendo muito pequena a aber-



Fig. 60

tura, a adherencia do liquido para as paredes produz o mesmo effeito, tornando inutil a folha de papel: não sendo muito pequena aquella abertura, o ar entra, porque sae algum liquido: porém devendo passar pelo mesmo orificio o ar e o liquido, o esgoto faz-se com difficuldade e intermittentemente. É o que se observa voltando com o gargalo para o chão uma garrafa cheia d'agua.

Facilita-se o esgoto da agua dos barris, com o suspiro, por onde entra o ar; para o mesmo fim teem os moringues duas aberturas.

IV.—*Pressão em todos os sentidos.*—Demonstra-se, finalmente, a pressão simultanea em todos os sentidos, com os *hemispherios de Magdeburg*, fig. 61: são dois hemispherios ôcos de latão, que se applicam perfeitamente pelos seus bordos, a fim de poderem conservar o vacuo no interior. Um d'elles tem um tubo com torneira e rosca, que se ajusta na machina pneumatica; o outro termina por um anel.



Fig. 61

Em quanto os dois hemispherios, ajustados um no outro, contém ar, podem facilmente separar-se; porém fazendo-lhe o vacuo no interior, é preciso para os separar, empregar um grande esforço, visto que a pressão atmospherica, exercida em todos os pontos da sua superficie, já não está equilibrada pela força elastica do ar interior.

163.—*Medição da pressão atmospherica.*—*Experiencia de Torricelli.*—Mergulhando em uma tina d'agua ou de mercurio um copo com a boca para baixo, e inclinando-o de modo que possa sair todo o ar, pode-se levantar o copo, sem comtudo descobrir a boca, que a agua conserva-se elevada dentro d'elle.

Fazendo esta mesma experiencia com um tubo bastante comprido, fechado em um dos extremos, e empregando o mercurio, vemos que o tubo deixa de ficar cheio, e que o

liquido se conserva dentro d'elle em uma altura, que é independente do comprimento do tubo.

Esta experiencia, feita em 1643 por Torricelli, demonstra perfeitamente a existencia da pressão atmospherica, porque só ella pode equilibrar o peso do liquido elevado dentro de tubo: serviu tambem esta experiencia para nos indicar o meio de medirmos aquella pressão.

Tome-se um tubo de vidro de 90 centimetros de comprimento, fechado em uma das extremidades; encha-se de mercurio; tape-se com o dedo pollegar a extremidade aberta; volte-se, e introduza-se aquella extremidade no mercurio de uma tina: tirando o dedo, observa-se que o liquido desce até uma certa altura, na qual se conserva. Esta altura é, termo médio, de 76 centimetros. O tubo assim disposto, fig. 62, é conhecido pela denominação de *tubo de Torricelli*.

A pressão atmospherica, ou o peso do ar sobre um centimetro quadrado, deve portanto ser igual ao peso de uma columna de mercurio de 76 centimetros de altura e de um centimetro quadrado de base. Este peso é de $1^k,0336^1$. Nas applicações despreza-se a fracção e considera-se a pressão atmospherica igual a um killogramma.

A este peso dá-se o nome de *atmosfera*, e toma-se para unidade na comparação das pressões dos gazes.

Sendo a densidade da agua 13,6 vezes menor que a do

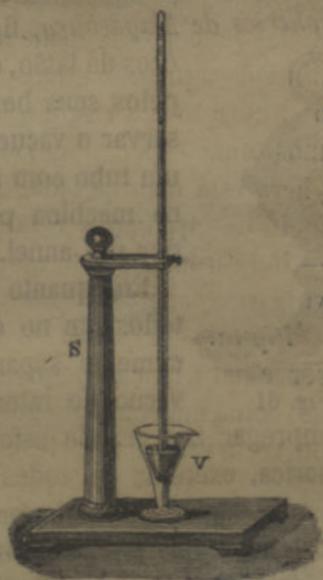


Fig. 62

¹ Acha-se este numero multiplicando o volume, que é 76 centimetros cubicos, pela densidade do mercurio, que é 13,60.

mercurio, segue-se que a altura da columna d'agua capaz de equilibrar a pressão atmospherica deve ser igual a $0^m,76 \times 13,6$, isto é, $10^m,336$. Isto foi verificado experimentalmente por Pascal, invertendo sobre uma tina com agua um tubo de 33 pés ¹.

164.—Pressão sobre o corpo humano.—Sendo de metro e meio quadrado proximamente a superficie do homem de estatura mediana, concluímos que a pressão exercida pela atmospherica, em todos os sentidos, sobre o seu corpo é de 15500 kilogrammas proximamente: e comtudo elle não é esmagado e nem ao menos incommodado nos seus movimentos. A razão d'isto é porque esta enorme pressão é contrabalançada pela tensão dos fluidos que occupam as cavidades do corpo e enchem os tecidos. É assim que quando diminue a pressão atmospherica, estes fluidos expandem-se, a circulação e a respiração tornam-se mais rapidas e sentimos uma especie de fadiga; dizemos então que a atmospherica está mais pesada, quando é exactamente o contrario.

165.—Aplicações e effeitos diversos da pressão atmospherica.—Indicaremos n'este numero as applicações e effeitos mais vulgares da pressão atmospherica.

Pipeta.—A *pipeta ordinaria* é um tubo de vidro, que serve para lançar pequenissimas quantidades de um liquido, como uma ou mais gottas. O tubo pode ser recto, fig. 63, ou recurvado na parte inferior, fig. 64, e tem geralmente

¹ Os fontaneiros de Florença, querendo aspirar a agua com as bombas a uma grande altura, reconheceram que ella se recusava a subir além de 32 pés: n'essa época explicava-se a subida da agua nas bombas dizendo que a natureza tinha horror ao vacuo; *non datur vacuum in rerum naturâ*. Descartes, em 1638, regeitou esta explicação, e attribuiu o effeito das bombas ao peso do ar. Torricelli fez a sua experiencia muitos annos depois, em 1643: no anno seguinte Pascal enchendo tubos muito compridos com diversos liquidos, agua, vinho, azeite, etc., reconheceu que se mantinham em alturas inversamente proporcionaes ás suas densidades.

um reservatório cylindrico na sua parte média. Introduzindo o tubo no liquido, tapando com o dedo a extremidade superior, e retirando o instrumento do liquido, apenas se esgota uma porção da parte interior, por ser pouco superior á pressão atmospherica, a somma do peso do liquido recebido no tubo mais a força elastica do ar que fica encerrado na sua parte superior: este ar expandindo-se diminue de força elastica; por conseguinte no fim de pouco tempo predomina a pressão externa, e o liquido não continua a sair. Querendo esgotar uma gotta basta levantar um pouco o dedo para deixar penetrar o ar.

Bomba das adegas.—A bomba das adegas, fig. 65, funda-se no principio da pipeta ordinaria: é um tubo cylindrico ou conico, com um pequeno orificio *a* na parte inferior, e outro maior *o* na parte superior: introduz-se pela abertura dos tuneis para tirar amostras de vinho.

O *regador magico*, fig. 66 é um tubo mais grosso em forma de garrafa, com muitos orificios no fundo, e um só na parte superior.

Tinteiros syphoides.—Nestes tinteiros a tinta apenas communica com o ar, por um pequeno tubo, que parte da base de um reservatorio, e a pressão atmospherica regula da maneira seguinte a sua saída d'este reservatorio, para aquelle tubo.

À medida que a tinta se gasta, rarefaz-se o ar no reservatorio e torna-se incapaz de fazer sair o liquido para o tubo, porque deixa de equilibrar a pressão do ar exterior; porém baixando a um certo limite o liquido do tubo, penetra uma bolha d'ar no reservatorio, desce o liquido n'este e sobe no tubo.



Fig. 63 Fig. 64



Fig. 65 Fig. 66

N'alguns tinteiros, nos quaes o tubo é uma especie de funil ajustado no bocal do frasco e descendo até ao fundo do reservatorio, a operação não é automatica, e torna-se necessario, quando se tem consumido todo o liquido do funil, levantá-lo um pouco para restituir ao ar interior a sua pressão primitiva.

Candieiros de reservatorio superior.— Por um systema analogo são alimentadas de azeite as torcidas dos candieiros de reservatorio superior, conservando constantemente o liquido no nivel do bico. O azeite deita-se n'um vaso *V*, fig. 67, pelo orificio *S*, que se fecha com uma valvula, quando se inverte o vaso. A valvula está porém ligada a uma haste, que descansando no reservatorio *R* conserva destapado o orificio *S*, até que o liquido o feche, e então está exactamente no nivel *b* do bico: consumindo-se um pouco de azeite, baixa o nivel em *R*, descobre-se o orificio *S*, entra uma porção d'ar, que permite a saida do liquido até readquirir no reservatorio *R* o nivel primitivo.



Fig. 67

166. — *Barometros.* — Denominam-se *barometros* os instrumentos que medem a pressão atmospherica, a qual pode ser equilibrada pelo peso de uma columna de mercurio como na experiencia de Torricelli, ou pela elasticidade de laminas metallicas: d'aqui vem a distincção de *barometros de mercurio* e *barometros metallicos*: os primeiros podem ser de *tina* ou de *syphão*.

167. — *Barometros de tina.* — Um *barometro de tina*, fig. 68, é um tubo de Torricelli (163) ligado a uma prancha de madeira sobre a qual está uma escalla de centímetros e milímetros munida de nonio: o zero da escala deve corresponder á superficie livre do mercurio da tina, a qual varia com a pressão atmospherica. Para evitar os erros que d'aqui

resultam basta, nos instrumentos ordinarios, empregar uma tina bastante larga.

O espaço vazio que fica acima do mercurio do tubo denomina-se *camara barometrica*, e a differença de nivel entre as superficies do mercurio da tina e do tubo *altura barometrica*: como a pressão se refere a uma superficie constante, o centimetro quadrado, o seu valor é proporcional ao d'esta altura, a qual, por conseguinte, a representa. D'aqui vem o dizer-se que a pressão atmospherica é de 753^{mm} , por exemplo.

168.—Barometro de Fortin.—O barometro ordinario de tina além de ter o inconveniente de o zero de escala não corresponder sempre á superficie do mercurio da tina, não é portatil nem commodo para se transportar sem risco de fracturar o tubo com a pancada do mercurio, e de entrar algum ar para a camara barometrica, o que é sufficiente para falsear as indicações do instrumento.



Fig. 68

Todos estes inconvenientes foram remediados no *barometro de Fortin*. A tina d'este instrumento, representada em côrte na fig. 69, consta de um cylindro de vidro *RR*, ajustado entre duas peças metallicas *NN*, *N'N'*, guarnecidas interiormente de peças de buxo, *BB*, *B'B'* para que o mercurio não toque o metal: a inferior *B'B'*, composta de duas partes aparafusadas uma na outra é fechada pela pelle de camurça, *PP*, que constitue o fundo da tina. Contra elle e por intermedio da peça de buxo *D*, apoia-se o parafuso *V*, cuja porca existe no fundo do cylindro metallico *MM*, aparafusado no virola metallica *N'N'*. Na parede superior da tina *BB* está fixa a ponta de marfim *a*, que corresponde ao zero da escala gravada no estojo do tubo.

O tubo *T*, terminando quasi capillar, penetra na tina pela abertura *cc'* e fixa-se a ella com um disco de camurça



Fig. 69

apertado contra o tubo n'um ponto onde elle é adelgaçado e contra um rebordo saliente da peça de buxo *BB*. D'este modo o tubo tem uma certa mobilidade e o ar exterior atravessando a camurça pode exercer a pressão no mercurio da tina.

Um estojo metallico *GG* protege o tubo em todo o comprimento; porém duas fendas longitudinaes e oppostas deixam distinguir o nivel do mercurio. N'uma das arestas de uma das fendas estão gravadas as divisões da escala. Sobre o estojo pode deslocar-se á mão um cursor anullar, tambem com duas fendas, e tendo em correspondencia com a escala um nonio dividido em 10 ou 20 partes eguaes.

Para transportar o instrumento faz-se subir o mercurio elevando o parafuso *V*, até encher completamente a camara barometrica, e fecha-se o barometro n'um estojo munido de bandoleira, ou n'uma canna ôca, dividida em tres partes articuladas, que serve ao mesmo tempo de tripé para a suspensão do instrumento.

Para fazer uma observação suspende-se o barometro; move-se o parafuso *V*, até que o nivel do mercurio da tina toque a ponta de marfim, o que se reconhece observando a sua imagem dada pela superficie do liquido, e lê-se a escala á maneira ordinaria.

169.—Barometros de syphão.—Os *barometros de syphão* differem dos antecedentes na disposição do tubo *ABD*, fig. 70, que é recurvado e composto de duas partes muito deseguaes; a maior *AB* fechada, representando o tubo dos barometros de tina, e a maior *BD* aberta substituindo esta tina. A pressão atmospherica exercida em *m* é equilibrada pelo peso da columna mercurial *Cn* egual á differença de nivel do liquido nos dois ramos.

Mede-se esta altura com uma escala collocada entre os dois ramos do tubo, e que tem o zero na parte média; leem-se as distancias h e h' do zero aos dois niveis, e a sua somma $h + h'$ representa a altura barometrica. D'este modo se evita a causa do erro resultante da instabilidade do nivel, e portanto do zero das escalas dos barometros de tina.

170.—Condições a que devem satisfazer os barometros de mercurio.—Para que estes barometros deem indicações exactas devem satisfazer ás condições seguintes:

1.^a *O mercurio deve ser puro*; porque se contém algumas impurezas, a altura da columna barometrica não indica o valor da pressão do ar.

2.^a *A camara barometrica deve ser vacuo perfeito*; porque existindo n'ella qualquer porção de gaz, a sua tensão equilibra parte da pressão atmospherica.

3.^a *A escala deve ser vertical*, aliás não mede a differença de nivel das superficies do mercurio na tina e no tubo.

As duas primeiras condições realisam-se na preparação do tubo, o qual é lavado com acido azotico e depois com agua, e afinal bem dessecado e fechado á lampada n'um dos extremos. O tubo assim preparado enche-se pouco a pouco de mercurio purificado, que se faz ferver para expulsar a humidade e as bolhas d'ar, adherentes ás suas paredes.

A ultima condição consegue-se com a suspensão do instrumento.

171.—Correcção das alturas barometricas.—O mercurio, assim como todos os corpos, dilata-se quando augmenta o calor, contrae-se quando diminue; portanto a mesma pressão é dada no primeiro caso por uma altura maior que no segundo: d'aqui vem a necessidade de referir todas as pres-



Fig. 70

sões a uma temperatura fixa, que é a de zero de graus, a qual adiante definimos.

O effeito da variação de temperatura faz-se sentir tambem sobre a substancia da escala, cujas divisões mudam de extensão, variando, por conseguinte, o numero comprehendido n'uma altura dada. Este numero diminue quando a temperatura augmenta, e vice-versa: portanto esta correccão é contraria á primeira.

É para fazer com mais rigor a *correccão da temperatura* que os barometros são sempre acompanhados de *thermometros*, isto é, de instrumentos que dão a temperatura.

Além d'esta correccão é preciso attender ao effeito da capillaridade, que faz deprimir o mercurio, e portanto diminuir a columna barometrica. Foi para evitar esta correccão que se imaginaram os barometros de syphão; porém como o mercurio está em um dos ramos em presença do ar, a depressão não é a mesma em ambos, e a correccão não deve dispensar-se: melhor é empregar tubos de grande diametro, para que a depressão seja inapreciavel.

Ha tabellas que permitem fazer promptamente as duas correccões.

172.— Barometros metallicos.— Tem-se construido barometros sem mercurio, fundados na elasticidade dos metaes; descreveremos o barometro de Bourdon e o barometro aneroide.



Fig. 71

O barometro metallico de Bourdon, fig. 71, consta de um tubo *a m b* hermeticamente fechado e sem ar, cuja secção se vê em *R*, dobrado em circulo e preso pela parte média no interior de uma caixa: os extremos estão articulados com uma alavanca, presa a um

sector dentado r ; nos dentes d'este prendem os de uma pequena roda, que é o meio de um ponteiro e .

D'esta fôrma, faltando o ar no interior do tubo, a pressão atmospherica equilibra a elasticidade d'este; quando a pressão diminue, o tubo desdobra-se um pouco, os seus extremos afastam-se e fazem mover o ponteiro para a esquerda; o contrario acontece quando a pressão augmenta. O ponteiro caminha sobre um arco graduado por comparação com um barometro de mercurio.

O *barometro aneroide* ou *holosterico*, fig. 72, é analogo ao precedente quanto ao fundamento; porém differe d'elle porque em lugar do tubo é uma caixa circular B de paredes delgadas, e de faces canneladas para serem muito flexiveis, que cede á pressão atmospherica; porque se lhe fez o vacuo no interior: esta caixa transmite os seus movimentos ao ponteiro por meio da mola de aço R , fig. 73, e das alavancas l, l' . O barometro indica 750^{mm} ; o ponteiro que marca 757^{mm} é



Fig. 72

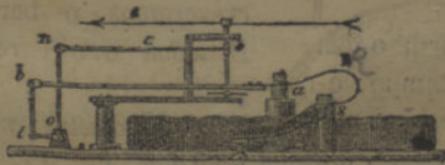


Fig. 73

movido á mão e serve para regular a variação de pressão durante certo tempo, collocando-se para esse fim sobre o primeiro ponteiro no principio d'este intervallo de tempo. Este instrumento é de grande sensibilidade e proprio para gabinete.

173.—Variações da pressão atmospherica.—A pressão atmospherica n'um logar não apresenta sempre o mesmo valor; não só este valor varia de dia para dia, mas varia tambem durante o dia. Estas variações são de duas especies; umas *irregulares* ou *accidentaes*, porque não seguem lei conhecida; outras perfeitamente *regulares*, observadas no decurso de cada dia, e por isso mesmo conhecidas pelo nome de *variações diurnas*. Estas parecem depender da marcha do sol. No mesmo dia ha, em geral, dois maximos e dois minimos a horas determinadas e invariaveis.

Em Lisboa, na altitude de $94^m,3$ a pressão atmospherica média de 17 annos (1856 a 1872) é de $755^{mm},41$. Ao nivel do mar é de $764^{mm},32$, média de 8 annos (1856 a 1863).

Costuma-se tomar para *altura normal do barometro* 760^{mm} ; contudo a média geral das pressões ao nivel do mar em todas as latitudes é um pouco superior a este numero.

174.—Usos do barometro.—Relações entre a altura barometrica e o estado do tempo.—O barometro, além de ser indispensavel em um grande numero de experiencias em que se precisa do valor da pressão atmospherica, serve muitas vezes com vantagem para medir a differença de nivel de dois logares, e as altitudes, com o auxilio de formulas apropriadas.

Serve tambem o barometro para indicar as mudanças provaveis do tempo: é com este fim que ao lado da escala estão as expressões *muito secco*, *seguro*, *bom tempo*, *variavel*, *chuva* ou *vento*, *muita chuva* e *tempestade*.

Pretende-se justificar o emprego d'estas expressões, porque, nos nossos climas, o barometro marca mais de 758 millimetros durante o bom tempo, e menos durante a chuva; e porque quando, durante certo numero de dias, indica 758 millimetros ha, termo médio, tantos dias bons quantos maus. Baseada n'esta correspondencia observada entre a altura do barometro e o estado do ceu, fez-se a escala se-

guinte, contando de nove em nove millimetros acima e abaixo de 758:

Altura em millimetros	Estado da atmosphaera
785.....	Muito secco
776.....	Seguro
767.....	Bom tempo
758.....	Variavel
749.....	Chuva ou Vento
740.....	Muita chuva
731.....	Temporal

Note-se porém que esta escala é o resultado de antigas observações feitas em Paris, e que as coincidencias geralmente observadas entre as mudanças de tempo e as variações do barometro dependem da posição especial do continente europeu, como adiante explicamos.

Só podemos certificar que as indicações do barometro são muito provaveis quando sobe ou desce lentamente, isto é, durante dois ou tres dias; no primeiro caso indica bom tempo, e no segundo chuva: os movimentos rapidos, tanto de descida como de subida, presagiam mau tempo.

III.—Compressibilidade dos gazes.—Manometros

175.—Lei de Mariotte.—A lei que regula a compressibilidade dos gazes, devida a Mariotte, enuncia-se da maneira seguinte: *os volumes que um gaz apresenta a uma temperatura constante, quando se submete a diferentes pressões, estão na razão inversa das pressões.*

Assim, sendo V e V' os volumes do mesmo gaz sob as pressões P e P' , temos $\frac{V}{V'} = \frac{P'}{P}$. D'esta proporção tira-se $PV = P'V'$, o que permite enunciar a lei dizendo que,

constante o producto do volume de um gaz pela pressão que supporta.

E como para as mesmas massas os volumes estão na razão inversa das densidades (25), sendo d e d' as densidades correspondentes aos volumes V e V' , temos $\frac{d}{d'} = \frac{V'}{V}$.

Combinando esta proporção com a primeira conclue-se $\frac{P}{P'} = \frac{d}{d'}$. Assim, como consequencia da lei de Mariotte, pode-se dizer que, *as densidades de um gaz submettido a diferentes pressões são directamente proporcionaes a estas pressões.*

476. — Demonstração da lei de Mariotte.

—Mariotte demonstrou a lei para pressões maiores que uma atmospherá com um tubo recurvado de ramos muito deseguaes fig. 74, sendo o menor fechado e o maior aberto: este tubo é ligado a uma prancha de madeira; a partir de um traço commum o ramo menor e stá dividido em partes de igual capacidade, e o maior está graduado em centímetros e milímetros. Faz-se a demonstração deitando mercurio pelo ramo aberto até subir em ambos ao traço commum, o que se consegue com algumas tentativas: d'este modo fica encerrada no ramo menor uma porção de ar, que soffre a pressão da atmospherá. Deitando mais mercurio até que a differença de nivel nos dois ramos seja de 76 centímetros, reconhece-se que o volume do ar se reduziu a metade, e n'este caso soffre evidentemente a pressão de duas atmospheras, uma

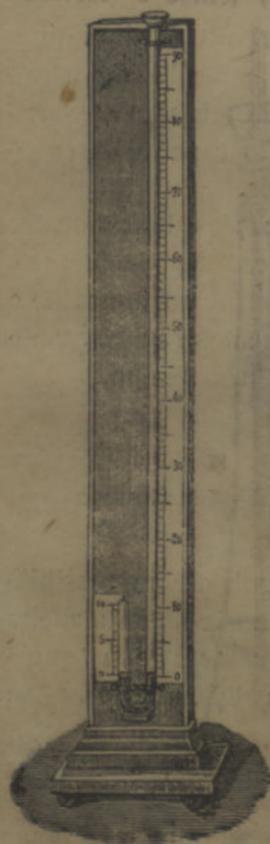


Fig. 74

da atmospherá outra da columná de mercurio. Se o tubo tem dimensões sufficientes pode-se reduzir o volume do ar

a um terço, deitando o mercurio até estabelecer uma diferença de nível igual a duas vezes 76 centímetros. E assim fica demonstrada a lei para este caso.

Para fazer a demonstração no caso em que o ar se dilata, isto é, para pressões menores que uma atmosphera, emprega-se o apparatus representado na fig. 75: é uma tina *PM*, ou vaso de vidro prolongado no fundo em fórma de tubo, que se enche de mercurio, no qual se mergulha um tubo recto graduado. Este tubo recebe mercurio e uma pequena porção de ar, e volve-se sobre a tina. Elevando-o ou baixando-o até que o nível do mercurio n'elle contido coincida com a superficie livre do mercurio da tina, temos a certeza que o ar soffre a pressão da atmosphera: feito isto nota-se o seu volume *AB*. Depois eleva-se o tubo, fig. 76, para que o ar possa occupar maior volume; vê-se elevar-se tambem o mercurio dentro do tubo, e quando a columna levantada *CD* é igual a metade de 76 centímetros, reconhece-se que o volume *AC* do ar é duplo do primitivo e a pressão que soffre é de meia atmosphera; porque a columna de mercurio *CD* equilibra a outra meia. Levantando mais o tubo até que a columna de mercurio atinja a altura de dois terços de 76 centímetros, a pressão que soffre o ar é apenas de um terço de atmosphera, e o seu volume é triplo do primitivo, etc.



Fig. 75

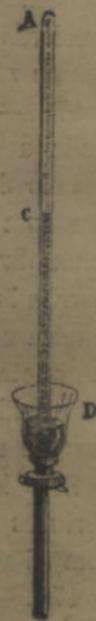


Fig. 76

Esta lei, assim demonstrada grosseiramente, foi durante

muito tempo julgada absolutamente verdadeira; hoje está provado, por experiencias muito rigorosas, que ella se afasta um pouco da verdade, porém tão pouco, que se continúa a aceitar e a applicar na pratica.

177.—Manometros.—Os barometros empregam-se na determinação das pressões do ar livre: quando se quer medir a força elastica do ar, ou de qualquer gaz contido em espaço fechado, empregam-se outros instrumentos denominados *manometros*.

A graduação dos manometros, destinados para pressões superiores á da atmospherica, é feita tomando para unidade a pressão correspondente á altura de 76 centímetros de mercurio, ou $1^k,033$: a esta unidade dá-se, como já dissemos (163), o nome de *atmosphera*. Estes manometros são de tres especies: *manometros de ar livre*; *manometros de ar comprimido*, e *manometros metallicos*.

Os manometros, que servem para avaliar forças elasticas inferiores á pressão atmospherica, denominam-se *manometros de rarefação*, e graduam-se em millímetros.

178.—Manometro de ar livre.—O *manometro de ar livre* mede a pressão pelo peso de uma columna de mercurio elevada dentro de um comprido tubo de vidro, que communica com uma tina de ferro cheia de mercurio, sobre o qual actua directamente a pressão. Gradua-se este instrumento marcando 1 no nivel do mercurio, quando o aparelho communica com o ar livre, e depois 2, 3, 4, etc., de 76 em 76 centímetros. Os espaços comprehendidos entre estes numeros dividem-se em 10 partes eguaes, e representam decimos de uma atmospherica,

Este instrumento não serve para grandes pressões, superiores a 5 ou 6 atmospheras; porque exige um tão grande comprimento de tubo, que o torna incommodo e fragil.

179.—Manometro de ar comprimido.—Os manometros de ar comprimido podem ser rectos ou de syphão. Os primeiros fig. 77, constam essencialmente de um vaso de vidro com

mercúrio, no qual mergulha um tubo *T* não muito comprido fechado superiormente e contendo uma certa porção d'ar secco. O vaso de vidro, que é a tina do manometro, protege-se com um cylindro de bronze *C*, e é posto em comunicação com o espaço onde existe o gaz, por intermedio de um tubo *a* com torneira *r*: o tubo manometrico é tambem protegido por um envolvero metallico.

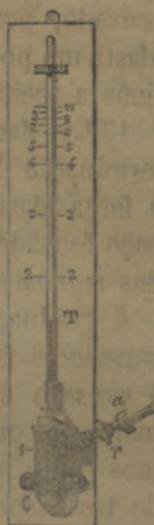


Fig. 77

Graduam-se os manometros de ar comprimido pelo calculo, partindo da lei de Mariotte, ou praticamente por comparação com um manometro d'ar livre.

180.—Manometros metallicos.—

D'entre os diferentes manometros metallicos, todos fundados na elasticidade de flexão, descrevemos apenas o de Bourdon, por ser o mais geralmente empregado. Consta, fig. 78, de um tubo de latão *T* de secção elliptica, enrolado em espiral, fixo por uma das extremidades *A*, que se põe em comunicação com o espaço onde está o gaz, por intermedio de um pequeno canal e uma torneira, e livre na



Fig. 78

outra extremidade *b*, prolongada em fórma de ponteiro e movel sobre um arco graduado, em atmosferas, por comparação com um manometro de mercúrio.

Este instrumento tem pequeno volume e é pouco fragil; por isso se emprega nas machinas de vapor.

181.—Manometro de rarefacção.—O *manometro de rarefacção* é um tubo de vidro em fôrma de *U*, com um ramo fechado e outro aberto, contendo mercúrio que em virtude das pequenas dimensões do tubo, enche o primeiro, em quanto a pressão exercida no outro não é muito pequena. A differença de nível do mercúrio nos dois ramos do manometro, quando o liquido desce no ramo fechado, mede a tensão do gaz contido no espaço em communição com o instrumento. Se esta tensão é inferior a um millimetro não se pode apreciar com o mercúrio, e substitue-se este liquido por acido sulfurico concentrado.

V.—Machinas de rarefazer e comprimir os gazes

182.—Machina pneumatica ordinaria.—As *machinas pneumaticas*, fundadas na elasticidade e expansibilidade do ar, são apparelhos cujo fim é extrair o ar de um vaso ou de qualquer espaço fechado.

As machinas ordinarias, fig. 79, constam de dois cylin-

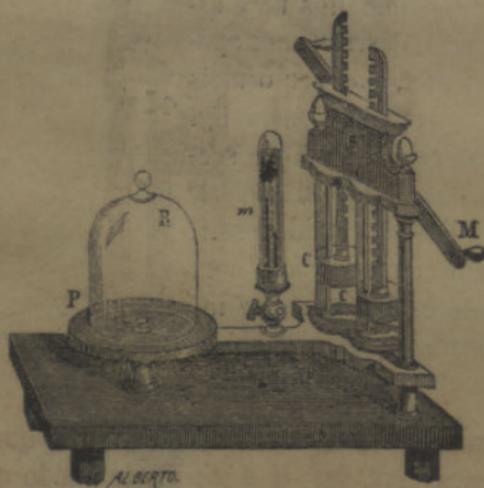


Fig. 79

dros *C, C*, ou corpos de bomba, assentes n'uma base metálica, postos em comunicação entre si por canaes que partem da sua base e vão reunir-se no centro em um canal que lhes é perpendicular, conhecido pela denominação de *canal de aspiração*; este canal termina em rosca e abre-se no centro de um disco *P*, a que se dá o nome de *platina* da machina, sobre a qual se ajusta uma campanula *R* que é o *recipiente*. Em cada um dos cylindros move-se um embolo, formado de muitas rodela de coiro, fortemente apertadas e muito justas ao cylindro, como se vê na fig. 80, que representa um côrte vertical segundo o eixo dos cylindros: o seu centro é aberto e munido de valvula de mola *i*, que se abre de baixo para cima; os dois embolos movem-se em sentido contrario, por meio de uma manivella *MN*, que dá movi-

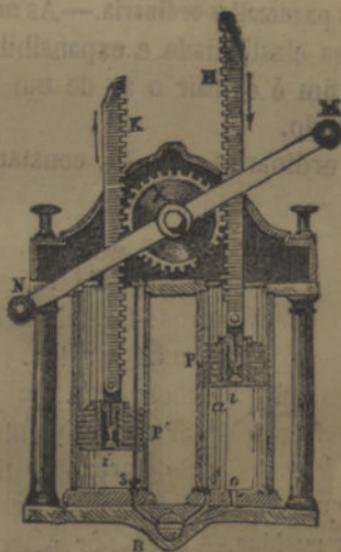


Fig. 80

mento alternativo a um carrete dentado *x*, a que prendem as suas hastes dentadas *H* e *K*: d'este modo quando um desce sobe o outro.

Os orificios das bases dos cylindros são de fôrma conica, e n'elles ajustam perfeitamente uns cones *s, s*, ligados aos extremos de hastes metallicas *a*, que atravessam os embolos com grande attrito; estas hastes saem pela parte superior dos cylindros, mas teem no interior d'estes um engrossamento que lhes limita o movimento. Esta disposição de *valvulas* tem por fim abrir a communicacão com o recipiente, quando o embolo começa a subir, e fechal-a tão depressa começa a descer.

No canal de aspiracão ha uma torneira *R*, representada na fig. 81, e que é notavel; por isso que permite estabelecer ou interromper a communicacão dos cylindros com o recipiente, e, além d'isso, pode estabelecer a communicacão da atmosphera com qualquer d'estas capacidades. Tem um canal rectilíneo *C* perpendicular ao plano da figura, e um outro curvo *o b*, que se pode fechar com a rolha metallica *b*. Com a posição da figura, a torneira fecha todas as communicacões; porém tirando a rolha *b*, estabelece-se a communicacão do recipiente com a atmosphera. Dando á torneira uma rotaçãõ de 90°, o canal *C* põe em communicacão o recipiente com os cylindros: fazendo-a girar no mesmo sentido de outros 90°, e tirando a rolha, fazem-se commu- nicar os cylindros com a atmosphera.

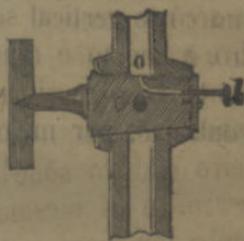


Fig. 81

O grau de rarefacção do ar no recipiente aprecia-se com um *manometro de rarefacção* encerrado n'um tubo de vidro *m*, fig. 79, que communica com o canal de aspiracão.

183.—Jogo da machina.—Para pôr a machina em acção ajusta-se sobre a platina o recipiente ou o vaso em que se quer fazer o vacuo; para conseguir este resultado é preciso muitas vezes atarrachar o vaso, que pode ser tubolar, á extremidade do canal de aspiracão, e então não serve nem a platina nem o recipiente da machina: o vaso ou o tubo ter-

mina, por conseguinte, em virola metallica munida de torneira e de rosca de parafuso.

Feito isto, dispõe-se a torneira *R* de modo que estabeleça a comunicação entre os cylindros e o recipiente, interceptando com a rolha *b* toda a comunicação com a atmosphera; dá-se movimento á manivella e passam-se os phenomenos seguintes: desce um embolo, sóbe o outro; o primeiro fecha a abertura inferior, e por conseguinte o ar que está debaixo d'elle não pôde ir para o recipiente, é fortemente comprimido, levanta a valvula do embolo e perde-se na atmosphera; pelo contrario, o segundo embolo abre a comunicação inferior e permite que o ar do recipiente se espalhe no espaço, que elle deixa debaixo de si. Dando movimento á manivella em sentido contrario, o primeiro embolo sóbe e o segundo desce; por conseguinte passam-se os mesmos phenomenos, porém em corpos de bomba diversos: o 1.º recebe ar do recipiente, o 2.º expulsa para a atmosphera o ar que tinha recebido. D'este modo comprehende-se como no fim de algum tempo o ar tenha sido bastante rarefeito no recipiente: o calculo demonstra que jamais por esta fórma se consegue extrair todo o ar; por conseguinte o vacuo absoluto não se pode assim alcançar.

184 — Torneira de Babinet. — As machinas ordinarias mais perfectas, com o fim de levar mais longe o grau de rarefacção do ar, teem entre os dois cylindros e em correspondencia com o canal de aspiração uma torneira imaginada por Babinet, e indicada em *B* na fig. 82: esta torneira tem dois canaes differentes, um d'elles *CD*, fig. 83, juntamente com o canal longitudinal *O*, permite a comunicação dos cylindros, quando ella não deve servir; e o outro, situado n'uma secção differente d'aquella em que está o primeiro, permite, movendo a torneira de 90º, estabelecer a comunicação dos cylindros entre si por intermedio de um canal *mnp* feito na massa metallica que une os cylindros, fig.

113, interrompendo porém a communição de um d'elles

Fig. 82

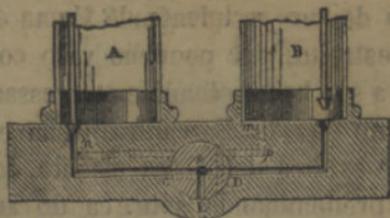
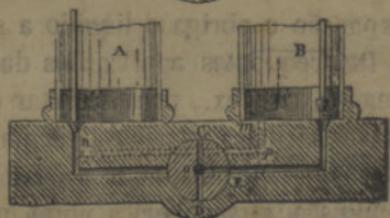


Fig. 83



A com o recipiente: d'este modo só o cylindro B recebe o ar do recipiente, quando o seu embolo sobe, e quando desce este ar é aspirado pelo cylindro A, cuja valvula se ácha aberta, e ahí é accumulado até adquirir tensão sufficiente para levantar a valvula do embolo e perder-se na atmosphera.

185.—Experiencias feitas com a machina pneumatica.—Applicações d'esta machina.—Temos já descripto muitas experiencias em que se torna indispensavel a machina pneumatica: taes são, por ex., as que se fazem para demonstrar a porosidade (24); para demonstrar que os gazes são pesados (73): para demonstrar que todos os corpos caem no vacuo com a mesma velocidade (94); para tornar evidente a expansibilidade dos gazes (157), finalmente, para mostrar que o ar exerce pressão em todos os sentidos (162).

Serve a machina pneumatica para demonstrar que o ar é preciso para as combustões e para a vida: assim introduzindo uma vela accesa debaixo do recipiente da machina e extraindo o ar, a vela apaga-se, e o fumo em lugar de su-

bir, desce immediatamente. Introduzindo um pequeno animal asphixia-se e morre, etc.

A experiencia do *repuxo no vacuo* pode fazer-se collocando debaixo de um recipiente de fórma especial, isto é, muito alto e estreito, um pequeno vaso contendo alguma agua, e sendo a sua boca rolhada e atravessada por um tubo que mergulhe no liquido. Fazendo o vacuo vê-se repuxar a agua, o que se explica pela força elastica do ar contido no vaso, a qual, predominando sobre a do ar exterior, permite a sua expansão e obriga o liquido a sair.

A industria faz frequentes applicações da machina pneumática. Emprega-a, por ex., para facilitar e activar a evaporação dos xaropes; para attrair e fazer passar através dos tecidos o gaz inflammado destinado a chamuscal-os; e para aproveitar a pressão atmospherica como motor nos *caminhos de ferro atmosphericos*. N'estes está estabelecido entre os rails um tubo em que se movem os embolos ligados a um wagon: fazendo o vacuo adiante d'aquelles, a pressão atmospherica exercida do lado opposto impelle os embolos e portanto o wagon. Esta applicação apresenta, comtudo, varios inconvenientes que não a teem deixado desenvolver, e aproveitar a grande vantagem de se prestar a inclinações muito fortes e inadmissiveis para a locomotiva.

186.—*Machinas de compressão*.—As machinas de compressão teem por fim accumular o ar, ou qualquer outro gaz, em um espaço fechado. As machinas ordinarias teem o aspecto geral das machinas pneumáticas; porém differem d'ellas em que as valvulas se abrem em sentido contrario, em que o recipiente é muito resistente, está fortemente ligado á platina da machina e protegido por uma rede metallica, e em que o manometro de rarefacção é substituido por um manometro de ar comprimido.

N'estas machinas quando o embolo desce abre a valvula inferior, e o ar comprimido fecha a sua valvula; por consequente é levada uma porção de ar para o recipiente. Quando

o embolo sobe fecha a valvula inferior, a pressão atmosphérica abre a sua valvula e o ar penetra no cylindro.

187.—**Bombas de compressão.**—As machinas de compressão propriamente ditas são perigosas e muito pouco empregadas nas experiencias de physica. São, pelo contrario, muito commodas e muito frequentemente empregadas as *bombas de compressão*, tambem denominadas *bombas de mão*.



Fig. 118

Constam de um cylindro dentro do qual se move um embolo sem valvula: na base do cylindro ha duas valvulas S, S', fig. 118, cada uma das quaes communica com um dos tubos t ou t'; a 1.^a abre-se de baixo para cima e aspira o gaz do reservatorio posto em communicação com o tubo t, ou o ar da atmospheria; a 2.^a abre-se de cima para baixo e leva o gaz aspirado para o recipiente com que communica o tubo t'. A manobra é facilissima; porque o operador fixa a bomba com os pés sobre os rebordos da base, e com as duas mãos segura no cabo em que termina a haste do embolo.

Esta bomba serve tambem para fazer o vacuo em qualquer recipiente; basta para isso communicar-o com o tubo t e pôr o tubo t' em communicação com a atmospheria.

Empregam-se frequentemente as bombas de compressão para fazer dissolver um gaz na agua; para este fim teem a fórma propria para se ligarem ao vaso onde está o liquido.

Nas bombas mais simples dispensa-se a valvula de aspiração e substitue-se por um orificio praticado na parte superior do cylindro, pelo qual penetra o ar para elle, quando o embolo passa para a parte superior, não podendo depois sair quando o embolo, na descida, attinge a sua altura.

VI.—Pressões supportadas pelos corpos mergulhados no ar.
—Aerostatos

188.—Principio de Archimedes applicado aos gazes.—Baroscopio.— Sendo applicaveis aos gazes, como aos liquidos, o principio de Pascal e todas as suas consequencias; exercendo e transmittindo os gazes pressões como os liquidos, é claro que o principio de Archimedes deve ser-lhes extensivo.

Não se costuma demonstrar rigorosamente este principio, não obstante ser isso facil; e limitamo-nos geralmente a provar a existencia da impulsão do ar, o que se faz com o *baroscopio*, fig. 85. Tendo equilibrado no ar as duas esferas, grande é pequena, e introduzindo o apparatus debaixo do recipiente da machina pneumatica, reconhece-se, feito o vacuo, que o travessão pende para o lado da esphera maior. É porque ambas readquirem a parte do seu peso, que a impulsão do ar tinha neutralizado, e que é maior para a esphera mais volumosa.



Fig. 85

Se enchermos depois o recipiente da machina pneumatica com um gaz mais denso que o ar, o gaz carbonico, por ex., veremos inclinar-se o travessão em sentido contrario.

Representando por V o volume de um corpo de densidade D mergulhado no ar, cuja densidade referida á agua representamos por d , é claro que o corpo está submettido á acção de duas forças oppostas, uma o seu peso igual a VD , outra a impulsão do ar representada por Vd : a resultante d'estas forças é portanto $V(D - d)$: e conforme ella é nulla, positiva ou negativa, assim o corpo se conserva em equilibrio, desce ou sóbe na atmospherá.

Em consequencia da impulsão do ar, o peso determinado com a balança não é verdadeiro, nem constante; por isso que os corpos perdem uma parte do seu peso, a qual é variavel com todas as circumstancias que modificam a densidade do ar.

189.—Aerostatos.—Os *balões* ou *aereostatos* são globos de papel, de tafetá, ou de qualquer tecido fino impermeavel aos gazes, cheios de ar quente, de hydrogenio ou de gaz illuminante, que sobem na atmosphaera em virtude do principio de Archimedes, visto que estes corpos pesam menos que o ar deslocado, e soffrem, por consequente, uma impulsão maior que o seu peso.

Attribue-se geralmente a invenção dos balões aos irmãos José e Estevão Montgolfier; comtudo parece fóra de duvida que a gloria d'esta invençação pertence ao padre portuguez-brasileiro Bartholomeu Lourenço de Gusmão, que fez o primeiro ensaio em Lisboa aos 5 de agosto de 1709.

190.—Descripção dos aerostatos.—Guarda-queadas.—Os balões fig. 86, fazem-se hoje com tiras de tafetá, em fórma de lunulas, cosidas umas ás outras e tornadas quanto possivel impermeaveis com um verniz de cautchuc dissolvido em essencia de therebentina fervente e applicado em ambos os lados, ou então com uma folha delgada de cautchuc collocada entre duas folhas de tafetá. Na parte superior ha uma abertura fechada com valvula de mola: a esta valvula prende-se uma corda que atravessa o interior do balão saindo pela parte inferior ao alcance do aereonauta. O balão termina inferiormente por uma especie de collo alongado, aberto.

O hemispherio superior do balão é revestido com uma rede, da qual partem cordas que sustentam um cesto, ou barca onde são transportados os viajantes, os instrumentos de observação e o lastro constituido por pequenos saccoes de areia: d'este modo o peso é repartido uniformemente pela superficie do balão.



Fig. 86

Fig. 87

O balão conduz um *guarda-quedas*, de que o aereonauta se serve para descer, quando não quer acompanhar o balão, ou quando este soffre avaria. É uma especie de guarda-chuva de estofa muito resistente, de 4 a 5 metros de diametro, ligado ao barco por meio de cordas e suspenso lateralmente como se vê na fig. 86, ou inferiormente como representa a fig. 87. Cortando as cordas que ligam o barco ao balão, o barco desce rapidamente, porém o guarda-quedas abre-se, apresenta grande resistencia ao ar e retarda

a queda. Para evitar grandes oscillações, que seriam perigosas, o guarda-quadras tem um orifício na parte superior por onde se escapa o ar. A fig. 88 representa o apparelho em descida.

191.—Ascensão e governo do balão.—O balão antes de estar cheio suspende-se entre dois mastros; põe-se pela parte inferior em communicação com o espaço onde se desenvolve o gaz e sustem-se com cordas que se soltam no fim d'esta operação. Não se enche completamente o balão; porque, encontrando menor pressão nas camadas superiores da atmosphera e expandindo-se por conseguinte mais o gaz in-



Fig. 88

terior, rebentaria: é preciso permittir-lhe o phenomeno descrito no num. 157 ácerca da bexiga que incha debaixo do recipiente da machina pneumática.

Na occasião da partida a differença entre o peso do ar, deslocado pelo balão e o peso d'este representa a *força ascensional*, que não deve exceder 4 a 5 kilogrammas: esta

força conserva-se constante na subida, em quanto o balão não enche completamente; porque á medida que diminue a densidade do ar augmenta na mesma relação o volume deslocado, por conseguinte o peso d'este volume d'ar conserva-se constante. Depois d'este momento, isto é, depois de o balão não poder inchar mais, a força ascencional começa a diminuir; porque, sendo constante o volume d'ar deslocado a sua densidade diminue. Quando o peso do ar deslocado é igual ao peso do balão, este não pode subir mais e apenas se move horizontalmente a favor das correntes d'ar. Se o aereonauta quer subir mais alija carga, deitando fóra alguns saccos de areia; se, pelo contrario, quer descer abre a valvula superior e deixa sair o gaz do balão.

D'este modo o aereonauta pode até certo ponto escolher o local do desembarque, e para facilidade suspende do balão uma ancora, que fixa em qualquer obstaculo, encurtando depois a corda que a prende.

Para saber se sóbe ou desce, e a altura em que está, serve um barometro que acompanha o aereonauta, e cuja columna se move em sentido opposto, isto é, sóbe se o balão desce, e vice-versa.

Muitas tentativas se tem feito para dar direcção aos balões horizontalmente; porém até hoje ainda não se chegou a resultado satisfatorio.

VII.—Esgoto dos fluidos

192.—Bombas.—As bombas são machinas destinadas a elevar a agua, o vinho, o azeite ou qualquer outro liquido, pela aspiração, pela pressão, ou por estas duas acções combinadas; d'aqui resultam tres typos differentes de bombas — *bomba aspirante*, *bomba premente*, e *bomba aspirante-premente*.

193.—I.—Bomba aspirante.—A *bomba aspirante*, fig. 89,

consta de um corpo cylindrico *C* prolongado na parte inferior por um grande tubo de aspiração *t*, e tendo na parte superior um canal de esgoto *r*: a comunicação com o tubo

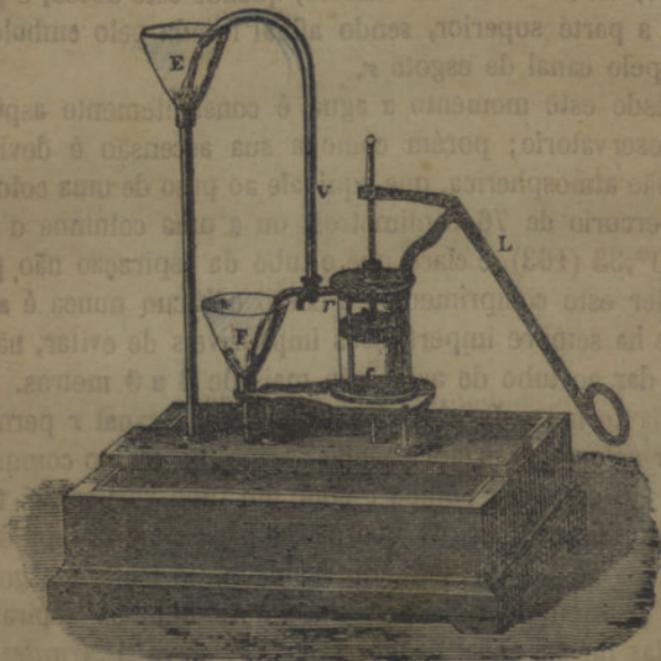


Fig. 89

de aspiração é fechada por uma valvula, que se abre de baixo para cima. Dentro do cylindro move-se um embolo, pela acção de uma alavanca *L*; no centro d'elle ha outra valvula *s* que se abre tambem de baixo para cima, porém alternando com a valvula do cylindro.

Quando o embolo sobe rarefaz-se o ar debaixo d'elle, e o ar do tubo de aspiração levanta a valvula do cylindro e penetra n'este; enquanto que a pressão atmospherica conserva fechada a valvula do embolo. Quando este desce o ar debaixo d'elle é comprimido, fecha a valvula do cylindro, abre a do embolo e escapa-se para a atmospherica. Ao mesmo tempo, alliviando a pressão do ar no tubo de aspiração, a agua vae

subindo n'este em virtude da pressão atmospherica exercida sobre a agua do reservatorio *R*, e quando o liquido chega á parte inferior do cylindro é aspirado para dentro d'este, abre a valvula do embolo, quando este desce, e passa para a parte superior, sendo afinal levada pelo embolo até sair pelo canal de esgoto *r*.

Desde este momento a agua é constantemente aspirada do reservatorio; porém como a sua ascensão é devida á pressão atmospherica, que equivale ao peso de uma columna de mercurio de 76 centimetros, ou a uma columna d'agua de 10^m,33 (163), é claro que o tubo da aspiração não pode exceder este comprimento; e como o vacuo nunca é absoluto e ha sempre imperfeições impossiveis de evitar, não se deve dar ao tubo de aspiração mais de 8 a 9 metros.

Uma torneira de tres vias collocada no canal *r* permite fechar este canal estabelecendo ao mesmo tempo communição do corpo da bomba *c* com um tubo vertical *V*. Com esta modificação a agua que passa para cima do embolo é arrastada no tubo *V*, subindo assim muito mais; e esgotando-se n'um funil *E*, superior a *F*. As bombas aspirantes munidas de um canal de elevação *V* dizem-se *aspirantes-elevatorias*.

194.—II.—Bomba premente.—A *bomba premente* differe da antecedente em não ter tubo de aspiração e em o embolo não ter valvula. O corpo da bomba mergulha em parte no reservatorio d'agua, tem uma valvula no fundo, exactamente como a bomba aspirante, e communica pela parte inferior com um canal pelo qual a agua ha de subir, e que por isso recebe o nome de *canal de elevação*. Na base d'este canal ha uma valvula que se abre debaixo para cima. Quando se eleva o embolo, que não é furado, rarefaz-se o ar e entra a agua para o cylindro; quando desce comprime-se o ar e a agua, fecha-se a valvula inferior, levanta-se a lateral, e estes fluidos escapam-se para o canal de elevação. Quando o embolo torna a subir entra uma nova porção d'agua do

reservatorio para o cylindro, e não volta para este a agua do canal, porque com o seu peso fecha a valvula lateral: quando torna a descer o embolo, comprime fortemente a agua, fecha a valvula inferior, abre a lateral e obriga a agua a subir no canal.

O liquido esgota-se quando chega á extremidade do canal; porém para que attinja esta altura, é preciso que a pressão exercida pelo embolo possa vencer o peso da valvula e da columna liquida contida no canal. É claro que esta circumstancia limita a altura do referido canal.

195.—Bomba aspirante-premente.—Esta bomba, como o seu nome o indica, é um mixto das duas que acabamos de descrever, e pode-se dizer que differe apenas da bomba premente em o corpo cylindrico não ser mergulhado e, pelo contrario, communicar com o reservatorio por um tubo de aspiração, exactamente como na bomba aspirante.

D'este modo a agua sobe por aspiração para o corpo da bomba, e sobe pela pressão no canal de elevação.

As vezes, nas bombas aspirantes-prementes, a pressão não é empregada para fazer subir a agua, mas para a encaminharem convenientemente transmittindo a pressão: é isto o que acontece na bomba da prensa hydraulica (118).

196.—Emprego de um reservatorio de ar.—Nas bombas prementes, descriptas nos dois ultimos numeros, pode-se obter um esgoto continuo, addicionando-lhe um *reservatorio de ar*, em communicação com a parte inferior do corpo da bomba e munido de um tubo que se abre junto da base do reservatorio. D'este modo a agua impellida pelo corpo da bomba comprime o ar no reservatorio; de sorte que quando a bomba deixa de premir a agua, aquelle ar distendendo-se continua a promover o esgoto.

A fig. 90 representa um modelo de uma bomba *aspirante-premente com reservatorio de ar*. O corpo de bomba *C* communicar com o deposito de agua *R* por meio do tubo de aspiração *t* munido superiormente de uma valvula: o em-

bolo p é cheio. Um tubo, occulto pela prancha P , comunica o corpo de bomba com o reservatorio de ar D , atravessado até junto da base pelos tubos de esgoto V e S . Estando

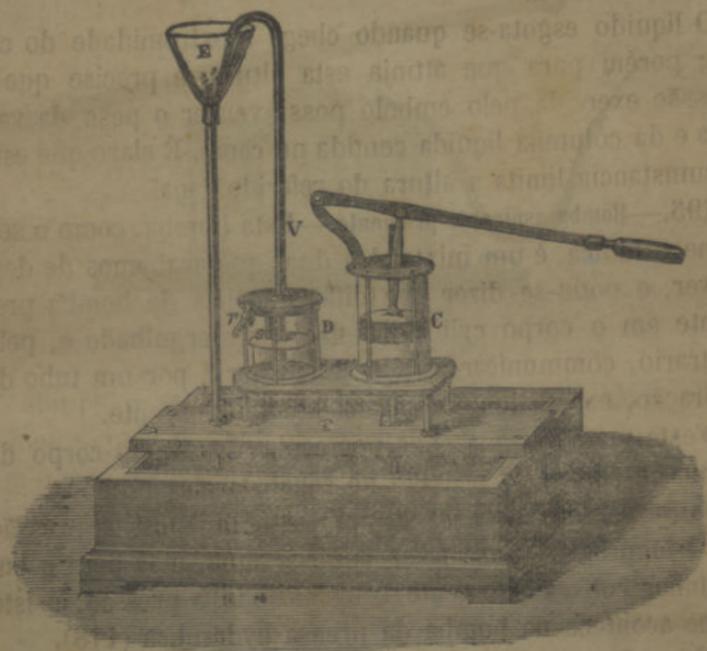


Fig. 90

aberta a torneira r , a agua corre pelo tubo S , aliás sae por V .

197.—Bomba dos incendios.—Na *bomba dos incendios*, fig. 94, obtem-se um jacto continuo, já por meio de um reservatorio de ar R , já porque se associam duas bombas prementes P e P' , que funcionam alternadamente. Estas bombas mergulham n'uma tina B constantemente cheia d'agua, e são manobradas por uma grande alavanca de ferro LL . No reservatorio de ar R penetra o tubo de expulsão T , prolongado pela mangueira, que é um tubo de coiro terminado por um tubo de cobre de menor diametro denominado a

lança. A diminuição de diametro serve para augmentar a velocidade do jacto.

198.—Syphão.—Dá o nome de *syphão* a um tubo recur-

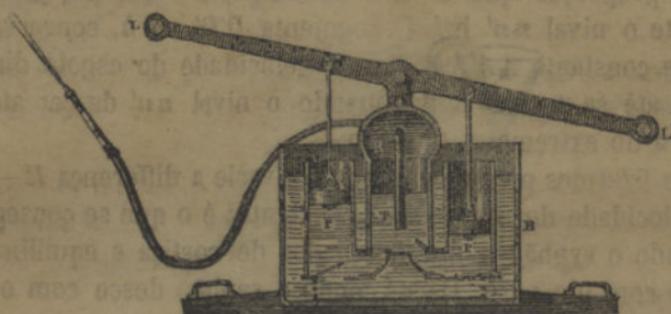


Fig. 91

vado *ABC*, fig. 92, que serve para esgotar o liquido de um vaso, por cima dos bordos do mesmo vaso e sem o deslocar: tem quasi sempre os ramos deseguaes, e é o menor que se mergulha no liquido.

Para que o esgoto principie é preciso começar por encher o syphão: suppondo isto feito, vejamos qual é a condição necessaria para haver esgoto. No extremo *A* do syphão ha uma força que se oppõe á queda do liquido: é a pressão atmospherica *P* diminuida da columna liquida *AA'*: designando *AA'* por *H*, por *d* a densidade do liquido e referindo as pressões a unidade de superficie, aquelle peso é Hd , e a força exercida em *A*, é $P - Hd$. Por outro lado, em *D* exerce-se uma pressão que obriga o liquido a subir, e que por consequente é opposta áquella: essa pressão é igual á pressão atmospherica *P* menos o peso hd da columna liquida de altura $DD' = h$.

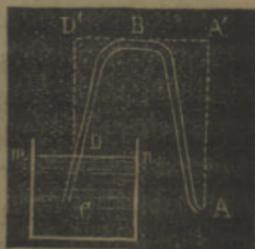


Fig. 92

Haverá pois esgoto sempre que for $P - dh > P - dH$,

ou $H > h$, isto é, sempre que o extremo A do tubo seja inferior ao nível nn' do liquido dentro do vaso. A força que determina o esgoto é $(P - dh) - (P - dH) = d(H - h)$.

Á proporção que o vaso se despeja, e que por conseguinte o nível nn' baixa, augmenta DD' ou h , conservando-se constante AA' ou H , e a velocidade do esgoto diminue, até se tornar nulla quando o nível nn' descer até á altura do extremo A do tubo.

Se fizermos porém com que não varie a differença $H - h$, a velocidade do esgoto será constante: é o que se consegue ligando o syphão a um fluctuador de cortiça e equilibrando-o com um peso. D'este modo o syphão desce com o liquido á medida que o esgoto se faz.

Mostra a theoria do syphão que este apparatus não pode funcionar no vacuo, nem quando a altura DD' for maior que a altura da columna liquida que equilibra a pressão atmospherica, isto é, que 10^m para a agua, 76 centímetros para o mercurio, etc.

Enche-se o syphão de qualquer dos modos seguintes:

1.º *Directamente*, invertendo-o, deitando-lhe liquido, tapando com os dedos os dois orificios, e voltando-o afinal, tendo o cuidado de só destapar o extremo C debaixo do liquido.

2.º *Indirectamente*, por aspiração, mergulhando o extremo C e aspirando o ar pelo extremo A : então, faz-se o vacuo dentro do apparatus e é a pressão atmospherica exercida em nn' que o enche. Com os liquidos corrosivos, que não podem ser recebidos na bocca, emprega-se um syphão, fig. 93, cujo ramo maior B tem soldado quasi no seu extremo um tubo C dilatado em M : aspira-se então o ar pelo extremo C tendo tapado com o dedo o extremo B . Como o liquido antes de chegar á bocca ha de encher a esphera M , o operador tem sempre bastante tempo para evitar aquelle inconveniente. Finalmente, se o tubo tem grande secção, é impossivel aspirar

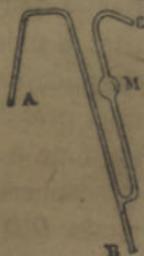


Fig. 93

com a bocca; emprega-se então uma pequena bomba aspirante no ramo *B*: assim se procede, por ex., para extrair o vinho dos toneis.

Se o liquido, além de corrosivo, emite vapores deletérios, não se pode encher o syphão por aspiração, ainda que se lhe addicione a pipeta *C*. Emprega-se n'este caso um syphão tendo esta pipeta, porém terminada por uma esphera fechada, e aquece-se essa esphera para dilatar bastante o ar, e expulsal-o em grande quantidade, tendo já mergulhado o extremo do syphão. Tapando então o outro extremo, e deixando resfriar a esphera, o liquido sobe e enche o aparelho.



Fig. 126

199. — Vaso de Tantaló. — Esgoto intermitente produzido pelo syphão. — O *Vaso de Tantaló*, fig. 94, é um syphão introduzido no vaso que contém o liquido, tendo um dos ramos aberto no fundo d'este vaso, e o outro atravessando o fundo. Deitando liquido no vaso o esgoto só principia quando este liquido attinge a parte superior do syphão, e depois continúa até despejar o vaso.

Se o vaso recebe liquido em quantidade inferior á que o syphão esgota, realisa-se o esgoto intermitente; porque é preciso esperar que o syphão torne a encher para o esgoto começar, depois de ter penetrado o ar pela abertura *o*.

É pelo mesmo principio que se explica a existencia de muitas fontes intermitentes naturaes.

SEGUNDA PARTE

ACUSTICA

I.—Noções geraes

200.—Som.—Acustica.—Desviando algumas partes de um corpo elastico da sua posição de equilibrio, e abandonando-as em seguida, voltam a ella depois de fazerem muitas oscillações mais ou menos rapidas. Este movimento, quando tem uma certa intensidade e duração, denomina-se *vibratorio*, e transmite-se pelo ar, ou por outro meio elastico, até ao ouvido, produzindo uma sensação particular, que denominamos *som*.

Assim: *som é uma impressão particular excitada no órgão auricular pelo movimento vibratorio dos corpos elasticos*. Os corpos capazes de entrar em vibração produzindo som dizem-se *corpos sonoros*.

Denomina-se *acustica* a parte da physica que estuda os sons.

201.—Condições para a producção do som.—Para haver som é preciso, por conseguinte, 1.º um corpo em vibração; 2.º um meio elastico entre elle e o ouvido, susceptivel de transmitir as vibrações.

1.º Demonstra-se por experiencias muito simples que *os corpos estão em vibração quando produzem som*. Isto reconhece-se á simples vista nas cordas tensas e friccionadas com um arco; porém ainda quando as vibrações não são visi-

veis, verifica-se aproximando a mão da corda vibrante, ou collocando sobre ella pequenos fragmentos de papel, que são projectados ao longe.



Fig. 95

Percutindo com um martello a campanula de vidro representada na fig. 95 e aproximando-lhe a pequena esphera *a* suspensa por um fio, ella resalta: aproximando-lhe a ponta *b* reconhecem-se tambem as vibrações; porque se ouve um ruido proveniente do choque produzido contra ella pelas moleculas do vidro. Em um e outro caso tocando a campanula com a mão, extingue-se o movimento vibratorio, deixa de ouvir-se o som, assim como o ruido, e a esphera deixa de saltar.

2.º *Para que haja som, não basta que haja um corpo vibrante, é preciso mais que o movimento vibratorio, possa ser communicado ao ouvido por intermedio de um meio elastico.* Demonstra-se isto facilmente collocando debaixo da campanula da machina pneumatica um timbre metallico percutido continuamente por um martello movido por um systema de relojoaria, e rarefazendo o ar: o som enfraquece á medida que vae faltando o ar, e extingue-se completamente quando está feito o vacuo. É preciso tomar a precaução de assentar o timbre sobre uma almofada, para que as suas vibrações não se transmittam á platina da machina, e d'esta ao ar exterior.

202.—Transmissão do som por todos os corpos elasticos.—O ar é o meio transmissor ordinario dos sons, porém qualquer corpo elastico o pode substituir. Fazendo na experiencia antecedente entrar qualquer gaz para a campanula, o som ouve-se do mesmo modo; porém, para a mesma pressão, o som é tanto mais fraco quanto menos denso é o gaz: com o hydrogenio, ou com uma mistura d'este gaz e do ar, o som ouve-se muito mal.

Tocando uma campainha dentro de um vaso com agua-

ou com qualquer outro liquido, ouvimos o som; portanto tambem os liquidos transmittem os sons.

Reconhece-se, finalmente, que os solidos elasticos tambem transmittem os sons. Applicando ao ouvido o extremo de uma vara comprida, ouve-se distinctamente o ruido da menor fricção exercida na outra extremidade. Assentando no solo um tambor e collocando pedras sobre elle, vêem-se resaltar, quando passa longe a cavallaria; applicando o ouvido contra o solo distingue-se o movimento de tropas a grandes distancias. Ouvem-se distinctamente duas pessoas, que fallam em voz baixa, a grande distancia, tendo os extremos de uma vara apertados entre os dentes. Os surdos-mudos ouvem-se pelos dentes, quando a surdez provém de algum defeito dos orgãos exteriores.

203.—Qualidades dos sons.—Distinguem-se no som tres qualidades: a *altura* ou o *tom*; a *intensidade*, e o *timbre*.

A qualidade mais importante é a *altura musical*, que marca a posição do som na escala de musica. Esta qualidade depende do numero de vibrações, que o corpo sonoro executa em um segundo: os sons dizem-se *graves* ou *agudos*, relativamente, conforme é pequeno ou grande este numero de vibrações.

A *intensidade* do som depende da amplitude das vibrações; é a qualidade que faz com que um som seja ouvido a maior ou menor distancia.

O *timbre* é a qualidade que distingue dois sons da mesma altura e intensidade; depende de muitas circumstancias do movimento vibratorio.

204.—Distincção entre som musico e ruido.—Não obstante ser impossivel fazer uma completa distincção entre *som musico* e *ruido*, diremos que o primeiro é um som continuo que se pode apreciar pela sua posição na escala de musica, em quanto que o *ruido* é um som breve, isto é, uma sensação instantanea, ou a mistura confusa de muitos sons discordantes.

II.—Propagação do som.—Intensidade

205.—Propagação do som no ar.—Ondas sonoras.—Para se comprehender como se faz a propagação do som no ar, começemos por considerar o caso particular da propagação

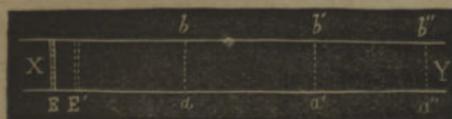


Fig. 96

em um cylindro indefinido XY, fig. 96, cheio de ar ou de qualquer outra substancia solida,

liquida ou gazona, homogênea e perfeitamente elastica; e imaginemos que um embolo E está animado de movimento de vae-vem muito rapido de E para E' , e de E' para E , movimento perfeitamente comparavel ao movimento vibratorio das moleculas dos corpos sonoros. O embolo passando de E para E' impelliria de um jacto o meio que está diante de si, se este meio não fosse compressivel; porém ao contrario d'isto este meio é comprimido apenas na extensão Ea , reduzindo-se o seu volume a $E'a$ e augmentando por tanto a sua força elastica: d'aqui resulta um desequilibrio de pressões que determina uma compressão na camada aa' egual a Ea , propagando-se essa compressão em todo o cylindro com uma certa velocidade v .

No movimento retrogrado de E' para E produz-se, pelo contrario, uma dilatação na camada $E'a$, que se communica tambem com a mesma velocidade ás camadas seguintes, as quaes estão por tanto alternadamente condensadas e dilatadas. Denomina-se *onda sonora* o conjuncto de uma condensação e uma dilatação, que se fazem em uma vibração completa do corpo sonoro; *comprimento da onda* é a espessura Ea' das meias ondas condensada e dilatada, isto é, o espaço percorrido pelo som durante uma vibração completa do corpo sonoro; se for n o numero d'estas vibrações por

segundo, v a velocidade do som e λ o comprimento da onda será $v = n\lambda$.

Se em lugar de considerarmos um cylindro indefinido imaginarmos que o corpo sonoro vibra no ar livre, ou em qualquer meio illimitado em todos os sentidos e homogeneo, podemos applicar a cada ponto do corpo o que acabamos de dizer, suppondo que elle vibra na abertura de um tubo cylindrico indefinido de secção infinitamente pequena. D'aqui se conclue que as condensações e as dilatações estão repartidas por superficies esphericas, das quaes o corpo sonoro occupa o centro; por conseguinte, a propagação do som faz-se por *ondas esphericas*: qualquer raio d'estas espheras, ou qualquer direcção em que se considere a propagação, é um *raio sonoro*.

As ondas que partem de diversos corpos vibrantes proximos sobrepõem-se sem se destruir; por este motivo os sons que partem de uma orchestra chegam distinctamente ao ouvido. Verifica-se em parte esta coexistencia das ondas nas superficies das aguas tranquillias, que se percutem em pontos proximos com pequenas pedras: os pontos chocados constituem-se centros de ondas circulares, que se cruzam sem se destruir.

206.—*Intensidade do som: causas que a alteram.*—A *intensidade do som* é, como já dissemos, a qualidade que faz com que elle seja ouvido a maior ou menor distancia, e que depende da amplitude das vibrações: assim, a intensidade de um som é maxima na occasião em que se produz, e depois enfraquece até desaparecer; porque tambem as vibrações teem ao principio a maxima amplitude, e extinguem-se passado pouco tempo.

Além d'esta muitas outras causas influem na intensidade do som: as principaes são as seguintes: a distancia; a densidade do meio onde o som se produz; a direcção das correntes do ar, e a aproximação de outros corpos sonoros.

1.º N'um meio indefinido, em consequencia da propagação em ondas esphericas, a *intensidade do som varia na razão inversa do quadrado das distancias ao corpo sonoro*; porque as condensações e dilatações repartem-se por superficies esphericas, e estas superficies crescem com os quadrados dos raios, que são as distancias ao corpo sonoro. Assim, a condensação *C*, por ex., espalha-se pela superficie $4\pi d^2$ na distancia *d*, e o seu valor *i* sobre unidade de superficie, isto é, a intensidade do som a esta distancia, tem o valor $i = \frac{C}{4\pi d^2}$.

2.º A intensidade depende tambem evidentemente da densidade do meio em que se produz: é um facto plenamente demonstrado com a experiencia do timbre no recipiente da machina pneumatica (201), e reconhecido nas grandes alturas da atmosphaera, em que o ar está muito rarefeito. Segundo Saussure a detonação de um tiro de pistola no cume do Monte Branco corresponde á de uma simples bomba ordinaria na planicie. No ar comprimido o som é muito reforçado, como se observa nas fundações tubulares. Note-se, porém, que a intensidade do som depende da densidade do ar em que é produzido e não d'aquelle em que é ouvido.

O som diminue de intensidade quando se transmite de um meio para outro mais denso, como acontece a qualquer outro movimento. Assim, o timbre da experiencia citada dá um som fraco quando está coberto com o recipiente da machina, ainda antes da rarefação, e levantando o recipiente o som é muito mais forte; isto porque no primeiro caso o som communica-se ás paredes do recipiente e depois ao ar exterior.

Expirando todo o ar dos pulmões e enchendo-os de hydrogenio, observa-se um enfranquecimento grande na voz, e uma notavel alteração no timbre; porque o hydrogenio é posto em vibração pelas *cordas vocaes*, quando passa na

larynge, e depois transmite as vibrações ao ar, que é muito mais denso.

3.º O som propaga-se sempre melhor e enfraquece por conseguinte menos, quando o ar está socegado do que quando está agitado. Quando ha vento, á mesma distancia, o som é mais intenso no sentido do vento do que no sentido contrario.

4.º Augmenta-se a intensidade de um som approximando do corpo sonoro um outro capaz de produzir os mesmos sons. Por este motivo se empregam as caixas d'ar nos pianos, nas rebecas, nas violas, etc. e se constroem os coretos de musica sobre um tablado de madeira elevado acima do solo.

207.—Influencia dos tubos na intensidade dos sons.—Tubos acusticos.—A lei da diminuição de intensidade do som com a distancia não se verifica no interior dos tubos cylindricos de pequena secção, e, em geral, sempre que o som não pode espalhar-se lateralmente: então a intensidade do som não enfraquece muito com a distancia; porque as condensações e dilatações do ar, transmittindo-se a camadas da mesma secção, não mudam de grandeza. Assim, Biot reconheceu que nos tubos dos aqueductos de Paris, n'uma extensão de 954 metros, fallando-se em voz muito baixa n'um dos extremos, se ouvia distinctamente no outro; e que o abalo communicado ao ar pela explosão de um tiro de pistola chegava ao extremo d'aquella distancia com intensidade sufficiente para apagar uma luz, e projectar a mais de meio metro alguns corpos leves.

Nos grandes estabelecimentos aproveita-se esta propriedade dos tubos para transmittir ordens de um pavimento para outro, e nos grandes navios a vapor para communicar ordens ao machinista, etc. Empregam-se para este fim os *tubos acusticos*, que são tubos de cautchuc, ou de metal, de pequeno diametro, não superior a 3 millimetros, no interior dos quaes se transmite a palavra a grande distancia, sem perda dos menores accidentes e até do timbre es-

pecial com que é articulada. Extingue-se porém quando a extensão do tubo excede um certo limite, e quando faz muitos cotovelos.

Em todo o systema telegraphico ou telephonicó é necessario um despertador para chamar a attenção do individuo a quem pretendemos transmittir um escripto ou um som: a sua falta constitue um dos maiores defeitos dos antigos telegraphos opticos.

No systema telephonicó dos tubos o despertador consiste apenas n'um apito, introduzido na extremidade do tubo, que tem a fórma de bocal. Para chamar, tira-se o apito, applicam-se os labios ao bocal e sopra-se, para fazer tocar o apito da outra extremidade: o individuo assim despertado, tira o apito e applica o bocal sobre o ouvido.

208.—Velocidade do som.—A *velocidade do som* é, como já dissemos, o caminho que elle percorre n'um segundo.

As experiencias que teem sido feitas para determinar a velocidade do som no ar reduzem-se a contar entre dois pontos, cuja distancia é conhecida, o tempo que o som produzido pelo tiro de uma boca de fogo leva a percorrel-a: dividindo a distancia pelo numero de segundos d'esse tempo acha-se a distancia percorrida em um segundo, isto é, a velocidade. N'estas experiencias despreza-se a velocidade da luz, porque se começa a contar o tempo desde que se vê apparecer o clarão.

A velocidade é independente da pressão e do grau de humidade do ar, e augmenta um pouco com a temperatura: pode admittir-se que o seu valor médio é de 340 metros.

Na agua a velocidade é de 1435^m, isto é, quasi quatro vezes e meia a velocidade no ar.

Nos solidos a velocidade do som ainda é maior, e tem valores particulares nas diversas substancias: assim nas diferentes especies de madeiras a velocidade é de 10 a 16 vezes a velocidade no ar; nos metaes varia entre 4 e 16 vezes esta mesma velocidade.

209.—*Reflexão do som.*—Se as ondas sonoras encontram no caminho um obstaculo, ou um meio differente, mudam de direcção—*reflectem-se*—exactamente como faz uma bola elastica quando choca um muro, e segundo as mesmas leis. Sendo, por ex., *AB*, fig. 97, a superficie de separação dos dois meios, *Om* um raio sonoro incidente, e *mp* a normal á superficie no ponto de incidencia, o plano *Omp* denomina-se *plano de incidencia*, e o angulo *Omp* angulo

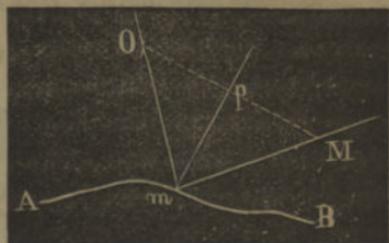


Fig. 97

de incidencia; o raio reflecte-se seguindo a direcção *mM*, que satisfaz ás condições de estar no plano de incidencia e de fazer com a normal o angulo *Mmp*, denominado *angulo de reflexão*, igual ao de incidencia.

Assim, a reflexão do som está submettida ás duas leis seguintes: 1.^a *O angulo de reflexão é igual ao angulo de incidencia*; 2.^a *O raio reflectido está no plano de incidencia*.

Como consequencia d'estas leis acontece que em algumas casas se pode fallar em segredo em certos pontos e ouvir-se distinctamente n'outros, sem que se ouça nos intermedios.

Reflecte-se o som nas nuvens, na superficie de separação de duas camadas de ar de densidades differentes, etc.; ha porém obstaculos que cedendo ao choque das ondas sonoras não permitem a sua reflexão: é o que se reconhece nas salas alcatifadas, ornadas com reposteiros e cortinados de lã, onde os sons são abafados.

210.—*Echos.*—*Resonancia.*—A reflexão do som explica o phenomeno do *echo*, isto é, da repetição de um som ouvido directamente.

Um individuo collocado em frente de um obstaculo reflectidor ouve sem demora um som que produz; e se este som tem deixado de se ouvir no momento em que chega o som

reflectido pelo obstaculo, ouve um segundo som, que é o *echo*. Este depende pois da distancia do obstaculo.

Admittindo que n'um segundo não se podem articular distinctamente mais de cinco syllabas, e que a velocidade do som é de 340 metros, conclue-se que para se repetir a ultima syllaba articulada deve o som percorrer $\frac{340^m}{5}$, isto é, 68^m; por tanto um echo será *monosyllabo* se a distancia do observador ao obstaculo for de 34 metros; será *dissyllabo* se esta distancia for de 68 metros, etc. Produzindo um som breve e não uma syllaba ha echo na distancia de 17 metros.

Temos supposto que o observador ouve o *echo* de um som por elle produzido; porém se o som vem de uma certa distancia, é preciso, para haver repetição de uma, duas, etc., syllabas, que a differença entre o caminho indirecto do som e aquella distancia seja de 68, 136, etc. metros.

Um som produzido entre dois obstaculos repete-se mais de uma vez, e o echo diz-se *multiplo*. É o que acontece por ex., entre os pegões de um grande arco de ponte. Como exemplo de echos multiplos notaveis citaremos um a tres leguas de Verdun, produzido por duas torres distantes de 50 metros, e que repete 12 vezes o mesmo som; e mencionaremos ainda o castello de Simonetta, em Italia, que repete mais de quarenta vezes o estrondo de um tiro de pistola, produzido entre duas alas paralelas do edificio.

Citam-se echos muito singulares que não se explicam bem; assim como ha circumstancias que, segundo a theoria da reflexão, deviam dar um determinado echo, e este não existe, sem que se reconheça a razão.

Em distancias menores que 17^m o som reflectido sobrepõe-se mais ou menos ao directo augmentando-lhe a intensidade e duração, e produzindo o que se chama *resonancia*, que todos teem observado nas salas grandes. É favoravel a resonancia quando, como acontece nas casas bem construi-

das, os sons reflectidos reforçam os directos sem lhes alterar a pureza; é desfavoravel quando os confunde e perturba, não deixando portanto perceber-os bem.

211.—Porta-voz.—O reforçamento dos sons obtidos com a resonancia aproveita-se no porta-voz e na corneta acustica, instrumentos que se fundam tambem na maneira particular como os sons se propagam nos tubos.

O *porta-voz*, ou *busina*, como a palavra indica, serve para transmitir a palavra a distancia: é um grande tubo metallico de fórma conica, terminado em pavilhão no extremo mais largo e no outro em um bocal, que permite ajustar a boca sem impedir o movimento dos labios.

Suppoz-se que o reforço do som no porta-voz era devido á reflexão interior das ondas sonoras.

É certo que a reflexão nas paredes do tubo conico deve aproximar do eixo o som, augmentando-lhe a intensidade, porém está provado que o effeito do instrumento não é sensivelmente enfraquecido cobrindo as suas paredes internas com um estofa não elastico, e até dando-lhe a fórma cylindrica; além d'isso o reforço do som não se faz só na direcção do eixo do porta voz; porque fallando a distancia de um muro alto ouve-se um echo quasi com a mesma intensidade, quer o pavilhão esteja voltado para o muro, quer para o lado opposto; portanto a principal causa do reforço do som não é a reflexão.

Explica-se o effeito do instrumento pela vibração da columna d'ar contida no seu interior, a qual é unisona com a produzida na embocadura: é um phenomeno de *resonancia* de que já fallamos (210). A acção notavel do pavilhão é que não se explica por este modo, nem pela reflexão.

212.—Corneta acustica.—As pessoas que teem o *ouvido duro* usam com vantagem d'este pequeno instrumento, que augmenta a intensidade dos sons. É uma especie de porta-voz, de muito menores dimensões, e sem bocal na parte

mais delgada, a qual é recurvada para se introduzir no ouvido: os sons são recebidos no pavilhão. Explica-se o effeito d'este apparelho pelo augmento de intensidade com que as compressões e dilatações do ar, produzidas pelo som, se vão transmittindo ás camadas successivamente menores.

213.—Transmissão da palavra por fios.—Telephoneo de cordel.—Desde muitos annos se encontra á venda nas feiras e nas lojas, como brinquedo para crianças; o *telephoneo do cordel*, cuja invenção data, ao que parece, de 1667.

Consta de dois cylindros metallicos tendo um dos fundos tapado com uma membrana, e as duas membranas ligadas por um fio de algodão ou de seda, ou mesmo de metal. Applicando um dos cylindros ao ouvido distingue-se tudo o que outra pessoa diz em voz baixa, applicando os labios sobre o outro cylindro; porém o fio deve estar bem tenso e não deve tocar nas paredes nem em qualquer objecto; todavia esta ultima precaução não é absolutamente indispensavel.

Este apparelho apenas serve em pequenas distancias, posto que algumas experiencias tenha já dado bom resultado a distancia de 300 metros.

O proprio cordão, antes de servir na transmissão dos *movimentos vibratorios*, pode servir para despertar, puxando por elle uma campainha ordinaria.

III.—Theoria physica da musica

214.—Definições.—Denomina-se *accorde consonante*, ou simplesmente *accorde*, a impressão agradável ao ouvido, resultante da coexistencia de dois ou mais sons; e *dissonancia* a impressão desagradavel produzida pelos sons simultaneos.

A producção dos accordes constitue a *harmonia*, e a

sua successão, ou a successão de notas, constitue a *melodia*. A *musica* é um complexo de harmonias e melodias.

215.—Intervallos.—Unisono e oitava.—A impressão causada por dois ou mais sons simultaneos não depende dos numeros absolutos das suas vibrações, mas da relação entre elles; e é sempre a mesma, quaesquer que elles sejam, com tanto que esta relação não mude. Assim, a musica occupa-se mais das relações entre os numeros de vibrações dos sons, do que da sua altura. Estas relações denominam-se *intervallos* entre os sons.

Os accordes são sempre produzidos pelos intervallos simples, e as dissonancias pelos intervallos ou relações complexas. O acorde mais simples é produzido por dois sons da mesma altura, cujo intervallo é unidade: denomina-se *unisono*. Depois d'elle o mais simples é a *oitava*, cujo intervallo é igual a dois.

216.—Gamma.—Escala diatonica.—Denomina-se *gamma* ou *solfa* uma serie de sete sons adoptados na musica, e que realisam os accordes mais consonantes: os seus nomes; o numero das suas vibrações em relação ao mais grave, representado por 1, e o seus intervallos successivos são os seguintes:

Nomes das notas.....	dó	ré	mi	fá	sol	lá	si	dó
Numeros relativos das vibrações	1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2
Intervallos successivos.....		$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{15}$

A escala de musica é a serie de sons obtida pela reproducção de varias gammas. Passa-se dos sons de uma gamma para os correspondentes da gamma superior ou aguda multiplicando por 2 os numeros de vibrações, e para a gamma inferior ou grave dividindo-os por 2. A escala assim obtida

diz-se *diatonica*, e toma para ponto de partida o som mais grave do violoncello, que é um *dó*.

Distinguem-se as notas das differentes gammas applicando ao nome da nota um indice que marca a ordem da gamma, e que se faz preceder do signal menos nas gammas inferiores á fundamental.

Vê-se que os intervallos das notas consecutivas da escala se reduzem a tres, que são $\frac{9}{8}$, $\frac{10}{9}$ e $\frac{16}{15}$: denominam-se *tom maior*, *tom menor*, e *meio-tom maior*. Reconhece-se mais que a gamma é a successão de dois tons, um meio tom, tres tons e um meio-tom.

O intervallo entre o tom maior e o tom menor vem a ser: $\frac{9}{8} : \frac{10}{9} = \frac{81}{80}$; é tão pequeno que só um ouvido muito delicado e exercitado o pode apreciar: por este motivo costuma-se desprezar na musica, e o mesmo se faz a qualquer intervallo muito proximo de unidade, o qual recebe o nome generico de *comma*.

217.—Diapasão.—Diapasão normal.—O *diapasão* é um pequeno instrumento que dá uma nota invariavel, e que serve para afinar os instrumentos de musica. Consta, fig. 98, de uma barra rectangular de aço, curvada pelo meio até ficarem proximos os extremos, e ligada a uma haste, que serve para pegar no instrumento ou para o fixar n'uma caixa harmonica (assim se denomina uma caixa de madeira secca, aberta n'um dos lados, e cujo ar deve dar o mesmo som do diapasão).

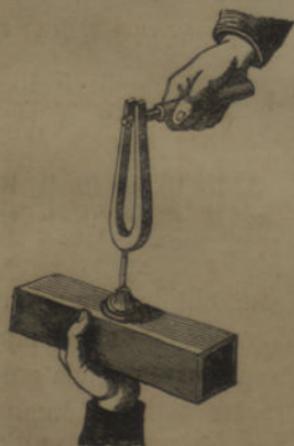


Fig. 98

Faz-se vibrar o diapasão batendo com um dos seus ramos sobre uma mesa, ou, fig. 98, fazendo-os afastar rapidamente com um pequeno

cilindro metallico de diametro maior que a distancia das faces internas do instrumento.

Reconheceu-se desde muitos annos que o diapasão normal se elevava successivamente nos grandes theatros da Europa, e que não tinha o mesmo valor em todos elles: para evitar os inconvenientes que d'isto resultavam para os compositores e para os artistas, foi estabelecido em França, por decreto de 16 de fevereiro de 1859, um diapasão normal obrigatorio, que dá o *la*₃ com 435 vibrações: é este o som da terceira corda da rebeca.

É claro que o *la* da gamma fundamental corresponde a $\frac{435}{4}$ vibrações; e portanto o *dó* fundamental, ou o *dó*₁, corresponde a $\frac{3}{5} \frac{435}{4} = 65,25$ vibrações.

Note-se que só na temperatura de 15° é que os diapasões de aço dão 435 vibrações: augmentando a temperatura o som desce um pouco.

218.—Idéa geral do modo porque se produzem os sons nos diversos instrumentos de musica.—Classificam-se os instrumentos de musica em, 1.º instrumentos de vento; 2.º instrumentos de cordas; 3.º instrumentos de pancada; 4.º instrumentos de laminas metallicas.

219.—Instrumentos de vento.—Dizem-se instrumentos de vento aquelles nos quaes o corpo vibrante é uma columna dar.

Por dois modos diversos se pode fazer vibrar o ar n'estes instrumentos, ou com uma *embocadura de flauta*, ou com uma *palheta*.

I.—A fig. 99, representa um corte feito n'um tubo sonoro de embocadura de flauta: a corrente de ar dirige-se pelo pequeno tubo *t*, denominado *pé*, para uma pequena caixa, e escapa-se por uma fenda estreita, chamada *ouvido*, encontrando, porém, em frente o *bisel* *a*, constituido por uma das paredes do tubo, que se adelgaça de modo



Fig. 99

a corresponder á posição e largura do ouvido. O espaço comprehendido entre este e aquelle é a *boca*.

O ar é comprimido contra o bisel, e dividido depois em duas partes, dirigidas uma para o interior e outra para o exterior do tubo, experimentando então uma dilatação; substituído por outro que successivamente se comprime e dilata, originando d'este modo a vibração. É claro que a altura do som produzido deve ser tanto maior quanto mais energica é esta acção, isto é, quanto mais forte é a corrente do ar e quanto menor é a boca do tubo. Reconhece-se a influencia d'aquella collocando o tubo n'um folle e variando a corrente do ar: reconhece-se a influencia d'esta com uma embocadura de *bisel movel*.

Em alguns tubos de orgão, no apito, no flageolet, etc., existe a embocadura de flauta. Nas flautas e flautins o ouvido é formado pelos labios do tocador, e o bisel pelo bordo da abertura oval do instrumento.

II.—As *palhetas* empregadas em muitos tubos de orgão, são laminas metallicas *l, l*, figs. 100 e 101, collocadas em frente de um canal *a, a* por onde hade passar o ar. A palheta da fig. 100 diz-se *batente*, porque pode tapar completamente a abertura d'aquelle canal, interceptando por consequente a saída do ar. A palheta da fig. 101 diz-se *livre*, porque pode mover-se para o interior do canal *a*.

Tanto em umas como em outras palhetas um pequeno gancho *br*, denominado *afinador*, permite variar o comprimento da palheta, que pode vibrar, a fim de alterar a altura do som.

Na *palheta batente* a corrente de ar dirigida para o porta-vento obriga-a a fechar o canal e a interromper a saída do ar; porém pouco depois ella desvia-se em virtude da sua elasticidade, e o ar sae novamente: assim se consegue a intermittencia da corrente, e a vibração. A altura do som depende não só da velocidade da corrente, porém tambem do comprimento, espessura e substancia da palheta.



Fig. 100



Fig. 104

Na *palheta livre* a corrente de ar obriga-a a curvar-se para dentro, dando saída ao ar, que diminue momentaneamente de pressão, permittindo que a palheta volte á posição primitiva, curvando-se successivamente de dentro para fóra, e determinando a saída periodica ao ar. A altura do som não depende, na palheta livre, da velocidade da corrente: o som é mais suave, e por isso ella é empregada nos órgãos expressivos.

Modifica-se um pouco o som das palhetas, tornando-o mais agradável, dirigindo a corrente de ar para um tubo *T* (fig. 100), denominado *tubo de harmonia*. Variando a fórma d'este tubo imita-se no órgão o som de varios instrumentos de metal ou de madeira, assim como a voz humana.

Os instrumentos de palheta podem classificar-se em instrumentos de palheta propriamente ditos e em instrumentos de *bocal*. Pertence ao primeiro grupo o clarinete, o fa-

gote, o oboé, etc., que teem uma verdadeira palheta batente, desempenhando os labios do tocador o papel do gancho afinador. Pertencem ao segundo grupo os diversos instrumentos de metal, como a corneta, o figle, o cornetim, trombone, trompa, etc.: n'estes o som é produzido pela vibração dos labios, que constituem verdadeiras palhetas.

Nos orgãos ha tantos tubos quantas as notas que se que-rem. Nos instrumentos de sopro ha só um tubo, e os diversos sons conseguem-se por varios artificios; já variando o comprimento do tubo, como no trombone e no cornetim á piston; já variando a posição dos ventres e o seu numero por meio de furos que se podem abrir ou fechar com os dedos ou com chaves; já, finalmente, variando a intensidade da corrente de ar.

220.—Instrumentos de corda.—Em algum d'estes instrumentos, como os pianos e as harpas, ha muitas cordas que vibram em todo o comprimento; em quanto que em outros, como a rebeca, violoncello, etc., ha um limitado numero de cordas, e o artista multiplica os sons variando o comprimento d'ellas por meio da pressão com os dedos. Nos primeiros os sons graves são dados por cordas mais compridas, mais grossas e mais densas, e os sons agudos por cordas mais curtas, mais delgadas e menos densas. No piano as cordas vibram percutindo-as; na harpa e na guitarra dedilhando-as, e na rebeca e violoncello friccionando-as com o arco.

Todos os instrumentos de cordas são compostos, isto é, teem uma caixa d'ar que reforça os sons das cordas, os quaes são muito fracos por isso que ellas percutem o ar em uma pequenissima extensão.

221.—Instrumentos de pancada.—Em todos estes instrumentos o som é produzido pela percussão; em uns o corpo vibrante é uma membrana tensa; em outros é um solido resistente.

Entre os primeiros citaremos os *timbales* e os *tambores*.

Nos timbales a membrana é tensa sobre um hemispherio de cobre, e faz-se variar a tensão por meio de um anel de ferro e parafusos.

No tambor ha duas membranas ajustadas nas bases de um cylindro de metal ou de madeira, e tensas com cordas. A membrana percutida communica a vibração á columna d'ar, e esta á outra membrana que deve ser mais delgada para ter um som mais forte.

Os instrumentos fundados na vibração dos solidos resistentes são de chapas metallicas, como o *tam-tam* dos chins e os *pratos* das bandas militares; de varas, como os ferri-nhos; de chapas, como as *marimbas*, e finalmente, de solidos de revolução, como as campainhas, sinos, etc.

222.—Instrumentos de laminas metallicas.—As caixas de musica constituem este ultimo grupo de instrumentos. Laminas metallicas de diverso comprimento, fixas por um extremo, são postas em vibração pelo outro por meio de um cylindro animado de movimento de rotação.

IV.—Phonographo

223.—Phonographo.—O *phonographo*, inventado em 1877 por Edison, é um notavel instrumento, que não só registra, como reproduz a palavra, o canto, e qualquer som, em fim.

A sua disposição é extremamente simples. Consta, fig. 102, de um cylindro horizontal de latão *C* com a superficie toda aberta em ranhura helicoidal, e ligado a um eixo *AA'*, cuja parte direita *A'* é um parafuso do mesmo passo da helice gravada sobre o cylindro. A porca d'este parafuso está no suporte fixo do eixo *T*; de sorte que movendo a manivella *M* o cylindro *C* gira em torno de *AA'*, ao mesmo tempo que avança ou recua na direcção d'este mesmo eixo; fica por conseguinte animado de movimento helicoidal.

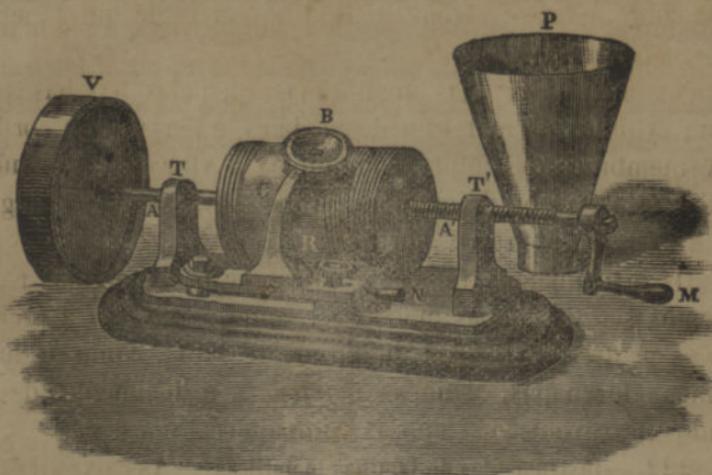


Fig. 102

Ao lado do cylindro, que é o receptor e conservador dos sons, está o orgão essencial do phonographo. Consiste este orgão n'uma especie de bocal *B*, figs. 102 e 103, cujo fundo é uma lamina vibrante *r*, de ferro, encostada pela sua parte média sobre um pequeno estilete, por intermedio de um tubo de cautchuc *e*: o estilete é uma ponta de aço, ligada perpendicularmente no extremo da mola *i*.

Para fazer funcçãoar o aparelho, começa-se por collar sobre o cylindro uma delgada folha de estanho; em seguida levanta-se o bocal *B* e leva-se a extremidade esquerda do cylindro em frente do estilete; abaixa-se o bocal; applicam-se-lhe os labios e falla-se bem alto, ao mesmo tempo que se dá movimento de rotação ao cylindro da esquerda para a direita, por meio da manivella *M*. O estilete grava então uma helice sobre a folha de estanho, conjunctamente com

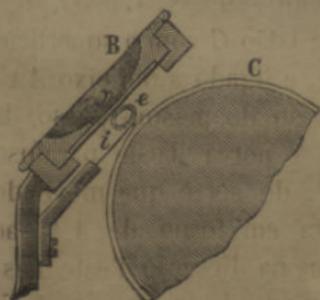


Fig. 103

uma helice sobre a folha de estanho, conjunctamente com

uns pontos mais ou menos pronunciados, mais ou menos proximos, e que se distinguem á simple vista, e ainda melhor com uma lupa. Os sons produzidos no bocal transmitem-se á chapa r e d'esta ao estilete, que faz sobre a helice uma serie de depressões, cuja distancia depende da velocidade das vibrações, e cuja profundidade depende da amplitude das mesmas vibrações.

Para reproduzir o som levanta-se novamente o bocal; leva-se o cylindro á posição primitiva, girando com a manivella da direita para a esquerda; descança-se sobre elle o estilete e dá-se movimento ao cylindro da esquerda para a direita. O aparelho repete então os sons que recebeu na primeira parte da operação; e a sua intensidade pode ser augmentada addicionando ao bocal um tubo conico de cartão C , que funciona de porta-voz.

Isto é de facil explicação. O estilete percorrendo os baixos e altos da helice, executa as vibrações, que se lhe tinham imprimido, transmite-as á chapa e esta ao ar. É claro que os sons reproduzidos serão mais agudos ou mais graves se o movimento dado agora ao cylindro for mais rapido ou mais lento, que o movimento do mesmo cylindro na primeira parte da experiencia. Para que o movimento seja bastante regular addiciona-se ao eixo AA' um grande volante V ; porém nos phonographos mais perfeitos, como é o do gabinete de physica da escola polytechnica, representado na fig. 104, o cylindro é movido por um peso P e por meio de rodas dentadas R, R' , e este movimento é regulado por uma ventoinha V .

O som produzido é sempre mais fraco que o original, e tem um timbre nasal muito pronunciado. O som pode ser reproduzido muitas vezes, mas a sua intensidade diminue successivamente, porque os pontos gravados sobre a helice perdem o seu relevo.

Fallando uma, duas ou mais vezes sobre a primeira inscripção, o instrumento reproduz a mistura das vozes; po-

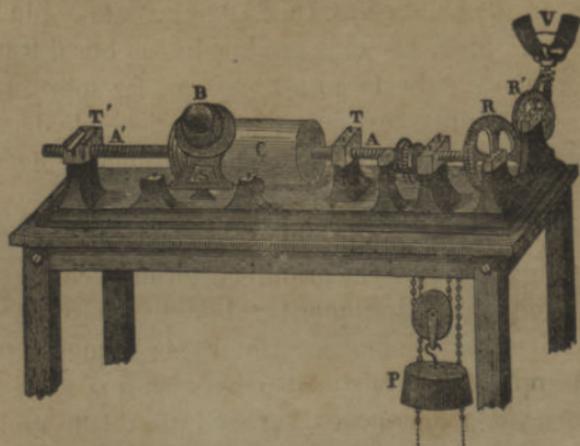


Fig. 104

rêm applicando bem o ouvido e prestando particularmente a atenção a uma d'ellas distinguem-se as palavras no meio de uma confusão de sons.

TERCEIRA PARTE

CALOR

CAPITULO I

NOÇÕES PRELIMINARES.—THEORIAS DO CALOR

224.—Phenomenos calorificos.—O *calor* é o agente que se manifesta por phenomenos geraes bem conhecidos. Assim elle começa por dilatar os corpos, isto é, por afastar as suas moleculas, dando-lhes novas posições de equilibrio; depois, attingindo maior intensidade, converte os solidos em liquidos e estes em gazes, sem mudar a composição das moleculas, alterando a sua aggregação e dando aos corpos propriedades especiaes, proprias do novo estado.

Os corpos perdendo o calor que lhes fôra communicado apresentam phenomenos inversos; primeiramente contrahem-se, por conseguinte diminuem de volume; mais tarde observa-se a mudança do estado physico em sentido opposto áquelle que já foi considerado, os gazes passam a liquidos, e estes a solidos.

Além d'estes phenomenos, que resultam da acção do calor sobre os corpos, estudaremos aquelles que o calor apresenta na sua propagação, tanto através do espaço, de um corpo para outro a qualquer distancia, como no interior de um corpo, de molecula a molecula.

225.—Definição de temperatura.—Thermometros.—Collocando, em presença uns dos outros, corpos desegualmente quentes, reconhece-se que os mais quentes arrefecem e os mais

frios aquecem, cessando estas modificações passado certo tempo; os corpos dizem-se então á mesma *temperatura*. Esta palavra designa portanto um estado de equilibrio, no qual os corpos não ganham nem perdem calor.

Em quanto este estado não varia, os corpos conservam um volume constante; quando ganham ou perdem calor diz-se que augmenta ou diminue a temperatura, e os corpos dilatam-se ou contraem-se. Assim, pois, dois corpos estão á mesma temperatura, quando, em presença um do outro e ao abrigo de quaesquer acções calorificas exteriores, não soffrem alteração alguma nos seus volumes.

Estando intimamente ligadas as variações do estado calorifico com as do volume, é claro que se podem apreciar as mudanças de temperatura pela dilatação. Os instrumentos empregados para esse fim denominam-se, em geral, *thermometros*.

226.—Representação das temperaturas.—Grau centigrado.—Para representar as temperaturas dos differentes corpos resta escolher uma unidade: com este fim adoptam-se duas temperaturas fixas, a do gelo fundente, designada por 0, e a do vapor d'agua n'uma pressão normal, indicada por 100; sujeita-se uma substancia convenientemente escolhida, o mercurio, o alcool, etc., a estas duas temperaturas, e divide-se por 100 a dilatação observada: o quociente obtido é, por convenção, a unidade de temperatura e denomina-se *grau centigrado*.

227.—Calor especifico.—Caloria.—Os differentes corpos não absorvem quantidades eguaes de calor para se aquecerem do mesmo numero de graus; por conseguinte o numero de graus da sua temperatura não indica só por si a quantidade de calor que possuem, é preciso para obter o valor d'esta quantidade multiplicar aquelle numero pela expressão do calor absorvido pelo corpo para se aquecer de um grau: esta expressão referida á unidade de peso do corpo denomina-se *calor especifico* ou *capacidade calorifica*.

Assim, *calor específico* de um corpo. é a quantidade de calor preciso para elevar de um grau a temperatura de um kilogramma d'esse corpo.

Para representar o calor específico toma-se para unidade o calor específico da agua, que se denomina *caloria*; esta é propriamente a *unidade de calor*.

228.—Theorias do calor.—Durante muito tempo explicaram-se os phenomenos calorificos por duas theorias muito differentes: a *theoria da emissão*, ou *theoria material*, e a *theoria das ondulações*, ou do movimento; esta ultima, convenientemente modificada, deu origem á *theoria mechanica* exclusivamente admittida hoje.

229.—Theorias da emissão e das ondulações.—Na *theoria da emissão*, a mais acreditada até ao principio d'este seculo, o calor é um fluido imponderavel, cujas particulas, denominadas *calorico*, se repellem mutuamente e repellem as moleculas dos corpos, sendo lançadas por elles em todos os sentidos com grandissima velocidade: estas particulas reflectem-se em parte na superficie dos corpos que encontram, e em parte penetram n'esses corpos combinando-se com as suas moleculas.

Na *theoria das ondulações* admite-se que o calor não é uma substancia, mas o resultado de um movimento vibratorio das moleculas dos corpos quentes, movimento que se transmite aos outros corpos por intermedio de um fluido imponderavel—o *ether*—no qual se propaga, como as ondas sonoras se propagam no ar.

Tendo-se abandonado a theoria da emissão para a luz, porque ha phenomenos luminosos que estão em completo desaccordo com ella, e são ao contrario consequencias immediatas da theoria das ondulações; e havendo tão intima ligação entre o calor e a luz, que até se attribuem á mesma causa estes dois agentes, forçoso foi abandonar tambem a theoria da emissão para o calor.

230.—Theoria mechanica.—A *theoria mechanica do calor*

suppõe que o calor é um movimento molecular, isto é, que as moléculas dos corpos executam movimentos muito rápidos os quaes representam a sua temperatura. No vacuo absoluto esta temperatura seria invariavel; porém como se admite a existencia de um *ether* elastico espalhado por toda a parte, as moléculas dos corpos communicam-lhe pelo choque parte do seu movimento, resfriando por conseguinte e promovendo a propagação do calor. Este calor não se perde; porque o movimento do ether é depois communicado aos corpos mais frios, que encontra, determinando o seu aquecimento, e outros phenomenos, como a reflexão, a refração, etc.

Todas as origens mechanicas do calor mostram uma transformação do trabalho em calor, e por conseguinte são outros tantos argumentos a favor da nova theoria; porém ha mais ainda, o calor pode transformar-se em trabalho, e em qualquer d'essas transformações nota-se uma relação constante, a que se dá o nome de *equivalente mechanico do calor*.

CAPITULO II

MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS.—THERMOMETROS

231.—Thermometros de mercurio e de alcool.—Quasi todos os corpos poderiam em rigor servir para a construcção dos thermometros; porém empregam-se de preferencia os liquidos, porque a sua dilatação, maior que a dos solidos e menor que a dos gazes, presta-se melhor ás observações das variações de temperatura; porque o estado molecular dos solidos é um pouco alterado pela acção do calor, e por-

que as variações de volume dos gases dependem ao mesmo tempo da temperatura e da pressão.

Os líquidos geralmente empregados são o mercúrio e o álcool; o 1.º porque se obtém puro com facilidade, dilata-se regularmente, é melhor conductor que os outros líquidos, e finalmente porque ferve a uma temperatura muito elevada, e por isso é próprio para medir as altas temperaturas; o 2.º porque não congela, e convém para medir as temperaturas muito baixas, que não podem apreciar-se com o mercúrio, que se solidifica a -39° .

Os termómetros, quer de mercúrio, quer de álcool, constam de um tubo de vidro fechado na parte superior, e ligado inferiormente a um reservatório cylindrico ou esphérico também de vidro: o líquido enche o reservatório e parte do tubo. Geralmente o instrumento está mettido n'um estojo de madeira no qual existem as escalas; porém se elle deve servir para avaliar a temperatura de banhos, a gradação é feita sobre o proprio tubo, ou então a parte inferior do estojo pode dobrar-se por uma charneira, deixando a descoberto o reservatório do thermómetro, para ser mergulhado.

232. — Construcção dos thermómetros de mercúrio. — Para construir um bom thermómetro de mercúrio é preciso primeiramente *purificar o líquido*, e depois *escolher o tubo*.

A purificação do mercúrio não se obtém por simples distillação; porque os outros metaes que o acompanham também emittem vapores, que seriam arrastados pelo seu vapor. O melhor meio de purificar o mercúrio consiste em tratá-lo pelo ácido nítrico.

O tubo deve ser capillar e bem calibrado, isto é, com o mesmo diametro em toda a extensão: reconhece-se se esta condição existe, assentando o tubo sobre uma regua graduada, introduzindo-lhe uma gota de mercúrio, e obrigando-a a percorrer todo o tubo: se o calibre é por toda a parte o mesmo, o mercúrio occupa sempre extensões eguaes

da escala; não acontecendo assim regeita-se o tubo e escolhe-se outro.

Escolhido o tubo, lava-se primeiramente com acido nitrico fumante, para queimar as materias organicas que contém, e depois com bastante agua, dessecando-o afinal com uma corrente de ar quente.

Feito isto, sopra-se n'um dos extremos o reservatorio cylindrico ou espherico, e no outro extremo uma ampolha, prolongada em tubo afilado.

Obtido o liquido bem puro, e o vaso thermometrico em boas condições, a construcção do thermometro consta das operações seguintes:

Introducção do mercurio.—Quebra-se a ponta do tubo, aquece-se ligeiramente a uma lampada d'alcool a ampolha, e mergulha-se o seu tubo n'um vaso contendo mercurio puro. O aquecimento faz sair por dilatação uma porção de ar; o resfriamento immediato determina, pelo predominio da pressão atmospherica, a entrada do mercurio para a ampolha. Tornando a aquecer o reservatorio, faz-se sair nova porção de ar; voltando o tubo e deixando-o resfriar n'esta posição, entra parte do mercurio para o reservatorio. Por fim aquece-se este mercurio até á ebullicão; os seus vapores expulsam o resto do ar e alguma humidade, e pelo resfriamento seguinte todo o reservatorio e o tubo se enchem.

Regular a columna.—Para fechar o tubo, sem ficar ar dentro, é preciso regular a columna: para esse fim aquece-se o reservatorio até fazer sair uma porção de mercurio tanto maior quanto mais altas são as temperaturas que o thermometro deve medir. Conservando dilataçdo o mercurio até encher completamente o tubo, funde-se á lampada a sua extremidade para o fechar, separando-lhe ao mesmo tempo a ampolha.

Determinação dos pontos fixos.—Marca-se o ponto fixo inferior, que é a temperatura do gelo fundente, introduzindo o thermometro n'um vaso cheio de gelo, e disposto de

modo que dê esgoto ao liquido proveniente da fusão, fig. 105: passado um quarto de hora, ou pouco mais, levanta-se o thermometro e marca-se o ponto onde o mercurio estacionou.

O ponto fixo superior é, como se sabe, a temperatura do vapor d'agua; determina-se na estufa representada na fig. 106, e que consta de um reservatorio *M* contendo a agua,



Fig. 105

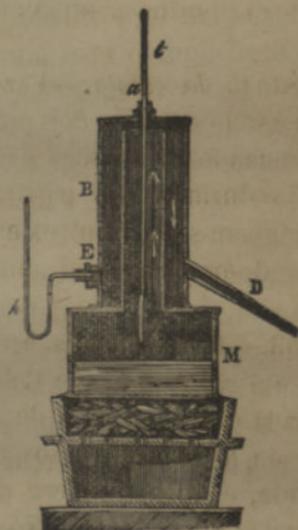


Fig. 106

e de dois tubos concentricos *A* e *B*, sendo mais alto o exterior *B* e fechado com uma tampa furada para deixar passar um thermometro *t* que se fixa n'uma rolha *a*. Aquecendo o aparelho, a agua ferve e os seus vapores sobem pelo tubo *A*, envolvem o thermometro, descem pelo espaço annular comprehendido entre os dois tubos, e saem afinal pela tuboladura *D*. No orificio *E* prende-se um pequeno manómetro, com o qual se mede a differença entre a pressão do vapor d'agua e a da atmosphera.

No ponto onde estaciona o mercurio marca-se 100, se a

pressão do vapor é 760^{mm} ; não sendo marca-se $100 \pm \frac{n}{27}$.

N'esta expressão n é a differença entre a pressão do vapor e 760^{mm} , e emprega-se o signal *mais* ou *menos* conforme aquella differença é positiva ou negativa. Isto funda-se em que uma differença de 27^{mm} acima ou abaixo de 760 eleva ou abaixa a temperatura da ebulição da agua de 1° ; e em que sendo sempre mui pequenas as differenças observadas, pode-se admittir proporcionalidade entre aquellas quantidades.

Feitura da escala.—Faz-se a escala centigrada dividindo o intervallo entre os dois pontos fixos em 100 partes eguaes; continuando as divisões para cima do ponto fixo superior, e reproduzindo-as a partir do zero para a parte inferior: distinguem-se dos outros estes graus *abaixo de zero* representando-os com o seu numero precedido do signal — (menos).

233.—Diversas escalas thermometricas.—A escala assim obtida é a *centrigada* (de Celsius): além d'ella são muito conhecida duas outras, a de *Reaumur* e a de *Fahrenheit*.

A de *Reaumur* tem os mesmos pontos fixos que a centigrada, e apenas differe d'ella, em que em lugar de 100 marca-se 80 no ponto fixo superior; dividindo-se por conseguinte o intervallo em 80 partes eguaes.

A escala de *Fahrenheit* tem o mesmo ponto fixo superior, no qual se marca 212; o ponto fixo inferior é a temperatura da mistura frigorifica composta de partes eguaes de sal ammoniaco e gelo; o intervallo divide-se em 212 partes eguaes e as divisões são prolongadas para cima e para baixo.

Reconhece-se que o zero das duas primeiras escalas corresponde a 32° da terceira; portanto 180 graus d'esta equivalem a 100 e a 80 d'aquellas. Representando por F , C e R quaesquer numeros equivalentes de graus das tres escalas, temos por conseguinte:

$$\frac{180}{F-32} = \frac{100}{C} = \frac{80}{R}$$

ou

$$\frac{F-32}{9} = \frac{C}{5} = \frac{R}{4}$$

Conclue-se d'estas relações que:

1.º Para converter um certo num. F de graus Fahrenheit em graus centigrados ou Reaumur, subtrae-se d'esse numero 32, e o resto multiplica-se por $\frac{5}{9}$ ou $\frac{4}{9}$.

2.º Para converter um certo num. C de graus centigrados em graus Fahrenheit, multiplica-se esse numero por $\frac{9}{5}$ e ao producto junta-se 32. Para converter graus centigrados em Reaumur, basta multiplicar o numero d'aquelles por $\frac{4}{5}$.

3.º Para converter um certo numero R de graus Reaumur em graus de Fahrenheit, multiplica-se esse numero por $\frac{9}{4}$ e ao producto junta-se 32. Para converter graus Reaumur em centigrados multiplica-se o seu numero por $\frac{5}{4}$.

Sempre que fallarmos de graus de temperatura sem indicação de escala, deve entender-se que são graus centigrados.

234.— Construcção dos thermometros de alcool.— Os tubos dos thermometros de alcool, ou de qualquer outro liquido, que não seja o mercurio, não são capillares, porque esse liquido dilata-se mais que o mercurio; em virtude d'esta circumstancia e da pequena densidade do liquido, a construcção do instrumento faz-se de outra maneira; a differença refere-se principalmente á introducção do liquido e á gradação.

A introdução do liquido consegue-se mui facilmente aquecendo o reservatorio e mergulhando o extremo da haste n'um banho de alcool córado de vermelho: deixando resfriar o instrumento entra uma porção de alcool, que se aquece até á ebullição para expulsar o ar. Introduzindo novamente o extremo do tubo no banho entra liquido sufficiente para encher o instrumento. Fecha-se á lampada, regulando a columna, e tendo o cuidado de deixar uma pequena porção de ar, o qual não só evita a divisão do liquido pela pressão exercida sobre elle, mas contraria a ebullição que tende a fazer-se nas temperaturas elevadas. Se ainda assim o ar divide a columna liquida, faz-se retomar o seu lugar ligando o thermometro pelo extremo da haste a um cordel, e dando-lhe movimento de rotação; ou adaptando-o a qualquer apparelho de força centrifuga.

A graduação d'estes thermometros, assim como a dos thermometros ordinarios de mercurio, é feita por comparação com um thermometro padrão, introduzindo ambos n'um banho, cuja temperatura se faz variar, e marcando no thermometro os numeros lidos no padrão.

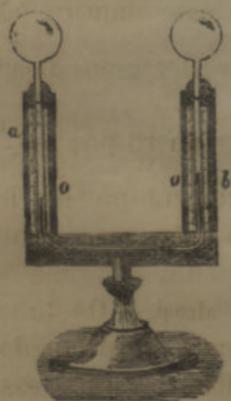


Fig. 107

egual a massa d'ar, de ambos os lados do liquido, aquecendo cada uma das extremidades alternadamente: então o nivel do liquido é

235.—*Thermometros differenciaes.*—Os *thermometros differenciaes* servem para indicar a differença das temperaturas de dois logares proximos.

O *thermometro differencial de Leslie*, fig. 107, consta de um tubo estreito duas vezes recurvado em angulo recto, terminado por duas espheras de eguaes capacidades: o tubo tem uma porção de acido sulfurico córado, *ab*, que sóbe nos ramos verticaes; o resto do tubo e as espheras estão cheias d'ar. Distribue-se por igual a massa d'ar, de ambos os lados do liquido, aquecendo cada uma das extremidades alternadamente: então o nivel do liquido é o mesmo em ambos os ramos, e marca-

se zero. Estabelece-se uma differença de temperatura de 10° nas duas esferas; marca-se 10 nos niveis do liquido nos dois tubos; divide-se em 10 partes eguaes cada um dos intervallos entre estes pontos e os zeros e continuam-se as divisões para baixo e para cima em ambos os ramos verticaes.

O *thermometro de Rumford*, fig. 108, differe do antecedente em ter mais extensa a parte horizontal do tubo, em ter esferas muito maiores, e a columna liquida substituida por um simples cursor interno com o comprimento de dois centimetros pouco mais ou menos. Quando as duas esferas estão na mesma temperatura e a linha média do indicador está no meio do tubo horizontal, marca-se zero em

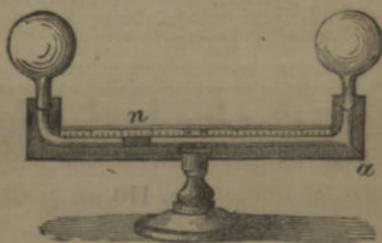


Fig. 108

cada um dos extremos, e depois faz-se a graduação por um processo semelhante ao descripto para o thermometro de Leslie.

236.—*Thermometros de maxima e minima de Rutherford.*—Para indicar as temperaturas extremas do ar, n'um certo intervallo de tempo, empregam-se frequentemente os *thermometro de maxima e minima*. Os do systema Rutherford são thermometros ordinarios dispostos horizontalmente: o de maxima, fig. 109, é de mercurio com um index d'aço, o qual é impellido quando a temperatura sobe, e abandonado quando desce: o de minima, fig. 110, é de alcool com index de esmalte, arrastado pelo liquido quando a tempera-

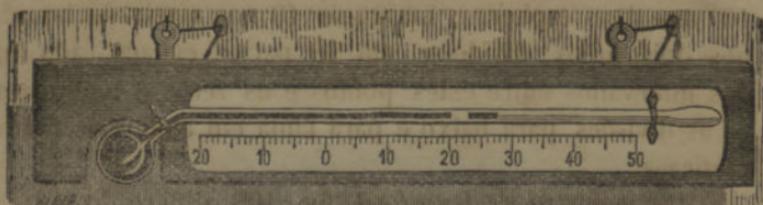


Fig. 109

tura baixa, e conservado estacionario quando sobe; porque o alcool passa entre a parede do tubo e a superficie do cilindro de esmalte.

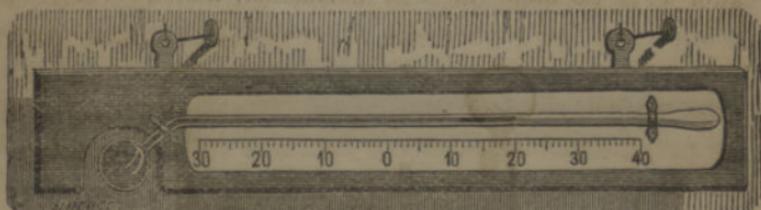


Fig. 110

No thermometro de maxima lêem-se os graus correspondentes á extremidade do index mais proxima do reservatorio; no de minima leem-se os graus correspondentes á extremidade mais distante.

237.—Pyrometros.—Pyrometro de Wedgwood.—O thermometro de mercurio, commummente empregado, não pode servir para temperaturas muito elevadas, como a dos fornos, das forjas, etc.; não só porque o liquido se volatilisaria, mas porque o vidro se fundiria: empregam-se então os *pyrometros*.

Estes instrumentos podem ser formados de reguas metallicas; podem fundar-se na contracção da argilla pela acção do fogo; ou, melhor ainda, ser simplesmente thermometros de ar, ou de um vapor, como o de iode, tendo o reservatorio de platina ou de porcelana.

O pyrometro de Wedgwood é fundado na contracção uniforme e permanente que a argilla bem secca experimenta, quando submettida á acção do fogo. Consta, fig. 111, de



Fig. 111

uma chapa de latão sobre a qual estão fixas tres reguas do mesmo metal um pouco inclinadas entre si, de modo que o intervallo entre a terceira e a média é o prolongamento do intervallo que fica entre esta e a primeira. As duas reguas extremas estão graduadas em 240 partes, que são graus do pyrometro: uns pequenos cones de argilla G, depois de bem seccos n'uma estufa, ajustam-se no zero.

Avalia-se uma temperatura elevada communicando-a a um dos cones de argilla, que se introduz entre as reguas, depois de frio, e lendo o numero de graus indicado pela sua base menor. Admitte-se que o zero do pyrometro corresponde a 580 graus centigrados e cada grau a 72: por conseguinte se a argilla indica 12°, a temperatura do forno, expressa em graus centigrados, é de $12 \times 72^\circ + 580^\circ = 1444^\circ$.

CAPITULO III

DILATAÇÃO

I.—Dilatação dos solidos

238.—Dilatação linear e dilatação cubica: *coeficientes de dilatação*.—Como os solidos tem fôrma propria, a sua dilatação pode apreciar-se em uma, duas ou tres dimensões, isto é, em comprimento, superficie ou volume.

Damos o nome de *coeficiente de dilatação* ao augmento que experimenta a unidade de extensão com o accrescimento de unidade de temperatura (um grau centigrado). Consideram-se, por tanto, nos solidos o *coeficiente de dilatação linear*, o *coeficiente de dilatação superficial* e o *coeficiente de dilatação cubica*; porém só o primeiro e o terceiro, que é proximamente tres vezes maior, servem nas applicações.

Costuma-se demonstrar a *dilatação linear* dos solidos com o aparelho da fig. 112, conhecido pelo nome de *pyrometro*

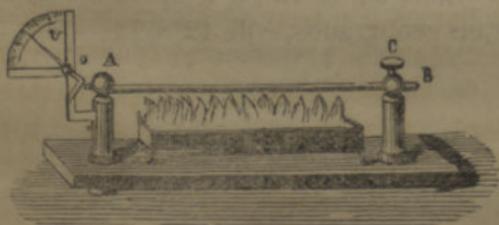


Fig. 112

de mostrador: consta de uma haste metallica AB fixa por um dos extremos a uma columna vertical e apoiada em outra columna atravessando-a livremente; o outro extremo en-

costa ao lado menor de uma alavanca angular, movel em torno do eixo *O* sobre um quadrante graduado. Dispondo a haste de modo que o braço maior d'esta alavanca esteja horizontal e marque o zero da escala, deitando alcool n'uma tina que fica inferior á haste e inflammando-o, vê-se subir o extremo do ponteiro, o que prova o alongamento da haste, isto é, a sua *dilatação linear*.

A *dilatação cubica* dos solidos demonstra-se com o *annel de S'Gravesande*: é um anel metallico, fig. 113, no qual passa uma esphera tambem metallica, quando está fria; porém aquecendo-a com uma lampada de alcool, não pode passar; o que prova que augmentou o volume: deixando-o resfriar, contrae-se, e torna a passar pelo mesmo anel.



Fig. 113

II.—Dilatação dos liquidos e dos gazes

239.—Dilatação absoluta e apparente dos fluidos.—Os solidos dilatam-se menos que os liquidos, e estes menos que os gazes. Como os fluidos não teem fórmula propria só se considera a sua dilatação cubica; e como não podem empregar-se senão dentro de vasos, a dilatação, que se mede, é *apparente*: para ter a verdadeira dilatação, que se chama *absoluta*, é preciso juntar á dilatação apparente a dilatação cubica do vaso.

Costuma-se demonstrar a dilatação de um liquido introduzindo-o em um vaso de vidro composto de uma esphera soldada a um tubo recto: mergulhando este vaso em agua quente, ou aproximando-o da chamma do alcool, vê-se subir o liquido dentro do tubo.

Com este mesmo aparelho se demonstra a dilatação do ar, ou de outro gaz, que se introduz n'elle e se isola da atmosphera por uma pequena columna liquida: basta apertar a esfera com as mãos para se ver caminhar rapidamente esta columna liquida para o extremo do tubo.

240.—Maximo de densidade da agua.—É notavel que alguns liquidos, e particularmente a agua, apresentam um maximo de densidade em determinada temperatura, dilatando-se por conseguinte quando essa temperatura augmenta e quando diminue.



Fig. 114

A agua contrae-se com o augmento de temperatura até 4° , e só depois d'esta temperatura é que começa a dilatar-se: é portanto de 4° a temperatura do seu maximo de densidade. Demonstra-se isto com o aparelho da fig. 114: é um vaso cylindrico de vidro com dois thermometros t e t' dispostos horizontalmente, um na parte superior e outro na inferior, estando entre elles um vaso annular C , geralmente de latão. Deitando gelo n'este vaso, e enchendo d'agua o vaso cylindrico de vidro, reconhece-se que o thermometro inferior chega a 4° e não baixa mais, em quanto que o superior baixa a 0° .

Esta circumstancia explica o facto observado em muitos lagos da Suissa de estar a agua no fundo a 4° , quando na superficie está n'uma temperatura diferente: é porque n'aquella temperatura a agua tem mais peso que em qualquer outra, sendo egual o volume.



III.— Aplicações e importancia pratica dos coefficientes de dilatação

241.— Aplicações mechanicas da dilatação dos solidos.— Um corpo quando se contrae pelo resfriamento desenvolve um esforço consideravel, que se aproveita em muitas circunstancias.

As pedras do zimbório da igreja de S. Pedro em Roma, que se afastavam ameaçando ruina, foram unidas com circulos de ferro em braza, que se contraíram depois, desenvolvendo uma pressão enorme.

As paredes de uma galeria do conservatorio de artes e officios, em Paris, estavam inclinadas, e aprumaram-se com barras de ferro que atravessaram as paredes de um a outro lado da galeria, e que foram apertadas a quente com porcas; pelo resfriamento das barras as paredes foram obrigadas a aproximar-se na parte superior, diminuindo assim a sua inclinação; e esta operação repetida produziu o resultado que se desejava.

Para guarnecer as rodas das carruagens colloca-se e ajusta-se sobre cada uma das caimbas um circulo de ferro em braza, o qual se contrae pelo resfriamento e aperta as rodas. Quando é preciso tirar os chaços basta aquecer os circulos de ferro, cujo contorno augmenta pela dilatação.

242.— Precauções com a dilatação dos solidos.— Os exemplos do numero antecedente demonstram as vantagens, que resultam de se aproveitar a pressão desenvolvida na dilatação ou contração; em muitos casos, porém, ella é prejudicial, e deve dispor-se tudo para evitar os seus effeitos.

Assim, por exemplo, as folhas metallicas que se empregam na cobertura de alguns edificios, devem ser sobrepostas como as telhas, para que seja livre a sua dilatação. As barras, que formam os rails das vias ferreas, devem ficar

com uma pequena distancia uma das outras, para que possam dilatar-se. As caldeiras collocadas nos fornos exigem uma certa *folga*, como vulgarmente se diz. Os tubos de canalisação devem ser *compensados*, isto é, dispostos de maneira que em certas distancias um possa entrar no immediato através de um bocim destinado a evitar a saida do liquido,

É pelo effeito da ditatação que certos corpos, como os objectos de vidro ordinario, se partem, quando fortemente aquecidos; porque não se ditatando egualmente em todos os pontos e em todos os sentidos, afastam-se umas partes das outras, isto é, fendem-se. Pela mesma razão estes corpos se fracturam quando soffrem um resfriamento subito.

De todas as applicações dos coëfficientes de dilatação a mais importante é a que se faz aos pendulos compensadores.

243.—Compensação dos pendulos.—Dependendo a duração da oscillação de um pendulo do seu comprimento (98), o qual varia com a temperatura, é claro que as mudanças d'esta produzem irregularidades no movimento do pendulo, que são muito inconvenientes quando elle se applica aos relógios.

É por esse motivo que os relógios se atrazam no verão e se adiantam no inverno. As dilatações são, n'este caso, um mal, porém com o mesmo mal se obtem o remedio; não é possivel evital-as, mas dispõem-se as coisas de modo que sejam compensadas.

O *pendulo compensador* mais geralmente empregado é o de Harrisson, denominado de *grelha*, ou de *varas compensadoras*. Consta de um certo numero de quadros rectangulares, formados de varas, alternadamente de ferro e de latão, sendo as de ferro ligadas superiormente a travessas e as de latão ligadas inferiormente. A suspensão faz-se pela parte média da primeira travessa; e da ultima, collocada tambem superiormente, parte uma vara de ferro que está

ligada á lente. D'esta fórma as hastes de ferro dilatam-se para baixo e fazem descer a lente, e as de latão alongam-se para cima e fazem-na subir. Graduando os seus comprimentos em relação com os coefficients de dilatação do ferro e do latão, consegue-se que o centro de gravidade do systema esteja sempre na mesma altura: assim fica quasi resolvido o problema; o resto obtem-se por tentativas movendo um parafuso, que faz subir ou descer a lente.

244.—Aplicações da dilatação dos liquidos e dos gazes.—O uso mais importante que se faz dos coefficients de dilatação dos liquidos é o da *correção barometrica* (171).

Como applicações notaveis da dilatação dos gazes mencionaremos a *tiragem das chaminés* e os *caloriferos de ar quente*.

Sabe-se que para alimentar uma combustão, isto é, para chamar sobre o foco o ar distante, se emprega um tubo por onde são conduzidos os productos da combustão. O ar d'este tubo aquecendo, dilata-se, diminue de densidade, e eleva-se arrastando comsigo o fumo e os productos da combustão. Assim é aspirado o ar da casa. A chaminé é por tanto um excellente ventillador.

Denominam-se *caloriferos* os apparatus destinados a transportar o calor ás diferentes casas de um edificio. Os *caloriferos de ar quente* são uma outra applicação da força ascencional do ar dilatado. Constan principalmente de um foco de calor estabelecido n'um pavimento terreo ou subterraneo e de tubos, distribuidos pelos diferentes andares, terminados em aberturas denominadas *boccas de calor*.

CAPITULO IV

MUDANÇA DE ESTADO DOS CORPOS

I.—Da fusão

245.—Fusão.—Substancias fusiveis e refractarias.—Dá-se o nome de *fusão* ao phenomeno da mudança de estado de um corpo de solido a liquido pela acção do calor.

Antigamente classificavam-se as substancias em *fusiveis* e *refractarias* ou *fixas* ; por ser muito grande o numero d'aquellas que não era possivel fundir. Este numero está hoje muito reduzido, e tudo nos conduz a acreditar que é a insufficiencia dos meios empregados o unico motivo das excepções á regra geral; podemos portanto admittir que a mudança de estado de solido a liquido pela acção do calor é um phenomeno geral.

Note-se que alguns corpos se decompõem pela acção do calor, antes de se fundirem, como o carbonato de calcio, a cellulosa, etc.; porém aquelles carbonatos experimentam a fusão ordinaria quando se aquecem em vasos fechados. A decomposição faz-se ao principio, mas os gazes desenvolvidos obstem pela sua pressão á continuação d'ella.

246.—Leis da fusão.—Na fusão observam-se as duas leis seguintes:

1.^a *A temperatura da fusão é sempre a mesma para cada substancia, sendo constante a pressão exercida sobre ella: esta temperatura denomina-se o ponto de fusão da substancia e constitue um dos seus caracteres phisicos.*

2.^a A temperatura conserva-se fixa desde que a fusão principia até que termina, qualquer que seja a intensidade do fôco calorífico.

Temperaturas de fusão de alguns corpos mais conhecidos

Mercurio.....	— 39	Chumbo.....	326
Gelo.....	0	Zinco.....	360
Sebo.....	33	Bronze.....	900
Espermacete.....	49	Prata.....	1000
Estearina.....	55	Ouro.....	1250
Cera branca.....	68	Aço.....	1400
Acido estearico.....	70	Ferro macio.....	1500
Liga Darcet.....	94	Platina.....	2000
Enxofre.....	111	Iridio.....	2500
Estanho.....	228		

247.—Calor de fusão.—Trabalho thermico da fusão.—A antiga theoria do calor não podia explicar a segunda lei da fusão, que nos mostra a desappareição do calor, deixando de ser sensivel aos thermometros e aos nossos órgãos; limitava-se pois a apontar o facto e dar-lhe um nome: dizia que o calor se dissimulava e tornava *latente*.

A theoria mechanica do calor, pelo contrario, dá completa explicação do phenomeno. A fusão exige um trabalho, não só para vencer a cohesão e fazer a desaggregação das moleculas, mas para as afastar ou aproximar; porque, como veremos (252), o corpo depois de fundido não fica com o volume que tinha em quanto era solido. Este trabalho é effectuado pelo calor que n'elle se transforma.

À quantidade de calor que se transforma em trabalho para produzir a fusão, dá-se o nome de *calor de fusão*: mede-se pelo numero de *calorias* que um kilogramma de um corpo absorve para passar de solido a liquido sem mudar de temperatura.

Costuma citar-se a experiencia seguinte, para dar idéa do calor de fusão: misturando um kilogramma d'agua a 79° com um egual peso de agua a zero, obteem-se 2^k d'agua a 39°,5, como devia esperar-se; porém empregando em lugar de agua a zero, um kilogramma de gelo n'esta temperatura, obteem-se 2^k de agua a zero: assim o calor que a agua absorve para passar de zero a 79° é o preciso para fundir um kilogramma de gelo sem lhe mudar a temperatura. O calor de fusão da agua é por conseguinte 79 calorias.

248.—Fusão vitrea.—As leis da fusão são estabelecidas suppondo que os corpos passam rapidamente do estado solido ao estado liquido; ha porém corpos que antes d'isso passam por differentes graus de amollecimento, e cujo ponto de fusão não pode, por conseguinte, ser marcado exactamente. Estão n'este caso os vidros, o acido phosphorico, os silex, as resinas, certas ligas, etc.

Esta fusão denomina-se *fusão vitrea*; porque o vidro apresenta-a em alto grau: n'esta propriedade se fundam os processos empregados para o soprar e trabalhar.

249.—Dissolução.—A acção dos liquidos sobre os solidos dispensa, às vezes, a acção do calor; e fal-os passar ao estado liquido espalhando-os na sua massa: a este phenomeno dá-se o nome de *dissolução*.

N'esta mudança de estado não ha temperatura fixa, isto é, a dissolução pode fazer-se em differentes temperaturas; porém ha, como na fusão, uma absorpção de calor que então se traduz em resfriamento do liquido.

Às vezes antes da dissolução produz-se a combinação do solidó com o liquido, e é o composto que afinal se dissolve: como em todas as combinações chemicas ha aquecimento, se este predomina sobre o resfriamento devido á dissolução pode, como resultado do phenomeno, o liquido aquecer. Isto depende das proporções em que se mistura o solidó com o liquido.

250.—Misturas frigorificas.—Misturando os solidos e os

liquidos em taes proporções que da dissolução resulte resfriamento, obteem-se as *misturas frigorificas*, com as quaes são produzidas artificialmente baixas temperaturas.

A mistura mais geralmente usada para fazer *sorvetes*, isto é, para congelar facilmente xaropes, é a do gelo em fragmentos com o sal das cozinhas; uma parte d'este com duas d'aquelle produz um resfriamento de 20 graus.

Hoje emprega-se nas *sorveteiras de familia* a mistura de 8 partes de sulfato de sodio e 5 de acido chlorhydrico.

Para evitar o perigoso emprego dos acidos é melhor recorrer á mistura de partes eguaes de agua e de nitrato de ammoniaco.

II.—Da solidificação

251.—Solidificação: suas leis.—Entende-se por *solidificação* ou *congelação* o phenomeno da passagem de um corpo do estado liquido para o estado solido, pela acção de um resfriamento mais ou menos intenso.

Podemos dizer, como para a fusão, que se ha liquidos que ainda não foi possivel solidificar, é porque não se dispõe por em quanto de meios capazes de produzir resfriamentos bastante intensos.

O phenomeno da solidificação é regido pelas seguintes leis analogas ás da fusão:

1.^a Cada substancia começa a solidificar-se a uma temperatura fixa, que é a do seu ponto de fusão;

2.^a A temperatura da solidificação conserva-se constante durante todo o tempo que dura a mudança de estado.

D'esta segunda lei concluia-se, na antiga theoria, que os corpos quando se solidificavam abandonavam o calor tornado latente pela fusão, isto é, o calor que elles absorviam para se constituir no estado liquido. Na theoria moderna este calor considera-se proveniente da transformação

do trabalho interior que leva as moleculas á posição que lhes compete no estado solido.

252.—Variação do volume pela solidificação.—Quasi todos os corpos diminuem de volume quando se solidificam; fazem excepção a agua, o antimonio, o bismutho, o ferro fundido e a prata.

É por este motivo que o gelo fluctua sempre nas aguas dos rios, dos lagos, etc., por isso que a sua densidade diminue pelo augmento de volume.

É por egual razão que os vasos cheios d'agua, as rochas e arvores onde ella se infiltra, rebentam quando o liquido gela.

A propriedade que tem o ferro fundido de augmentar de volume pela solidificação torna-o excellente para todas as operações de moldagem; porque pela expansão insinua-se perfeitamente em todas as depressões do molde.

253.—Crystallisação.—Os liquidos, solidificando-se lentamente e sem perturbação, constituem pequenos corpos de fórmulas geometricas, limitados por faces planas e arestas rectilíneas, denominados *crystaes*.

A producção dos *crystaes* diz-se *crystallisação*.

A *crystallisação* faz-se pela *via secca*, reduzindo os corpos ao estado liquido sob a acção do calor, e deixando-os depois resfriar lentamente; ou pela *via humida*, dissolvendo-os n'um liquido frio ou quente, o qual se deixa depois resfriar ou se faz volatilisar.

254.—Solidificação subita.—Quando se deixa solidificar livremente um liquido, reconhece-se sempre que as suas moleculas se dispoem muito regularmente, constituindo *crystaes* espalhados em toda a massa. Demonstra-se isto surprehendendo a solidificação interior de uma massa de enxofre, de bismutho, etc.; ou partindo o corpo depois de fundido; porque se reconhece a fractura perfeitamente *crystalina*, senão bem apparente, ao menos visivel com o microscopio.

Em todos os solidos, que não são de origem organica, reconhece-se que a sua estrutura regular é completamente cristalina.

Se fizermos solidificar repentinamente um liquido, as moleculas não tem tempo de se dispor em *crystaes*; ficam, pelo resfriamento subito, surprehendidas n'outras posições, n'um equilibrio instavel. O solido ficará, em geral, mais fragil, mais duro e menos denso. É que se faz ao aço e ao vidro na operação denominada *tempera*: e é o contrario do que acontece ao bronze.

Se fundirmos o vidro e o lançarmos em gotas na agua cada uma d'ellas constitue um solido bastante resistente, conhecido pelo nome de *lagrima batavica*; porém se pozermos a descoberto a massa interna, elle reduz-se immediatamente a pó. Isto explica-se pela solidificação subita da camada externa, a qual fica obrigada n'uma posição instavel e com um volume maior do que naturalmente deve ter.

A operação do *recosimento* tem por fim destruir o effeito da *tempera*.

III.—Da vaporação

255.—Vaporação.—Vapores.—Denomina-se *vaporação* o phenomeno da passagem do estado liquido ao estado gazoso.

O gaz que se obtem recebe particularmente o nome de *vapor*.

Chamam-se *volateis* os liquidos que tem a propriedade de se reduzir a vapores, e *fixos* os que não dão vapores em nenhuma temperatura: estão n'este ultimo caso os oleos gordos, como o azeite, que muito aquecidos decompõem-se; e no primeiro caso os oleos essenciaes, a agua, o alcool, o ether, etc.

Ha corpos solidos que emittem vapores á temperatura ordinaria, como são a camphora e, em geral, as substancias

aromaticas; outros sendo aquecidos passam immediatamente do estado solido ao estado de vapor, como o arsenico, o iode, etc.; estes ultimos só com difficuldade se obteem no estado liquido.

Os vapores são transparentes como os gazes, e geralmente incolores: ha poucos liquidos corados, que forneçam vapores tambem corados.

256.—Força elastica dos vapores.—Os vapores teem, como os gazes uma força elastica que os faz adquirir maior volume, quando cedem as paredes do vaso onde estão encerrados, ou que, no caso contrario, se traduz por uma pressão n'essas paredes.

Demonstra-se a *tensão* dos vapores com um tubo de vidro dobrado em siphão, fig. 115, tendo o ramo menor fechado e o maior aberto: no tubo introduz-se mercurio até meia altura do ramo aberto, e faz-se passar para o ramo fechado uma gotta de um liquido volatil, ether, por exemplo. Mergulhando o tubo n'um banho d'agua quente, o

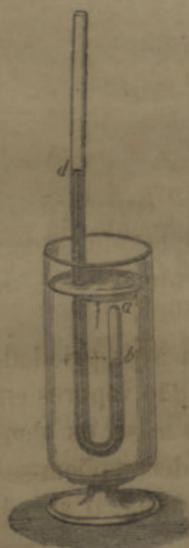


Fig. 115

mercurio desce de *a* até *b* no ramo menor e sobe até *d* no outro; o espaço *ab* fica cheio de um gaz, que é o vapor d'ether, cuja tensão equilibra o peso da columna de mercurio *dc* augmentada da pressão atmospherica exercida em *d*. Quanto maior é a temperatura do banho, maior é a differença de nivel *dc*, o que prova que a tensão do vapor cresce com a sua temperatura.

Deixando resfriar o banho ou retirando d'elle o tubo, desaparece o vapor que enche o espaço *ab*, reaparecendo a gota do ether.

257.—Formação dos vapores.—Vamos estudar a formação dos vapores nas tres circumstancias seguintes:

1.^a Instantaneamente no vacuo;

2.º Lentamente em qualquer temperatura nos gases—é a *evaporação*;

3.º Muito rapidamente dos mesmós gases a uma temperatura fixa, sob a fórma de bolhas que rebentam á superficie dos liquidos—é a *ebullicão*.

258.—Formação dos vapores no vacuo.—A vaporação dos liquidos na experiencia do n.º 256, ou dos liquidos simplesmente expostos ao ar livre, faz-se lentamente; porque a ella obsta a pressão atmospherica. No vacuo não acontece a mesma coisa, porque os vapores não encontrando resistencia formam-se repentinamente.

Demonstra-se isto introduzindo n'um tubo barometrico uma gota de um liquido volatil, alcool, por exemplo, por meio de uma pipeta de ponta curva: o liquido atravessa o mercurio, porque é menos denso que elle, e chegando á camara barometrica desaparece rapidamente, fazendo deprimir bastante a columna de mercurio.

Podemos pois estabelecer as leis seguintes:

1.ª *A pressão retarda a vaporação;*

2.ª *No vacuo os vapores formam-se instantaneamente.*

259.—Espaços saturados e não saturados.—Tensão maxima.—Repetindo a experiencia do n.º antecedente, e introduzindo pouco a pouco no barometro mais gotas liquidas, nota-se que a columna continua a deprimir-se, o que prova a formação de novas quantidades de vapor, e o augmento da sua tensão; chega porém um momento em que o liquido apparece sobre o mercurio, isto é, em que termina a formação dos vapores: diz-se então que o *espaço está saturado*, ou que os *vapores estão á saturação*.

Repetindo a experiencia mencionada no principio d'este numero com o barometro de tina alongada, fig. 116, que serviu para demonstrar a lei de Mariotte, e augmentando ou diminuindo o espaço em que se contém o vapor, isto é, levantando ou abaixando o tubo, reconhece-se, emquanto não existe liquido sobre o mercurio, que o vapor segue,



Fig. 116

A tensão maxima de um vapor cresce com a temperatura, como se prova fazendo experiencias analogas a temperaturas diferentes.

Na mesma temperatura os vapores dos diversos liquidos não tem a mesma tensão maxima. Demonstra-se este principio com o feixe barometrico, isto é, com uns poucos de tubos barometricos mergulhados na mesma tina, reservando um para barometro e introduzindo nos outros diferentes liquidos, como agua, alcool, ether, etc.; reconhece-se então que as columnas de mercurio não descem á mesma altura, por conseguinte as tensões maximas dos diversos liquidos são deseguaes.

260.—Propriedade das paredes frias.—Para condensar o vapor contido em qualquer espaço, não é preciso resfriar todo

como os gazes, a lei de Mariotte, isto é, que os seus volumes estão na razão inversa das pressões. Fazendo mergulhar mais o tubo vê-se descer a columna de mercurio, em virtude do augmento de tensão do vapor; porém chega um momento em que fica estacionaria, e n'esta occasião apparece o liquido sobre o mercurio. Isto quer dizer que o vapor saturado tem uma tensão que não se pode exceder; por este motivo diz-se *maxima*.

Levantando o tubo, vê-se desaparecer pouco a pouco o liquido, e, enquanto não desaparece totalmente, a columna de mercurio conserva-se estacionaria.

Logo, os vapores comportam-se como os gazes quando não estão á saturação: n'estas condições não ha distincção entre uns e outros; portanto os gazes são vapores *não molhados*, isto é, não saturados.

esse espaço, basta abaixar a temperatura de uma parede. N'isto consiste a *propriedade das paredes frias*, de mui util applicação, e que é um caso particular do seguinte principio theorico: quando um liquido emite vapores n'um espaço, cujas diferentes partes não estão á mesma temperatura, distilla pouco a pouco da parte mais quente para a mais fria, onde se reúne completamente; e se esta está disposta de modo que o liquido ahi recebido não pode cair para a parte mais quente, a tensão final do vapor é a tensão maxima correspondente á sua temperatura, que é a da parte mais fria.

261.—Lei da mistura dos gazes e vapores.—Um liquido, encerrado n'um espaço fechado e que contém um gaz, tambem fornece vapores, que attingem uma tensão maxima, como no vacuo: o gaz diz-se então *saturado* do vapor; a differença unica consiste em que no vacuo esta saturação faz-se instantaneamente, e n'um gaz leva algum tempo.

O phenomeno da *mistura dos gazes e vapores* é regido pela lei seguinte descoberta por Dalton.

A força elastica do vapor, que satura um espaço cheio de gaz, é a mesma que no vacuo á mesma temperatura; por tanto a tensão da mistura de gazes e vapores é igual á somma das tensões dos vapores e gazes misturados.

262.—Evaporação.—A *evaporação* é, como já dissemos, a formação lenta de vapores na superficie de um liquido. Este phenomeno é geral: os liquidos expostos ao ar desaparecem, em geral, passado um certo tempo, porque se reduzem a vapores.

Neste phenomeno não se observa porém uma temperatura fixa, como nas outras mudanças de estado que até aqui temos considerado; parece porém que ha para cada substancia uma temperatura limite abaixo da qual ella deixa de fornecer vapores. Assim, o acido sulfurico deixa de dar vapores a 30°.

A continua evaporação á superficie dos mares, dos lagos,

dos rios e do solo, fornece os vapores que se condensam na atmosphera e produzem as nuvens, a chuva, a neve, etc.

263.—Causas que facilitam a evaporação.—São quatro as causas que influem na rapidez da evaporação: 1.º a temperatura; 2.º a quantidade de vapor do mesmo liquido já existente na atmosphera; 3.º a renovação d'esta atmosphera; 4.º a extensão da superficie de evaporação.

Quanto mais elevada é a temperatura mais rapida é a evaporação; porque maior é a tensão dos vapores, os quaes por conseguinte vencem mais facilmente a pressão atmosphérica.

Compreende-se facilmente a influencia da segunda causa advertindo que n'uma atmosphera saturada de vapor de um liquido a evaporação seria nulla, e que pelo contrario seria maxima se a atmosphera estivesse completamente purgada do vapor d'aquelle liquido. Entre estes dois limites a evaporação será tanto mais rapida quanto menos vapor do liquido existir já na atmosphera.

A renovação d'esta atmosphera tambem accelera a evaporação, porque substitue o ambiente saturado total ou parcialmente por outro purgado do vapor.

A influencia da quarta causa é evidente; porque na evaporação os vapores partem da superficie livre dos liquidos-

264.—Ebullicão.—Diz-se que um liquido *ferve*, ou *está em ebullicão*, quando se transforma em vapor, convertendo-se em grandes bolhas que se formam junto das paredes do vaso ou no interior da massa liquida, e rebentam á superficie.

Ordinariamente promove-se a ebullicão de um liquido aquecendo-o em um vaso aberto: então passam-se os phenomenos seguintes. Augmenta a evaporação em consequencia do augmento de temperatura; formam-se bolhas do vapor no interior do liquido, que se condensam antes de chegarem á parte superior, e finalmente, depois de um aquecimento conveniente, rebentam á superficie: é então que a *ebullição* começa.

A formação e a condensação successiva das bolhas de vapor produzem o ruído e a agitação consideravel que se observam na massa liquida, antes da ebullicão, e em quanto ella dura.

265.—*Leis da ebullicão.*—No phenomeno da ebullicão observam-se as tres leis seguintes:

1.^a *A temperatura da ebullicão é fixa para cada substancia, quando se opera á mesma pressão e em vasos da mesma natureza.*

Na pressão 760^{mm} essa temperatura denomina-se *ponto de ebullicão* da substancia.

Os metaes fundidos só se volatilizam em temperaturas muito elevadas; e se a maior parte d'elles não foi possivel ainda reduzir a vapor, é porque são insufficientes os meios de que se dispõe hoje para a producção de temperaturas muito altas.

2.^a *A temperatura do liquido conserva-se invariavel em quanto dura a ebullicão.* A maior ou menor intensidade do fóco de calor não faz senão tornar mais ou menos rapida a transformação do liquido em vapor. Esta transformação, que exige como se sabe um duplo trabalho mechanico, faz-se á custa da força viva molecular, na evaporação, e á custa do fóco de calor, na ebullicão. Assim, depois de o liquido attingir a temperatura da ebullicão, todo o calor que se fornece é convertido em trabalho; não se manifesta no thermometro, e diz-se *calor de vaporação*.

3.^a *A tensão dos vapores emitidos por um liquido em ebullicão é equal á pressão exterior.*

Pode-se dizer que esta lei, facilmente estabelecida pelo raciocinio e demonstrada experimentalmente por Dalton, é a verdadeira *lei da ebullicão*, e dá a definição physica do phenomeno. *Um liquido entra em ebullicão quando a tensão do seu vapor é equal á pressão exercida sobre a sua superficie.*

Temperatura de ebullição de alguns liquidos mais notaveis

Acido sulfuroso.....	—40°	Azeite.....	450°
Ether sulfurico.....	37°	Essencia de therebentina..	457°
Acool.....	78°	Oleo de linho.....	346°
Benzina.....	80°	Acido sulfurico concentrado	325°
Acido nitrico concentrado..	86°	Mercurio.....	360°
Agua.....	100°		

266.—Causas que fazem variar a temperatura da ebullição de um liquido.—Na temperatura da ebullição de um liquido influe principalmente a pressão, como se conclue da 3.^a lei citada no num. antecedente: fazendo variar a pressão pode-se fazer ferver um liquido em todas as temperaturas: isto mesmo será demonstrado por varias experiencias descriptas no numero seguinte.

A natureza dos vasos onde se aquecem os liquidos tambem influe na temperatura da sua ebullição; esta é mais elevada nos vasos de vidro do que nos de metal, e a differença depende da natureza do vidro e do estado da sua superficie: isto resulta da maior ou menor adherencia do liquido para as paredes do vaso, a qual é preciso vencer para que o vapor se forme. Esta adherencia é tão grande no acido sulfurico, que chega a ser perigoso fazel-o ferver pela maneira ordinaria nos vasos de vidro: facilita-se a separação das bolhas de vapor d'aquelle liquido collocando fios de platina no fundo do vaso; porém no fim de pouco tempo já elles não produzem effeito: o melhor é aquecer os vasos lateralmente e não no fundo.

A quantidade de gaz dissolvido n'ura liquido tambem influe na temperatura de ebullição: esta é tanto mais elevada

quanto menor é aquella quantidade. A agua privada de ar só ferve n'uma temperatura muito superior a 100°.

As substancias dissolvidas n'um liquido retardam ou acceleram a sua ebullicão, conforme essas substancias são menos ou mais volateis que o liquido.

Note-se porém, que a temperatura do vapor d'agua na pressão de 0^m,760 é sempre de 100°, quaesquer que sejam os vasos e as substancias dissolvidas. É por este motivo que não se mergulham os thermometros na agua a ferver, quando se quer marcar o ponto 100°, e unicamente se mergulham no vapor (303).

267.—Experiencias que demonstram a influencia da pressão na formação dos vapores.—Fervedouro de Franklin.—Marmita de Papin.—Mostra-se a ebullicão em fracas pressões fazendo ferver a agua em um matraz, para expellir todo o ar; rolando-o e volvendo-o para mergulhar o collo em agua fria, fig. 117. Passado algum tempo cessa a ebullicão, resfria a agua,



Fig. 117

a qual fica sujeita apenas á pressão do seu vapor; porque o ar saiu e não entra. Borrifando o matraz, faz-se condensar este vapor, allivia-se a pressão e a ebullicão renova-se, qualquér que seja a temperatura.

Nota-se um effeito analogo no *fervedouro de Franklin*,

fig. 118, que é um tubo delgado, duas vezes recurvado em



Fig. 118

angulo recto, cujos extremos estão ligados a duas esferas de vidro *b*, *b'*: dentro do apparatus ha só agua e vapor de agua. Basta apertar uma das esferas *b* com a mão para que o vapor, augmentando de tensão pelo calor, expulso o liquido para a outra esfera *b'*: este liquido encontrando ahí a pequena pressão do seu vapor na temperatura do ambiente, entra immediatamente em ebulição. Para preparar este apparatus recebe se a agua por uma das esferas *b'*, que está aberta; faz-se ferver o liquido na outra, e quando o vaso está cheio de vapores e o ar tem sido expulso, fecha-se a esfera *b'*.

Mostra-se a ebulição em pressões elevadas com a *marmita de Papin*¹, fig. 119. É um vaso cylindrico de latão *R*, de paredes muito espessas, fechada com uma tampa, fortemente apertada por um parafuso *vv*, na qual ha um orificio *o* tapado com uma alavanca de segurança *L*, cujo peso se pode regular á vontade até certo limite com a carga *P*. Logo que o vapor se fórma começa a exercer pressão, que augmenta progressivamente até equilibrar a que é exercida

¹ Este apparatus recebe tambem o nome de *digestor*; porque a força dissolvente da agua é muito augmentada pela temperatura, e cose rapidamente certos alimentos *amollecendo até os ossos*, como dizia Papin. D'este modo é dissolvida a gelatina.

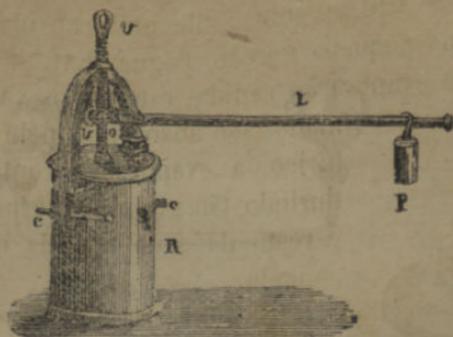


Fig. 119

pela alavanca; então começa a ebulição e o vapor levantando a valvula sae para a atmosphaera.

A temperatura do liquido é tanto mais elevada quanto maior é a pressão.

268.—Frio produzido pela evaporação.—Um liquido que se reduz a vapores desenvolve um trabalho mechanico bastante grande, empregado já em vencer a cohesão do liquido, já em produzir um consideravel augmento de volume: esse trabalho é feito á custa da força viva molecular, isto é, da temperatura do corpo, se não se lhe fornece calor; por isso todo o phenomeno de evaporação é acompanhado de um resfriamento.

D'este modo se explica o frio que se sente quando se deita na mão um pouco de ether, quando se sae de um banho, etc. No mesmo phenomeno se fundam os processos ordinarios de refrescar a agua no verão, deitando-a em vasos bastante porosos, como os *alcarazas*, e conservando a sua superficie humida para se tornar activa a evaporação.

269.—Congelação da agua no vacuo.—Experiencia de Leslie.—Deve-se a Leslie uma notavel experiencia, na qual se faz gelar a agua expondo-a a uma rapida evaporação. Obtem-se este resultado collocando debaixo do recipiente da ma-

china pneumática um vaso de vidro com acido sulfurico concentrado, fig. 120, e sobre elle uma capsula metallica A contendo uma pequena porção d'agua. Extraindo o ar, a agua entra em evaporação rapida, e como os vapores formados são absorvidos pelo acido sulfurico, a evaporação continúa, produzindo tão grande resfriamento que o resto da agua contida na capsula congela.



Fig. 120

270.—Congelador de Carré.—O sr. E. Carré construiu apparatus que reproduzem em boas condições a experiéncia de Leslie sobre a *congelação da agua no vacuo*, e que fornecem em poucos instantes uma grande porção de gelo. A fig. 121 representa um dos apparatus de pequeno modelo; consta essencialmente de uma excellente

experiéncia de Leslie sobre a *congelação da agua no vacuo*, e que fornecem em poucos instantes uma grande porção de gelo. A fig. 121 representa um dos apparatus de pequeno modelo; consta essencialmente de uma excelente

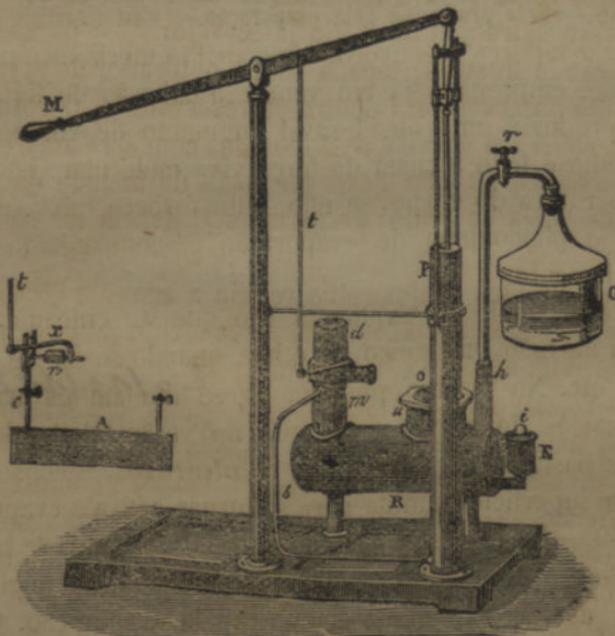


Fig. 121

bomba pneumática *P* e de um grande reservatório *R* para o ácido sulfúrico, em comunicação com aquella pelo tubo *b* e com as garrafas d'água *C* pelo tubo *h* e torneira *r*. A alavanca *M*, que transmite o movimento á haste do embolo, move, por intermedio da haste *t*, um agitador que renova constantemente a superficie do ácido: este agitador está representado á parte em *A*. A haste *t* articula-se com a alavanca *x*, ligada a um eixo horizontal, que atravessa uma pequena caixa de latão *u* fechada hermeticamente por dentro com discos de cortiça, e alojada n'uma tuboladura lateral da caixa *m*. D'este modo o movimento é transmittido á haste *e* e ao agitador *A*.

A caixa *m*, perfeitamente fechada com outra *d*, contém uns obstaculos que impedem a entrada do ácido sulfúrico em *m* e no tubo *b*. Na outra extremidade do reservatório ha uma especie de funil *F*, cujo fundo se fecha com a rolha *i*, e que serve para a introdução do ácido novo, bem como para a extracção do ácido já servido.

Uma grande fresta *u*, tapada com o obturador de crystal *O*, permite observar para dentro do reservatório. O obturador *O*, a rolha *i* e a caixa *d* são lutadas com cera amarella.

O reservatório *R* não deve ter mais de metade da sua capacidade cheia de ácido; as garrafas *C* devem ter só um terço com água.

Em tres minutos o aparelho resfria a água de 30° a 0°, e no minuto seguinte começa o apparecimento do gelo, precedido de uma ebullicão tumultuosa.

271.—Liquefacção dos vapores.—Para levar ao estado de saturaçãõ um vapor não molhado ha dois meios, a reduccão do seu volume ou da sua temperatura, isto é, a compressão ou o resfriamento: quando o vapor está saturado, a menor diminuicão do volume ou da temperatura fal-o passar ao estado liquido: assim a *liquefacção dos vapores* obtem-se empregando um ou ambos os meios seguintes—a compressão ou o resfriamento.

Durante a liquefacção o gaz restitue o calor de vaporação, isto é, o calor que se tinha transformado no trabalho necessario para a formação dos vapores. Esta circumstancia é muito util em varios casos, e principalmente no aquecimento de banhos, de logares habitados, de edificios publicos, de estufas, etc. Os aparelhos que se empregam n'este modo de aquecimento constam, em geral, de uma caldeira onde o vapor se produz e de um systema de tubos nos quaes elle circula e se condensa, cedendo, ao meio que os cerca, o calor de vaporação.

272.—Distillação.—Alambiques.—A *distillação* é a operação pela qual se reduzem os liquidos a vapores, por meio do calor, para os fazer condensar depois, pelo resfriamento, a fim de os purificar, separando-os de substancias fixas ou de liquidos menos volateis com que se achem misturados. A distillação faz-se em vasos apropriados conhecidos pelo nome de *alambiques*, os quaes constam de tres partes: a *caldeira*, o *capitel* e a *serpentina*. A caldeira é o espaço onde se deita o liquido e que recebe a acção directa do fogo; o capitel é a capacidade superior da caldeira para onde se dirige o vapor formado n'esta, e que communica com a serpentina; esta é um tubo enrolado em espiral, metido n'um vaso cheio d'agua fria, e aberto na parte externa d'este vaso para dar saida ao liquido, resultante da condensação do vapor.

A agua que cerca a serpentina deve ser constantemente renovada, porque aquece rapidamente á custa da calor que o vapor abandona quando se condensa: para esse fim uma corrente continua d'agua fria é dirigida para a parte inferior do vaso, emquanto que a agua quente sae pela parte superior.

É por este processo que se obtem a agua distillada, e se converte a bordo a agua salgada em agua doce.

273.—Estado espheroidal.—Em vasos muito quentes reconhece-se um phenomeno, que parece fazer excepção a todas

as leis geraes da ebullicão; é o da *calefacção dos liquidos*, que foi considerado pelo sr. Boutygný como fundamento de uma nova physica.

Projectando sobre uma lamina metallica candente algumas gotas d'agua, ellas não entram em ebullicão, arredondam-se formando globulos, que tão depressa estão em repouso como giram rapidamente sobre si mesmo, parecendo, em consequencia d'esse movimento, apresentarem a fórma estrellada.

Todas as substancias se comportam como a agua, qualquer que seja a sua volatibilidade; mas se ellas não ferrem, nem por isso deixam de se evaporar; porque os acidos sulfurico e azotico espalham fumos brancos e o iode vapores arroxeados; o alcool e o ether conservam-se envolvidos de chammás, e emfim porque o globulo diminue sensivelmente de volume até desapparecer.

Boutygný denominou *estado espheroidal* o das differentes substancias collocadas n'estas circumstancias. Para que elle se observe é preciso que a lamina metallica tenha uma certa temperatura, como se reconhece, deixando-a resfriar quando contém o liquido no estado espheroidal; porque, chegando a um certo resfriamento, o liquido entra repentinamente em ebullicão, e desapparece. A temperatura limite do vaso é tanto maior, quanto mais elevado é o ponto de ebullicão do liquido; é de 142° para a agua, de 134° para o alcool e de 61° para o ether.

O estado espheroidal é caracterizado pelas duas leis seguintes, faceis de demonstrar pela experiencia: 1.^a *A temperatura dos liquidos no estado espheroidal é inferior á do seu ponto de ebullicão*; 2.^a *os liquidos no estado espheroidal não tocam os vasos*.

Deitando n'uma capsula incandescente algumas gotas de acido sulfuroso, este corpo, que não se conserva liquido ao ar livre, porque ferve a — 10°, não entra em ebullicão, e por conseguinte está n'uma temperatura inferior áquella. Dei-

tando sobre o acido sulfuroso espheroidal algumas gotas d'agua, esta gela immediatamente, e assim se tira um pedaço de gelo de um vaso candente. Substituindo o acido sulfuroso peio acido carbonico solido, e deitando-lhe mercurio, obtem-se este corpo no estado solido, sendo o seu ponto de solidificação — 39°.

As leis do estado espheroidal explicam o phenomeno notavel de podermos introduzir em chumbo derretido a mão humedecida com agua, ou em um banho de prata fundida os dedos humedecidos com acido sulfuroso; é preciso porém que a immersão não dure mais do que o tempo necessario para a evaporação do liquido, que humedece a mão, e que esta não se introduza rapidamente, a fim de não haver contacto com o banho.

Pelo estado espheroidal se explica tambem a explosão das caldeiras, quando são grandes as incrustações calcareas: porque podendo fender-se a camada calcarea, o liquido projectado sobre a parede metallica muito aquecida não ferve, passa ao estado espheroidal, e mais tarde quando a caldeira esfriar, haverá ebullição instantanea e produção de grande massa de vapores, a qual pode produzir a ruptura da caldeira.

A seguinte experiencia de Boutygnny demonstra esta acção. Aquece-se até 300° ou 400° uma caldeira espherica de cobre, fig. 122, tendo uma tuboladura *t*, que se fecha com uma rolha de cortiça, e um pequeno orificio *O* que se tapa com uma valvula de alavanca *l*. Por aquelle orificio introduz-se com uma pipeta uma pequena porção d'agua, e fecha-se o orificio segurando com a mão na alavanca *l*.

Emquanto o vaso está aquecido, a agua conserva-se no estado espheroidal; deixando-o resfriar, quando a temperatura chega a 140° ha contacto do liquido com a parede, elle reduz-se quasi completamente a vapor, projectando com grande força a rolha: é claro que se esta não cede o vaso pode romper-se.



Fig. 122

IV.—Fabrico do gelo

274.—Fabrico industrial do gelo.—O *gelo* tão empregado hoje na medicina e cirurgia; na industria, em varios fabricos; e no uso domestico, no preparo de bebidas frescas, é *natural* ou *artificial*.

O *gelo natural* é o que se fórma durante o inverno nos paizes muito frios, e que se conserva em geleiras. Nós recebemos já hoje muito gelo natural da Noruega e da America do Norte.

O *gelo artificial* fabrica-se com misturas frigorificas ou com machinas de gelo: é d'elle que temos de nos occupar, por isso daremos uma breve noticia dos differentes processos de fabrico.

275.—Fabrico do gelo com as misturas frigorificas.—As misturas frigorificas exclusivamente empregadas no fabrico do

gelo são as dos ácidos e de saes: quasi sempre se recorre á mistura do sulfato de sodio e do ácido chlorhydrico, nas proporções de 9 para 5. A mistura deita-se n'um vaso de madeira, ou de metal, denominado *geleira*, envolvido por substancia má conductora, como pode ser um panno de lã: na mistura introduz-se uma caixa metallica cheia da agua que se quer congelar, e agita-se para facilitar a liquefacção da mistura e por conseguinte para accelerar o resfriamento.

No fim de poucos momentos obtem-se *gelo*, que sae por este processo a mais de 79 réis o kilogramma.

276.—*Machinas de gelo*.—As machinas de gelo fundam-se, umas no grande resfriamento produzido pela expansão dos gazes; outras na absorpção do calor pela evaporação dos liquidos: as primeiras são conhecidas pela denominação de *machinas de ar*, porque é o ar o gaz empregado; as segundas são de duas ordens, constituidas pelas machinas que reproduzem a celebre experiencia de Leslie, e pelas que aproveitam o frio devido á evaporação de liquidos especiaes.

1.^o *Machinas de ar*.—Estas machinas fundam-se no principio seguinte: comprimindo um gaz, elle aquece; resfriando-o em quanto está comprimido, e deixando-o depois expandir até readquirir a pressão primitiva, absorve a mesma quantidade de calor que tinha desenvolvido quando foi comprimido.

A machina consta pois, 1.^o de uma bomba que comprime o ar; 2.^o de um refrigerante que resfria o ar depois de comprimido; 3.^o de um congelador ou frigorifico, que é um reservatorio cercado da agua que se pretende congelar. Para este reservatorio deixa-se expandir o ar depois de resfriado; de sorte que o calor absorvido é roubado á agua que o cerca.

As machinas de ar são de rendimento inferior ás outras, e convém mais para fornecer ar frio do que gelo.

2.^o—*Machinas fundadas na experiencia de Leslie*.—N'es-

tas machinas o frio é produzido pela evaporação da propria agua, que se quer congelar. O congelador de Carré, já descripto, é um exemplo d'ellas. Na machina de Taylor e Martineau, usada em Inglaterra, faz-se o vacuo n'um grande recipiente, dirigindo para elle uma corrente de vapor de agua, para expulsar o ar, e resfriando depois as suas paredes com uma corrente de agua fria. Um segundo vaso, contendo a agua que se quer congelar, e em communicação com um reservatorio de acido sulfurico concentrado, pode communicar-se com aquelle recepiente, e assim se allivia a pressão sobre a agua, que entra em ebullição e congela.

3.^o—*Machinas fundadas no frio produzido pela evaporação de certos liquidos.*—Os liquidos especiaes, a cuja evaporação se tem recorrido para reproduzir o resfriamento, são o *ether sulfurico*, que ferve a 37°, na pressão ordinaria da atmosphaera; o *ether methilico*, (systema Tellier), que ferve a —31°, e ultimamente o acido sulfuroso liquifeito na pressão de 3 a 4 atmosphaeras, (systema Pictet), e que ferve a —40°: temos ainda o ammoniaco liquifeito pela compressão, e que originou um grupo de machinas,—as *machinas de Carré*—que se costumam considerar á parte.

As *machinas de ether* são as mais empregadas na industria: constam de tres partes, 1.^a o *congelador*, que é um vaso fechado contendo o ether que deve evaporar-se; 2.^a de uma bomba aspirante-prêmente; 3.^a de um condensador resfriado por uma corrente de agua fria.

A bomba, movida por machina de vapor, aspira o ar e os vapores do ether do congelador, e leva-os para o condensador. O ether evaporando-se rouba calor á agua salgada, que envolve o congelador, e na qual se mergulham os vasos contendo a agua que se quer congelar. O ether condensado no condensador volta ao congelador.

4.^o—*Machinas de Carré.*—Estas machinas, que pela sua importancia constituem um grupo especial, fundam-se como dissemos no frio produzido pela evaporação do ammoniaco

liquifeito por compressão. Ellas são *intermittentes* ou *continuas*: as primeiras são as unicas empregadas nos usos domesticos para fabricar sorvetes ou pequenas quantidades de gelo; as outras servem na industria.

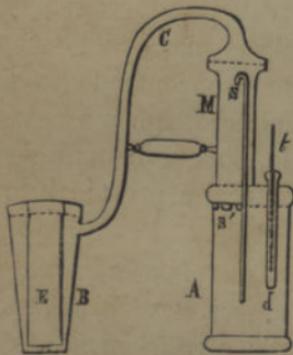


Fig. 123

O aparelho intermitente consta, fig. 123, da caldeira *A* em comunicação por um cylindro *M* e um tubo *C* com o congelador *B* de fôrma tronco-conica annular, deixando no interior um espaço *E*, onde se colloca um cylindro de folha de Flandres com agua ou o xarope que deve ser congelado. Um tubo *d* dirigido para o interior da caldeira, mas não estabelecendo comunicação d'ella para o exterior, recebe oleo, onde se mergulha um thermometro especial *t*, regulador da operação. Este thermometro tem uma flexa que indica 130 graus, e dois traços correspondentes a 140 e a 140 graus.

A grande tubuladura *M* superior á caldeira tem duas valvulas, uma *s'* que abre debaixo para cima, e outra *s*, na extremidade de uma especie de syphão, que abre de fôra para dentro d'elle, e portanto para o interior da caldeira.

Antes de se fechar o aparelho enche-se a caldeira até aos tres quartos de uma dissolução aquosa mui concentrada do gaz ammoniaco.

Para obter uma congelação fazem-se as seguintes operações:

1.^a Deita-se o aparelho de modo que o congelador e a caldeira fiquem horizontaes e o primeiro na parte superior; conserva-se assim durante 10 minutos, a fim de que passe para a caldeira alguma porção de liquido ou da dissolução que exista no congelador;

2.^a Colloca-se a caldeira sobre uma fornalha e o congelador n'uma tina com agua fria, cujo nivel fique a 3 centimetros acima d'elle;

3.^a Deita-se oleo no tubo *d*, introduz-se-lhe o thermometro *t* e aquece-se moderadamente a caldeira até que o thermometro indique 130 graus, se a temperatura da agua da tina não excede 12°: sendo aquella temperatura de 25° o aquecimento leva-se até 150°: porém este limite nunca deve exceder-se.

Durante esta operação, que dura quasi uma hora, o gaz ammoniaco separa-se da agua, levanta a valvula *s'* e espalha-se no congelador, onde se condensa pela acção da propria pressão e do resfriamento.

4.^a Tira-se a caldeira do fogo e mergulha-se na tina, de modo que fiquem dentro da agua só os tres quartos; deixa-se esgotar a agua que está no espaço *E*, rolha-se o orificio que elle tem, e introduz-se n'esse espaço o cylindro com agua ou o xarope: por fóra d'elle deita-se alcool, que não congela, mas conduz o calor do xarope para o congelador. Este cobre-se com um panno bem secco, que, sendo mau conductor, evita que o resfriamento se perca para o ar exterior.

D'este modo o ammoniaco abrindo a valvula *s* dissolve-se novamente na agua da caldeira, roubando porém, para se volatilizar, uma grande porção de calor á agua ou ao xarope contido no espaço *E*. No fim de quasi uma hora está a operação terminada.

Para destacar o gelo é preciso mergulhar o cylindro na agua da tina durante alguns instantes, para que se funda uma porção junto das paredes.

Nas machinas continuas, ao mesmo tempo que o gaz ammoniaco se separa da caldeira, se liquifaz e actua no congelador, sae d'este vaso para um *vaso de absorção*, contendo agua, onde se regenera por conseguinte a dissolução saturada: uma bomba leva esta dissolução para a caldeira.

CAPITULO V

MACHINAS DE VAPOR

277.—Denominam-se *machinas de vapor* as machinas cujo motor é a força elastica de um vapor, quasi sempre o da agua.

278.—Classificação das machinas de vapor.—As machinas de vapor classificam-se, em relação á natureza do serviço que prestam, da maneira seguinte: 1.º *machinas fixas*; 2.º *machinas de navegação* ou *maritimas*; 3.º *locomotivas*; 4.º *locomoveis*.

Trataremos especialmente das primeiras, porque conhecidas ellas, comprehende-se sem difficuldade a disposição das outras.

Em cada machina consideram-se principalmente duas partes: o *gerador do vapor*, que consta da caldeira e da fornalha; e o *systema motor*, composto essencialmente de um *cylindro*, para onde o vapor se dirige a fim de pôr em movimento um embolo, e das peças que transformam o movimento da haste do embolo em movimento de rotação continuo, que é o que se deseja quasi sempre.

A unidade adoptada para exprimir o trabalho das machinas de vapor é o *cavallo-vapor* (60).

279.—*Machinas fixas*.—As machinas de vapor *fixas*, como o seu nome indica, são as que se estabelecem em qualquer lugar para ahí prestarem o seu serviço. Dividem-se em *machinas de effeito simples* e de *effeito duplo*, conforme o vapor

actua só por um ou por ambos os lados do embolo. Hoje são quasi exclusivamente empregadas as de effeito duplo, das quaes vamos dar uma resumida noticia.

Estas machinas podem ser de *baixa* ou de *alta pressão*: nas primeiras o vapor tem tensão inferior a duas atmospheras; nas ultimas a tensão do vapor é igual ou superior a este limite.

280.—Machina de Watt.—Noticia dos seus orgãos fundamentaes.—O typo mais completo das machinas de vapor fixas é a *machina de Watt*, de que a fig. 124 representa um mo-

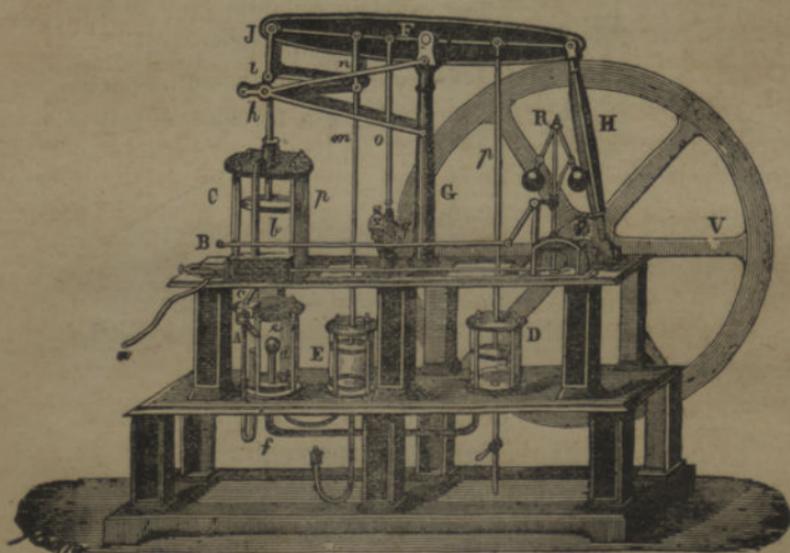


Fig. 124

delo, e cujos orgãos fundamentaes vamos descrever, com as disposições mais geralmente adoptadas hoje.

Distribuição do vapor. Gaveta.—O vapor vem da caldeira pelo tubo *a* e dirige-se para o cylindro *C*, alternativamente para a parte superior ou inferior do embolo, saindo o vapor, que está do lado opposto, para a atmosphera ou para um vaso com agua fria, denominado *condensador*, porque

ahi em virtude da propriedade das paredes frias se condensa quasi completamente, ficando o resto com a fraca tensãõ correspondente á temperatura da agua fria d'este vaso.

Esta *distribuição do vapor* é feita automaticamente pela machina, por intermedio de uma peça denominada a *gaveta*, cuja disposição é muito variavel. A mais simples é a seguinte, fig. 125: o vapor não entra immediatamente no cy-

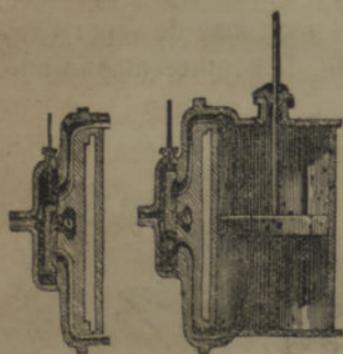


Fig. 125

lindro, mas n'uma caixa adjacente, denominado *caixa de distribuição*, na qual ha tres aberturas; uma em communição com a parte superior do cylindro, outra com a parte inferior e a terceira intermedia-ria com o espaço *o*, o qual communica com a atmosphaera ou com o condensador, se a machina o tem. É sobre estas aber-

turas que se move a *gaveta*, a qual é um prisma rectangular cavado na face adjacente áquellas aberturas, com dimensões sufficientes para tapar sempre duas d'ellas.

Suppondo que está destapada a abertura inferior, como se vê na parte direita da figura, o vapor entra por ella para a parte inferior do embolo, obriga este a subir, e o vapor que está na parte superior entra na *gaveta* pela abertura superior e dirige-se depois para a abertura *o*, d'onde passa para a atmosphaera, ou para o condensador. Ao mesmo tempo que o embolo sobe, a *gaveta* desce, de modo que no fim da carreira d'aquelle esta tem fechado o canal inferior, como se vê na parte esquerda da figura, e o vapor dirige-se então para cima do embolo, escapando-se o que está em baixo como se escapára antes o que estava em cima.

A propria machina regula a posição da *gaveta* e dá-lhe movimento, por meio de um excentrico e um systema de alavancas.

Não é preciso que o vapor nas machinas de alta pressão entre para o cylindro durante toda a carreira: basta entrar durante parte d'ella, actuando depois pela sua *expansão*; d'este modo poupa-se muito vapor, e portanto combustivel. As machinas em que se aproveita este principio dizem-se *machinas de expansão*.

Transmissão do movimento.—O embolo está ligado a uma haste *h*, que tem movimento rectilineo alternativo, ou de vae-vem: para transmittir este movimento a um eixo de rotação, podem empregar-se disposições muito diversas, que constituem outros tantos systemos de machinas fixas.

Nas machinas primitivas de Watt, fig. 124, o cylindro *C* é vertical, a sua haste *h* é ligada, por intermédio de um parallegrammo articulado *l j n*, a uma peça muito pesada *F* denominada o *balanceiro*, fixa na parte média e ligada no outro extremo a um tirante *H*, o qual por meio de uma manivella imprime movimento continuo de rotação ao eixo *g*.

Volante.—*Moderador de força centrifuga*.—Em todas as machinas fixas, vê-se uma grande roda *V* no eixo ou *arvore* da machina, cujo fim é não só regularisar o movimento, mas tambem pela sua velocidade adquirida tirar a machina dos dois *pontos mortos* ou *instantes criticos*, que se dão quando a manivella fica sobreposta ao tirante ou quando está no seu prolongamento: em qualquer d'estas posições o vapor não pode imprimir rotação á arvore da machina.

Nas machinas maritimas e nas locomotivas, em que não ha volante, empregam-se dois cylindros e dois systemas motores completos tendo as manivellas, em angulo recto, ligadas ao mesmo eixo.

O *moderador de força centrifuga* *R*, tambem denominado *pendulo conico*, regula a entrada do vapor na caixa de distribuição. Consta de um eixo vertical que recebe da machina movimento de rotação, na extremidade do qual estão articuladas duas barras que suspendem duas esferas

pesadas: estas barras estão ligadas por outras duas a um anel movel ao longo do eixo, e por meio de alavancas põe em movimento a valvula de introduccão do vapor. Se o movimento da machina se accelera as espheras, em virtude da força centrifuga, afastam-se do eixo, elevam o anel, e este fecha a valvula; se o movimento é vagaroso as espheras caem, o anel desce e a valvula abre-se.

Accessorios do condensador.—As machinas de condensação são quasi sempre de baixa pressão; porém exigem um grande numero de peças que se dispensam nas outras. Assim é indispensavel: 1.º uma bomba aspirante *E* que tire a agua do condensador á medida que ella aquece; esta bomba extrae tambem o ar que se precipita no vasio proveniente da condensação do vapor, e d'aqui lhe veiu o nome de *bomba de ar*; 2.º uma bomba aspirante-premente *D*, que aspire a agua fria de um poço ou de qualquer outro deposito e a introduza em jacto no condensador. Para aproveitar a agua quente do condensador emprega-se ainda uma terceira bomba *g*, que a dirige para a caldeira; denomina-se por este motivo *bomba alimentar*.

Se a machina tem balanceiro é esta peça que dá o movimento ás tres hastes *m*, *o*, *p*, das bombas; se o não tem move-as o eixo da propria machina por meio de disposições especiaes.

281.—*Das caldeiras.*—As caldeiras mais geralmente empregadas, e as unicas das machinas de alta pressão, teem a disposição indicada na fig. 126: são todas de ferro e com a fórma cylindrica, terminada por calotes esphericas. Inferiormente ao corpo principal da caldeira ha, quasi sempre, dois outros cylindros de menor diametro *E*, denominados *ebullidores*, communicando com aquelle por tubos verticaes, e completamente cheios de agua, emquanto que o corpo principal tem só metade ou quando muito dois terços da sua capacidade com este liquido. A chamma da fornalha *F* e os productos da combustão, envolvem os ebullidores:

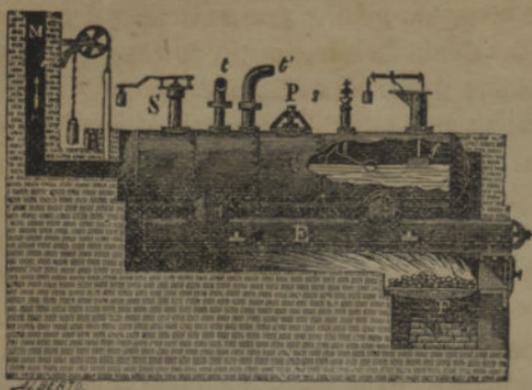


Fig. 126

uma chaminé muito alta *M* dá saída a estes productos e activa a tiragem.

A caldeira assim disposta é de *fornalha exterior*; hoje empregam-se muito as caldeiras de *fornalha interior*, sem ebullidores, porém atravessadas por um ou dois tubos, por onde se dirige a chamma e os productos da combustão.

As caldeiras tem um certo numero de accessorios indispensaveis, como são: *tubos* ou *fluctuadores*, que indicam o nivel da agua: *manometros*, indicadores da pressão; *valvulas de segurança*, que não deixam augmentar a tensão do vapor além d'um certo limite, dando saída ao mesmo vapor. Finalmente, nas caldeiras ha sempre uma disposição que tem por fim regular a sua alimentação, isto é, a entrada da agua.

CAPITULO VI

PROPAGAÇÃO DO CALOR

I.—Conductibilidade dos corpos para o calor

282.—A *conductibilidade calorifica* é a propriedade que teem os corpos de transmittirem o calor mais ou menos facilmente no interior da sua massa: aquelles em que esta transmissão é facil dizem-se *bons conductores do calor*, os outros dizem-se *maus conductores*.

283.—Conductibilidade dos solidos.—Os solidos, principalmente os metaes, são os melhores conductores do calor. Costuma-se comparar a conductibilidade dos corpos, que se podem reduzir a hastes, fixando-os horizontalmente n'uma das paredes de uma caixa metallica, fig. 127, cobrindo-os com uma camada de cera, o que se faz mergulhando-os n'um banho de cera fundida, e deitando na caixa agua a ferver. É claro que os corpos melhores conductores são aquelles que, no fim

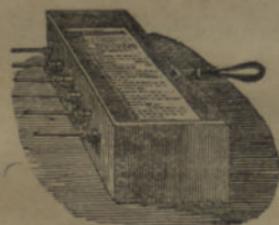


Fig. 127

do mesmo tempo, teem derretido maior extensão de cera.

284.—Conductibilidade dos fluidos.—Os liquidos são muito maus conductores: podem ferver na parte superior e estar gelados na parte inferior. Costuma-se demonstrar isto com uma pequena campanula de vidro contendo agua, que se aquece na parte superior, inclinando o vaso e aproximando-

lhe a chamma de uma lampada d'alcool: a agua entra em ebullicão, sem que no fundo do vaso se tenha manifestado augmento apreciavel de temperatura.

Por este motivo os liquidos aquecem-se sempre pela parte inferior; porque então as camadas em contacto com o fundo do vaso, sendo aquecidas, dilatam-se, tornam-se menos densas, vão para a parte superior e são substituidas por outras, que a seu turno são aquecidas, etc. Deitando serra-dura de madeira no liquido notam-se estas correntes ascendentes e descendentes.

Os gazes são tambem muito maus conductores; porém a grande mobilidade das suas moleculas facilita, assim como nos liquidos, o aquecimento.

285.—Aplicações da conductibilidade dos differentes corpos.— Em consequencia da boa conductibilidade dos metaes é preferivel aquecer os liquidos em vasos metallicos, e deve-se nos fogões empregar um metal.

Os fornos, destinados a concentrar e não a propagar o calor, não devem ser de metal; e os cabos e azas dos vasos metallicos aquecidos são de madeira, ou teem isoladores de marfim, para não deixarem transmittir o calor e poder pegar-se-lhes sem queimar as mãos.

A neve conserva-se em palha, que é substancia má conductora: a propria neve é tambem má conductora e por isso, nos climas muito frios, protege as plantas dos rigores do inverno.

Os quartos alcatifados e guarnecidos de moveis de madeira e outros objectos de substancias más conductoras são muito abrigados no inverno; porque não roubam muito calor ao corpo e conservam o que teem adquirido. Pela mesma razão são mais proprios para o inverno os fatos de lã e de algodão, etc.

As capas abrigam bem no inverno, não só porque resguardam o corpo do contacto do ar frio e humido, mas porque conservam em volta d'elle uma camada de ar, que

é substancia muito má conductora. Pelo mesmo motivo são convenientes, nos paizes frios, as janellas com duplas vidraças, ou pelo menos com portas interiores.

II.—Irradiação do calor e suas leis: equilibrio
movel de temperatura

286.—Calor irradiante.— Como dissemos (225), collocando em presença uns dos outros corpos desigualmente quentes, reconhece-se que os mais quentes arrefecem e os mais frios aquecem, até ficarem todos com a mesma temperatura. Por conseguinte os primeiros perdem calor e os segundos ganham, o que exige que o calor se transmita de uns a outros através do espaço.

A esta especie de propagação, a distancia, dá-se o nome de *irradiação*; e o calor diz-se *irradiante*. Este calor pode ser *luminoso*, isto é, acompanhado de luz, como o do sol, o de um metal aquecido ao rubro, etc.; ou *obscur*, como o que provém de um vaso cheio de agua a ferver.

Na theoria dinamica a irradiação é o resultado da comunicação ao ether do movimento vibratorio das moleculas dos corpos, movimento que o ether transmite a todas as distancias aos corpos que encontra: de sorte que estes corpos aquecem ou arrefecem conforme o movimento molecular que cedem ao ether, é inferior ou superior ao que d'elle recebem.

287.—Leis do calor irradiante.—O calor irradiante está submettido ás leis seguintes: 1.^a *propaga-se em todos os sentidos em torno do corpo quente*; 2.^a *em um meio homogeneo propaga-se em linha recta*; 3.^a *propaga-se no vacuo como em qualquer meio*.

A 1.^a lei reconhece-se com um thermometro, que se col-

loca em varias posições em torno do corpo quente ; e a 2.^a collocando entre este corpo e o thermometro varios alvos com orificios situados na recta que se dirige d'este para aquelle. Demonstra-se a propagação do calor no vacuo com um balão de vidro completamente vazio de materia, fig. 128, no centro do qual está o reservatorio de um thermometro, a cujo haste se soldou a parede do balão : introduzindo este em agua quente o thermometro sobe logo, o que só se pode attribuir á irradiação no vacuo; porque o vidro é muito mau conductor do calor, para que este effeito seja devido á propagação pelas paredes do balão e pela haste do thermometro.



Fig. 128

As direcções rectilineas da propagação do calor denominam-se *raios calorificos*.

288.—Intensidade do calor: suas leis—Denomina-se *intensidade do calor* a quantidade de calor recebida na unidade de superficie.

A quantidade de calor que uma superficie OD igual a s , fig. 129, envia sobre uma superficie AC igual a s' , na distancia d ,

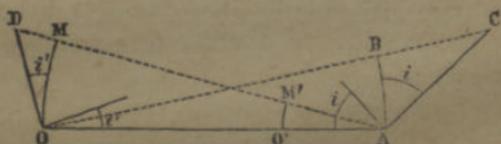


Fig. 129

sendo i' o angulo da emissão, isto é, o angulo que os raios fazem com a normal á superficie OD , e i o angulo de incidencia sobre AC , é dada pela formula

$$q = \frac{e s s' \cos i \cos i'}{d^2} t$$

na qual t é o excesso da temperatura da superfície OD sobre a do ambiente e e um coefficiente dependente da natureza d'aquella superficie.

A intensidade do calor em AC será pois

$$I = \frac{q}{s'} = \frac{e s \cos i \cos i'}{d^2} t$$

e as suas leis são as seguintes: 1.^a é *proporcional á extensão s da superficie do foco e ao excesso t da sua temperatura sobre a do ambiente*; 2.^a é *proporcional ao coseno do angulo de emissão e do angulo de incidencia dos raios*; 3.^o finalmente, *está na razão inversa do quadrado da distancia ao fóco.*

289.—*Equilibrio movel de temperatura.*—Quando muitos corpos se acham no mesmo recinto e á mesma temperatura a quantidade de calor não varia. Pode-se explicar este resultado de duas maneiras differentes: ou suppondo que os corpos não irradiam nem recebem calor, ou admittindo que os corpos irradiam uns para os outros e trocam raios da mesma intensidade, de maneira que, perdendo tanto quanto recebem, a sua temperatura fica estacionaria.

Estando os corpos em differentes temperaturas os mais frios aquecem recebendo mais calor que emittem; os mais quentes emittem mais que recebem, e perdem calor até que haja equilibrio de temperatura entre todos os corpos; depois as trocas de calor fazem-se egualmente.

Esta theoria imaginada por Prevost, e conhecida pelo nome de *equilibrio movel de temperatura*, é hoje exclusivamente adoptada pelos physicos.

290.—*Lei de Newton sobre o resfriamento.*—Um corpo collocado n'um espaço vasio não aquece ou não arrefece senão por irradiação: na atmosphera, além da irradiação, ha o contacto com o ar. Em ambos os casos a velocidade do aquecimento ou do resfriamento, isto é, o numero de graus de temperatura que o corpo

ganha ou perde n'um segundo, é tanto maior quanto maior é a differença entre a sua temperatura e a do espaço. Newton estabeleceu sobre o resfriamento dos corpos a lei seguinte: *a quantidade de calor que um corpo perde ou ganha, na unidade de tempo, é proporcional á differença entre a sua temperatura e a do espaço.* Esta lei não é geral, como suppoz Newton; apenas se applica para differenças de temperatura menores que 20° , não sendo a maior d'ellas superior a 40° .

Conclue-se d'esta lei que o corpo exposto a um fóco constante de calor não aquece indefinidamente, porque é sempre a mesma quantidade de calor que recebe, visto ser constante tambem a temperatura do fóco, emquanto que a quantidade de calor emittido cresce com o aquecimento: chega assim um momento em que estas duas quantidades são eguaes, e a temperatura se conserva estacionaria.

II.—Reflexão, emissão e absorção do calor

291.—*Reflexão do calor: suas leis.*—Os raios caloríficos encontrando a superficie de separação de dois meios dividem-se em duas partes, uma das quaes retrocede no primeiro meio, constituindo a *reflexão*, emquanto que a outra passa para o segundo meio, e é, em geral, desviada da sua direcção primitiva, constituindo o phenomeno da *refracção*. Sendo, por ex., *AB*, fig. 130, a superficie de separação

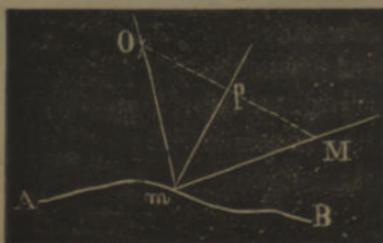


Fig. 130

dos meios, Om um raio incidente, mp a normal áquella superficie no ponto de incidencia, o plano Omp denomina-se *angulo de incidencia*: o raio reflecte-se caminhando na direcção mM , a qual está no plano de incidencia e faz com a normal mp um angulo pmM , denominado *angulo de reflexão*, egual ao de incidencia Omp .

Assim, as leis da reflexão do calor são as seguintes:

- 1.^a O angulo de reflexão é egual ao angulo de incidencia;
- 2.^a O raio reflectido está no plano de incidencia.

Demonstram-se estas leis recorrendo á propriedade dos *espelhos parabolicos*.

Espelho é uma superficie polida; a fórma d'esta superficie dá o nome ao espelho. Os *espelhos parabolicos* são superficies polidas com a fórma de um paraboloide de revolução, isto é, são gerados por um arco de parabola AM , fig. 131, girando em torno do seu eixo AX . A propriedade

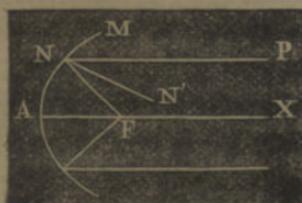


Fig. 131

conhecida da parabola enuncia-se dizendo que: *a normal a qualquer ponto divide ao meio o angulo que o raio vector faz com a linha paralela ao eixo*. Assim, sendo verdadeiras as leis da reflexão, considerando uma origem de calor no fóco F da parabola, qualquer raio FN segue, depois de reflectido, na direcção NP parallelamente ao eixo AX ; e reciprocamente, os raios parallelos ao eixo depois da reflexão convergem rigorosamente no fóco F .

Realisam-se estas condições na experencia com dois espelhos parabolicos, dispostos um em frente do outro com os eixos confundidos: collocando no fóco de um dos espelhos uma porção de carvões incandescentes, e no do outro uma substancia inflammavel, algodão-polvora, por ex., vê-se arder immediatamente esta substancia, emquanto que não se produz o mesmo phenomeno, tendo-a collocado n'outra posição, ainda que mais proxima do fóco de calor.

292.—Espelhos ardentes.—Os *espelhos ardentes*, assim chamados porque no seu fóco obtem-se uma temperatura muito elevada para produzir a inflamação de corpos combustíveis, são espelhos curvos fundados nas leis da reflexão do calor. Attribute-se geralmente a sua invenção a Archimedes; porém outros attribue-n'a a Buffon.

293.—Corpos diathermicos e athermicos.—Denominam-se *diathermicos* os corpos que se deixam atravessar pelo calor irradiante sem o absorverem para se aquecer; taes são o ar, e os outros gazes, o sal gemma, etc.: dizem-se *athermicos* os corpos que teem a propriedade inversa, isto é, aquelles que interceptam completamente os raios calorificos, como são os metaes, por exemplo.

É por causa do grande poder diathermico do ar que as camadas superiores da atmosphaera estão sempre n'uma temperatura muito baixa, não obstante serem atravessadas pelos raios solares. Acontece o contrario na agua dos mares e dos lagos; porque sendo pouco diathermica só as camadas superiores participam das variações da temperatura atmospherica, enquanto que a uma certa profundidade a temperatura d'aquella agua é constante.

O vidro tem a propriedade de ser diathermico para os raios calorificos acompanhados de luz e athermico para o calor obscuro; por isso se emprega nos jardins para construir as estufas, visto que deixa penetrar n'estas os raios do sol durante o dia, e não permite que se escapem as irradiações do solo e das plantas ali encerradas.

294.—Poder emissivo, absorvente e reflectidor.—Corpos ha que depois de aquecidos conservam por muito tempo o calor; outros deixam perder com facilidade, através da sua superficie, o calor que adquirem: estes ultimos teem grande *poder emissivo*, e os primeiros tem-n'o pequeno. O *poder emissivo* é, portanto, a maior ou menor facilidade que os corpos teem de perder o seu calor.

E notavel que os corpos de grande poder emissivo são

aquelles que mais absorvem o calor que chega á sua superficie, e vice-versa. O *poder absorvente é identico ao poder emissivo*; ambos são representados pelos mesmos numeros.

É minimo o poder emissivo e absorvente dos metaes; é maximo o do negro de fumo.

O calor que chega á superficie de um corpo é em parte absorvido e em parte reflectido. O *poder reflectidor* dos corpos, avaliado pela maior ou menor quantidade de calor que reflectem, é inverso dos outros dois poderes: assim, os metaes reflectem muito, o negro de fumo não reflecte quasi nada.

295.—Applicação dos tres poderes.—A circumstancia dos tres poderes, emissivo, absorvente e reflectidor, serem diferentes nos diversos corpos explica muitos factos e tem numerosas applicações.

Os pretos devem á côr negra da sua pelle o poderem supportar, mais facilmente do que os brancos, o calor dos climas quentes; porque o grande poder emissivo d'ella desembaraça-os d'uma parte do calor do corpo. É verdade que deviam soffrer muito pela influencia directa dos raios solares, em consequencia do grande poder absorvente da sua pelle; mas esta é revestida de uma camada de materia gorda e oleosa, que reflecte grande parte do calor incidente, diminuindo assim a porção absorvida.

É ainda pelo grande poder emissivo das materias negras, que os fogões são negros na parte exterior, para darem livre saída ao calor, brancos e reflectidores na parte interna afim de augmentarem a quantidade de calor reflectido do fóco para o recinto.

Para aquecer rapidamente um liquido convém que o vaso seja negro nos pontos que recebem o calor, e brilhante nos outros. É em consequencia do pequeno poder emissivo dos metaes que os liquidos se conservam quentes nos vasos de metal, muito mais do que nos de qualquer outra substancia.

QUARTA PARTE

Luz

CAPITULO I

NOÇÕES PRELEMINARES.—PROPAGAÇÃO DA LUZ

I.—Noções preleminares

296.—Luz.—Optica.—Theorias da luz.—Não é facil definir a *luz*, como não o é definir o calor. Podemos dizer, com-tudo, que a *luz* é a impressão particular, transmittida ao orgão visual pelos objectos proximos ou distantes, a qual se communica ao cerebro e nos faz conhecer a presença d'esses objectos.

A parte da physica que estuda a luz denomina-se *optica*.

Para explicar os phenomenos luminosos ha duas theorias analogas ás do calor,—a da *emissão* e a das *ondulações*.

Na *theoria da emissão* a luz é a impressão produzida por uma infinidade de particulas imponderaveis, que recebem dos corpos luminosos uma forte impulsão, sendo lançadas no espaço com prodigiosa velocidade.

Na *theoria das ondulações* a luz é o resultado do movimento vibratorio de um *ether* imponderavel e muito elastico, communicado a este fluido pela moleculas dos corpos, e propagado por elle com muitissima rapidez a todas as distancias, do mesmo modo que os meios ponderaveis elasticos recebem e transmittem os sons.

A theoria da emissão é incompativel com alguns phenomenos, em quanto que a das ondulações está de accordo com elles e explica-os todos; por isso é a preferida.

Modificando a theoria das ondulações, na hypothese de que não existe um ether imponderavel, mas que o meio transmissor da vibração das moleculas dos corpos possui as propriedades da materia ordinaria, isto é, que tem peso, não obstante ser uma substancia muito dividida, temos a *theoria mechanica da luz*, analogo á *theoria mechanica do calor*.

297.—Corpos luminosos e illuminados.—Os corpos que tem luz propria, isto é, que são visiveis na obscuridade, como o sol, as estrellas, os corpos em ignição, etc., denominam-se *luminosos*, ou *origens de luz*.

Os corpos, que não tem luz propria, não são visiveis senão quando recebem luz dos primeiros, directa ou indirectamente; eptão portam-se como verdadeiros corpos luminosos e dizem-se *illuminados*: estão n'este caso a lua, os planetas e a maior parte dos corpos sub-lunares.

298.—Corpos transparentes, translucidos e opacos.—Os corpos dizem-se *transparentes* ou *diaphanos* quando através d'elles passa a luz em quantidade sufficiente para se distinguir a fórma dos objectos: taes são a agua, os gazes, o vidro polido, etc.

Denominam-se *translucidos* os corpos que deixam passar a luz sem permittirem que se observe a fórma dos objectos, como o vidro despolido, o papel, o alabastro, etc.

São *opacos* os corpos que não deixam passar a luz. Para que se note esta propriedade devem os corpos ter uma certa espessura: os metaes, por exemplo, que são muito opacos, tornam-se translucidos reduzidos a laminas muito delgadas.

299.—Noções sobre as origens de luz.—As principaes origens de luz são o *sol*, as *estrellas*, a *combustão*, o *calor*, a *electricidade* e a *phosphorescencia*.

O *sol* é a principal origem de calor e de luz: a sua luz

é tão intensa que não permite observá-lo directamente senão através de um vidro corado. Aquelle astro apresenta o aspecto de um disco quasi plano, no qual se observam com o telescópio algumas *manchas* e algumas partes mais brilhantes denominadas *fáculas*. A luz solar provém de um núcleo luminoso muito intenso cercado por uma atmosfera também luminosa, á qual se dá o nome de *photosphera*.

A luz celeste não é só a do sol: as *estrellas* são outros tantos soes, dotados de luz própria, a qual se torna sensível durante a noite, porque falta a luz do sol, muitíssimo mais intensa. E para nós muito fraca a luz das estrellas, porque estão a grandíssimas distancias da terra; comtudo é sufficiente para produzir alguma claridade depois do ocaso do sol.

A *combustão* é o desenvolvimento de calor e luz, que acompanha a combinação de certos corpos, um dos quaes é geralmente o oxygenio; porque quasi sempre as combustões se fazem no ar. Para que a combustão possa aproveitar-se como origem de luz, é preciso que seja acompanhada de *chamma*, isto é, de um gaz que se queime na alta temperatura produzida pela acção chimica. Dá-se principio á combustão de um corpo, em geral, *accendendo-o*, o que se consegue elevando um dos seus pontos a uma alta temperatura.

O *calor* pode produzir luz, ou directamente ou, como acabamos de dizer, facilitando o exercicio de uma acção chimica. Todos os corpos aquecidos á temperatura de 500° tornam-se luminosos — são origens de luz — tanto mais intensa quanto mais elevada é a temperatura.

A *electricidade* é como veremos uma das mais energicas origens de luz: a luz electrica é a mais intensa depois da luz solar.

Finalmente, a *phosphorescencia* é a propriedade que certos corpos tem, e outros adquirem, de se tornar luminosos na obscuridade, sem que, na maior parte dos casos

haja augmento apreciavel de temperatura. Taes corpos dizem-se *phosphorescentes*, porque esta propriedade é muito notavel no phosphoro.

A phosphorescencia pode ser espontanea, ou desenvolvida por diversos meios. A primeira observa-se em alguns insectos, como o pyrilampo; em certas flôres, como as chagas; e nos restos putrefeitos de algumas substancias animaes ou vegetaes. O phenomeno denominado *ardentia*, descripto pelos viajantes maritimos, é produzido pela phosphorescencia de pequenissimos animaes, que apresentando-se em grande numero chegam a dar ao mar o aspecto de um lago de fogo. A phosphorescencia artificial, desenvolve-se por differentes meios, porém mais notavelmente pela *insoiação*, isto é, pela exposição ao sol.

II.—Propagação da luz nos meios homogeneos

300.—Ondas luminosas.—Qualquer corpo luminoso situado no espaço é visto simultaneamente de todos os lados e em differentes distancias; por conseguinte o movimento luminoso, de que é origem, propaga-se em todos os sentidos com uma certa velocidade, repartindo-se por superficies denominadas *ondas luminosas*: estas ondas são esphericas nos meios homogeneos¹ não crystallizados.

301.—Propagação rectilinea da luz.— Raios e feixes luminosos.—Em um meio homogeneo não crystallizado vemos qualquer ponto luminoso segundo a linha recta dirigida d'elle ao centro do nosso olho, e em todos os pontos d'esta linha: d'aqui vem a lei seguinte: *nos meios homogeneos a luz propaga-se em linha recta.*

¹ Dá-se o nome de *meio* ao espaço cheio ou vazio onde se produz um phenomeno. Um meio diz-se homogeneo quando todas as partes teem a mesma composição e densidade.

Esta lei é completamente comprovada na pratica em todas as applicações da optica, e demonstram-na os traços luminosos rectilíneos, que deixa na atmosphera a luz do sol quando penetra n'uma casa escura por pequenas aberturas.

Denominam-se *raios luminosos* as linhas rectas que a luz segue na sua propagação; e *feixes luminosos* o conjunto de um certo numero d'aquelles raios: conforme elles são parallelos, divergentes ou convergentes, assim o *feixe* se diz *parallelo*, *divergente* ou *convergente*.

A luz enviada para o espaço por qualquer corpo luminoso propaga-se em feixes divergentes de todos os seus pontos.

302.—Sombras e penumbras.—Chama-se *sombra* de um corpo o lugar do espaço onde elle não deixa penetrar a luz: a sua fórma depende da fórma dos corpos illuminante e illuminado, e é uma consequencia da propagação rectilínea da luz.

Na sombra distingue-se uma parte central completamente escura—é a *sombra* propriamente dita, e uma outra em volta d'ella esclarecida por graus imperceptiveis até ao espaço completamente illuminado: esta outra parte da sombra denomina-se *penumbra*.

Seja *L*, fig. 132, a origem de luz e *O* o corpo opaco:

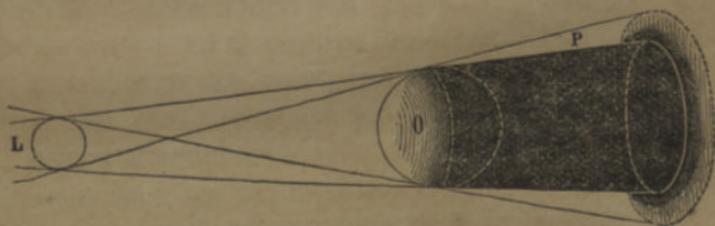


Fig. 132

imaginando uma recta tangente interiormente aos dois cor-

pos fazendo uma revolução completa, é claro que todos os pontos posteriores ao corpo opaco situados fóra do espaço descripto por ella são completamente esclarecidos: suppondo a recta tangente exteriormente, ella marca após o corpo opaco o espaço onde não penetra raio algum de luz vindo da origem *L*, isto é, determina a *sombra* propriamente dita. Os pontos do primeiro espaço exteriores a este segundo recebem alguma luz, tanta mais quanto mais exteriores são; constituem a *penumbra*. A figura representa o caso da origem de luz ser menor que o corpo opaco: então a sombra e a penumbra são indefinidas. Imaginando que o corpo luminoso diminue de grandeza, a sombra augmenta e a penumbra diminue, até que, no caso limite da origem de luz se reduzir a um ponto, a penumbra desaparece e a sombra é maxima.

No caso contrario, de ser o corpo opaco menor que a origem de luz, a sombra é definida, fig. 133, e a penumbra ainda é indefinida.

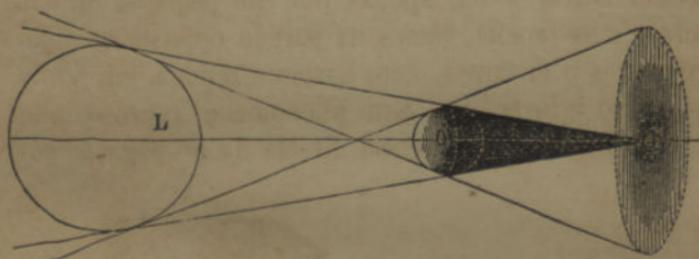


Fig. 133

303.—Aplicações.—Eclipses.—Nos *eclipses parciais* e *totais* vemos uma aplicação da sombra e da penumbra. Assim, se a terra entra na sombra projectada pela lua, um individuo collocado n'esta sombra não vê o sol, e para elle o *eclipse é total*; um individuo collocado na penumbra vê só parte do sol, e para elle o *eclipse é parcial*. No caso de ser a distancia da terra á lua maior que o comprimento do cone

de sombra, o prolongamento d'este cone além do vertice, marca na superficie da terra logares nos quaes se vê a lua projectada sobre o sol, deixando em torno um anel luminoso. Para esses logares o eclipse do sol é *annular*, e é *central* para os observadores collocados na linha que une os centros da lua e do sol.

O que se diz dos eclipses parciaes e totaes do sol diz-se dos da lua; este astro eclipsa-se quando entra na sombra da terra; comtudo n'este caso é preciso notar que a atmosphera desvia os raios da luz, e portanto altera os limites da sombra projectada.

Muitas applicações se fazem das sombras e das penumbras; umas e outras combinadas servem ao artista para dar relevo aos seus desenhos; as primeiras aproveitam-se na medição das alturas de torres, etc.

304.—Imagens produzidas pela luz passando através de pequenos orificios.—Camara escura.—Fechando as portas e janellas de uma casa para que ella fique completamente ás escuras, e deixando entrar a luz apenas por um pequeno orificio praticado n'uma janella, vêmos na parede opposta os objectos exteriores e distantes, com bastante nitidez, em ponto mais pequeno e invertidos. Este phenomeno, representado na fig. 134, é uma consequencia directa da propagação re-

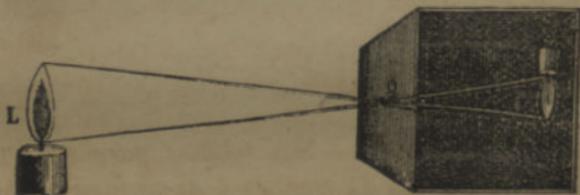


Fig. 134

ctilinea da luz: os raios que partem dos objectos exteriores cruzam-se no pequeno orificio, e por isso as imagens são invertidas.

É este o fundamento da *camara escura*, imaginado em 1560 pelo physico Porta. Reduzido á sua maior simplicidade este instrumento consta de uma caixa completamente fechada, com um pequeno orificio em uma parede delgada: da parede opposta, que deve ser de vidro despolido, vêem-se as imagens reduzidas e invertidas dos objectos exteriores.

305.—*Velocidade da luz.*—Durante muito tempo julgou-se que a propagação da luz era instantanea; porque todas as observações feitas nas maiores distancias, na superficie da terra, não davam tempo algum de intervallo entre o instante em que um alvo descobria uma origem luminosa, e aquelle em que, n'outra estação muito distante, se recebiam os raios da luz.

Hoje está provado que isto não é assim: a velocidade da luz, isto é, o caminho percorrido em um segundo, tem sido medida por varios processos e pode-se dizer que o seu valor é superior a 77000 leguas.

Para fazer uma idéa d'esta prodigiosa velocidade basta notar que, um corpo com a velocidade de 15 leguas por hora, isto é, movendo-se com a rapidez da locomotiva sobre o caminho de ferro, gastaria mais de dois seculos para percorrer a distancia que nos separa do sol, distancia que a luz percorre em 8' e 13". Um projectil de uma boca de fogo, conservando sempre a sua velocidade inicial, gastaria 17 annos para percorrer aquella mesma distancia.

Não obstante a grande velocidade da luz, os phenomenos celestes não são vistos senão bastante tempo depois de produzidos, por causa das grandissimas distancias em que se effectuam. A luz das estrellas mais proximas gasta mais de tres annos para chegar á terra; são precisos milhares de annos para que chegue ao alcance do homem a luz das estrellas que não se descobrem a olho desarmado; quer isto dizer que podem ter mudado de posição, e até desaparecido alguns d'estes astros continuando nós a vel-os como se estivessem na sua posição primitiva.

306.—Intensidade da luz.—Photometria.—Por *intensidade da luz* ou por *illuminação intrinseca* de um corpo illuminado, entende-se a quantidade de luz recebida na unidade da sua superficie. Representa pois o *poder illuminante* das differentes luzes ás differentes distancias. É preciso não o confundir com a *claridade intrinseca real* do corpo luminoso, que é a quantidade de luz espalhada sobre unidade de superficie d'aquelle corpo.

Denomina-se *photometria* a parte da optica que estuda as leis da intensidade da luz e trata da comparação das claridades intrinsecas das diversas origens.

307.—Leis da intensidade da luz.—As leis da intensidade da luz são as seguintes:

1.^a A *intensidade da luz é inversamente proporcional ao quadrado da distancia do corpo illuminado ao fóco luminoso.*

2.^a A *intensidade da luz é proporcional ao coseno do angulo que os raios fazem com a normal á superficie illuminada.*

3.^a Finalmente, *é proporcional ao coseno do angulo que os raios fazem com a normal á superficie que os emite.*

Estas leis, analogas ás da intensidade do calor, estão reunidas na formula

$$I = \frac{e s \cos i \cos i'}{d^2}$$

que se deduz do mesmo modo que a do num. 288, e na qual *s* representa a superficie luminosa, *e* o seu poder emissivo, *i* e *i'* os angulos de incidencia e de emissão e *d* a distancia do fóco ao corpo illuminado.

Nas applicações d'aquelle formula suppõe-se sempre $i = i' = 0$, e dá-se o nome de *intensidade da origem luminosa* ao valor de *I* para unidade de distancia: designando-o por *i* tem-se $i = e s$ e

$$I = \frac{i}{d^2}$$

Comparam-se as intensidades de duas luzes fazendo com que os

poderes illuminantes I sejam eguaes. Tem-se pois para as duas luzes

$$I = \frac{i}{d^2} = \frac{i'}{d'^2}$$

isto é,

$$\frac{i}{i'} = \frac{d^2}{d'^2}$$

Comparam-se as claridade intrinsecas reaes ainda do mesmo modo, tendo porém o cuidado de fazer com que as superficies luminosas sejam eguaes; porque então é $\frac{i}{i'} = \frac{e}{e'}$; por conseguinte

$$\frac{e}{e'} = \frac{d^2}{d'^2}$$

Tudo se reduz na pratica a procurar as distancias d e d' , o que se consegue com aparelhos appropriados, denominados *photometros*.

308.—*Photometros*.—Denominam-se *photometros* os instrumentos empregados para comparar as intensidades das diversas luzes, bem como as suas claridades intrinsecas. O photometro mais geralmente conhecido é o de Rumford: consta de um alvo branco, e de uma haste cylindrica de madeira ou de vidro negro, a qual esclarecida pelas duas luzes, que se querem comparar, projecta sobre aquelle alvo duas sombras; como cada uma d'estas é esclarecida por uma luz, fazendo variar as distancias até que as sombras tenham a mesma intensidade, concluímos que a illuminação das duas luzes é a mesma.

A fig. 135 representa o photometro de Rumford aperfeiçoado por Peclet. A haste opaca T está collocada verticalmente no vertice de um angulo, formado por duas ranhuras graduadas, nas quaes podem correr as duas luzes L, L' : o observador, collocado por detraz do anteparo CC' , vê as

duas sombras O , O' sem vêr as luzes; por meios de cordões que passam em roldanas, faz correr á vontade as luzes até que as sombras pareçam da mesma intensidade.

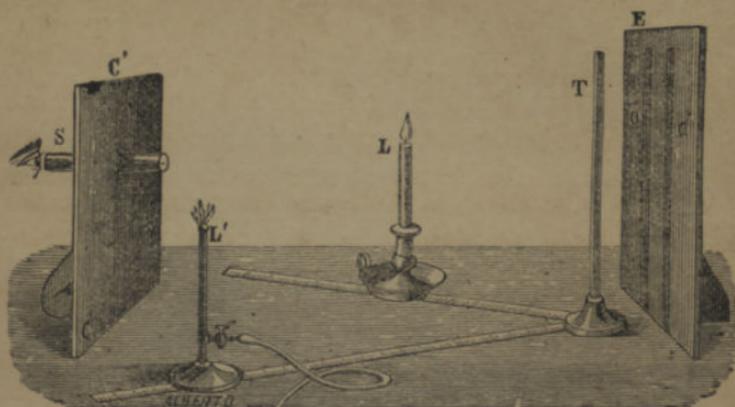


Fig. 135

CAPITULO II

REFLEXÃO DA LUZ.—ESPELHOS

I.—Noções geraes sobre a reflexão da luz

309.—*Catoptrica e dioptrica.*—A luz, assim como o calor, encontrando a superficie de separação de dois meios diferentes divide-se em duas partes, uma que retrocede no primeiro meio, apresentando o phenomeno da *reflexão*, e outra que passa além; esta ultima propaga-se a grande distancia, se o segundo meio é transparente, ou extingue-se a pequena distancia, porque é absorvida, se o meio é opaco.

Na passagem do primeiro para o segundo meio a luz apresenta, em geral, o phenomeno da *refracção*, isto é, desvia-se da sua direcção primitiva.

A parte da optica que se occupa da reflexão da luz, e das suas applicações, recebe o nome de *catoptrica*; a que trata da reflexão denomina-se *dioptrica*.

310.—Leis da reflexão da luz.—As leis da reflexão da luz, identicas ás da reflexão do calor, são as seguintes:

1.^a O angulo de reflexão é igual ao angulo de incidencia.—2.^a O raio reflectido está no plano de incidencia.

Demonstram-se estas leis com o apparatus representado na fig. 136: é um semi-circulo vertical graduado com o

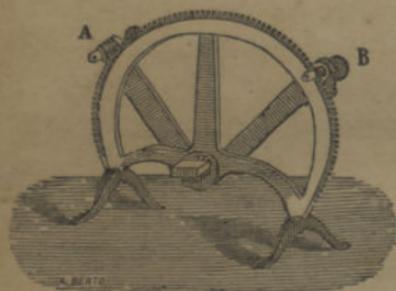


Fig. 136

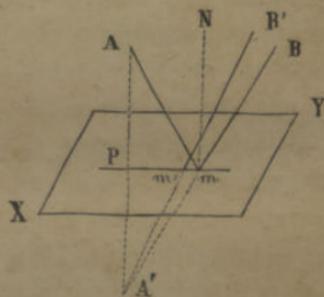


Fig. 137

zero na parte média e com os graus marcados para ambos os lados, tendo um espelho *m* no centro em posição horizontal, e duas alidades *Am* e *Bm*, que se podem fixar em qualquer posição. Collocando por tentativas uma d'estas alidades de modo que olhando por um pequeno orificio se veja, em correspondencia com um traço do espelho *m*, o orificio da outra, e lendo os angulos que ambas fazem com a normal ao espelho, que passa pelo zero da graduação, conclue-se a primeira lei. A segunda lei acha-se demonstrada pela disposição dos orificios das duas alidades.

II.—Espelhos planos.—Luz diffusa.

311.—Espelhos.—Dá-se o nome de *espelho* a qualquer superfície polida capaz de mostrar os objectos pela reflexão. A fôrma da superfície dá o nome ao espelho: nas applicções basta considerar os *espelhos planos* e os *espelhos curvos* de fôrma definida geometricamente.

O que se vê pela reflexão nos espelhos denomina-se *imagem*.

Os espelhos são *naturaes* ou *artificiaes*; as superfícies dos liquidos em equilibrio são exemplos dos primeiros.

Os espelhos artificiaes fabricam-se de metal ou de vidro. Os de metal são de platina, de cobre prateado, etc.: os espelhos de vidro ordinarios são laminas delgadas de vidro cobertas por um lado com um 'amalgama de estanho, que é a superfície reflectidora. Empregam-se ás vezes os espelhos de vidro enegrecido d'um lado.

Começamos por estudar a reflexão nos espelhos planos.

312.—Espelhos planos.—Imagem de um ponto.—Seja XY , fig. 137, um espelho plano, A um ponto luminoso e Am um raio enviado por elle. Sendo Nm a normal a XY no ponto de incidencia, e NmB igual a AmN , mB é o raio reflectido; na sua direcção vemos o ponto luminoso. Baixando de A a perpendicular AA' ao espelho e prolongando Bm até a encontrar em A' , fôrma-se o triangulo rectangulo PmA' igual a PmA ; porque o lado Pm é commum e o angulo PmA' é verticalmente opposto ao complemento do angulo de reflexão, e portanto igual a PmA , complemento do angulo de incidencia. D'aquí se conclue que PA' é igual a PA ; e como este resultado se applica a todos os raios reflectidos, porque o raio Am é qualquer e não tem posição escolhida, segue-se que, *todos os raios emittidos por um*

ponto A e reflectidos por um espelho plano, caminham como se partissem de um ponto A' , symetrico de A em relação ao espelho. É por este motivo que nos parece vêr em A' o ponto A .

Por conseguinte, para obter a imagem de um ponto A , formada por um espelho plano XY , baixa-se a perpendicular AP sobre o espelho e prolonga-se de uma quantidade PA' igual a AP : o extremo A' é a imagem procurada.

313.—Imagem de um objecto.—A imagem de um objecto obtem-se reunindo as imagens dos pontos, que determinam a sua posição e figura; assim a imagem de AB , fig. 138, no espelho XY é $A'B'$; é portanto *symetrica* do objecto em relação ao espelho. Por conseguinte as imagens dadas pelos espelhos planos são da mesma grandeza que os objectos, e formam-se por detraz do espelho a uma distancia d'elle igual á que vae dos objectos ao mesmo espelho. As-

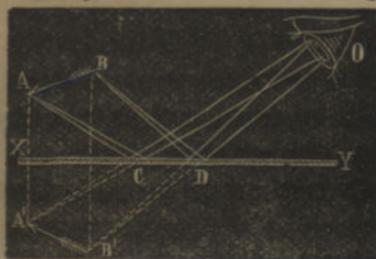


Fig. 138

sim um objecto vertical visto por um espelho inclinado de 45° parece horizontal; e vice-versa.

314.—Imagens reaes e virtuaes.—As imagens de que temos fallado não existem, porque os raios reflectidos divergem, e são os seus prolongamentos para a parte posterior do espelho que se reúnem; por este motivo dizem-se *virtuaes*. As imagens são *reaes* quando resultam da sobreposição dos raios reflectidos: estas imagens apenas se obteem com os espelhos planos, quando os raios incidem convergentes sobre elles, como acontece, por ex., antes de formar a imagem dada por uma lente.

315.—Multiplicação de imagens pelos espelhos inclinados.—Consideremos dois espelhos inclinados, representados pelos seus traços AC e BC , fig. 139, n'um plano perpendicular á sua intersecção, conduzido pelo ponto luminoso L .

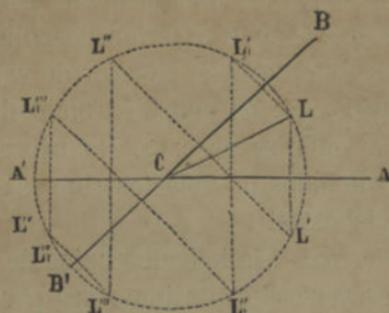


Fig. 139

A imagem d'este ponto no espelho AC é como se sabe o ponto L' , symetrico de L a respeito de AC . Esta primeira imagem é reproduzida em L'' pelo espelho BC ; e novamente em L''' pelo espelho AC , e ainda em L'''' pelo espelho BC . Esta ultima imagem, ficando entre os prolongamentos dos espelhos, não vê a superficie reflectidora de nenhum d'elles, e portanto não pode ser reproduzida; o mesmo acontece quando a imagem dada por um espelho cae no prolongamento do outro.

Considerando os raios reflectidos primeiramente no espelho BC obtem-se outra serie de imagens $L'_1, L''_1, L'''_1, L''''_1$.

É claro que, em consequencia da symetria, todas as imagens e o objecto estão no mesmo plano e são equidistantes do ponto C ; portanto estão n'uma circumferencia de circulo cujo centro é este ponto.

O numero das imagens é limitado, e tanto maior quanto menor é o angulo dos espelhos¹.

316. — Kaleidoscopio. — Caixas captotricas. — O *kaleidoscopio* é um instrumento fundado na multiplicação das imagens nos espelhos inclinados. Consta de um tubo de cartão ou de

¹ No num. XII do *Jornal de Sciencias Mathematicas*, assim como no nosso *Tratado d'Optica*, publicamos um processo geral que dá o numero total de imagens.

metal, no interior do qual estão dois espelhos inclinados; ha n'uma das extremidades uma pequena caixa cylindrica de tampos de vidro, com o exterior despolido, contendo pequenos objectos, como contas, pedaços de vidros córados, de rendas, de papel, etc.; na outra extremidade do tubo ha uma abertura por onde se observa. É curiosa a variedade das combinações de todos os objectos com as suas imagens symetricamente dispostas.

As *caixas captotricas* são kaleidoscopios de mais de dois espelhos dispostos verticalmente junto das paredes internas de uma caixa prismatica, fig. 140: aquellas paredes são fen-



Fig. 140

didas acima dos espelhos a fim de se poder olhar para o interior. A caixa é fechada superiormente por um vidro despolido. Com este instrumento é maior a multiplicação das imagens e mais vasto o seu campo; além d'isso podem observar simultaneamente muitas pessoas.

347.—**Multiplicação das imagens pelos espelhos parallelos.**— Com dois espelhos planos parallelos voltados um para o outro passa-se um phenomeno semelhante ao da reproducção das imagens nos espelhos inclinados, com a differença que todas as imagens estão na perpendicular aos espelhos conduzida pelo objecto, e são theoreticamente em numero illimitado. Na pratica o numero tem limite, porque as successivas reflexões enfraquecem muitissimo a intensidade luminosa; por isso apenas se distinguem as primeiras imagens. É claro que as imagens não são identicas, e apresentam-se, em relação ao objecto, alternadamente voltadas em sentidos contrarios. Assim, um homem, collocado entre dois espelhos e olhando para um d'elles, vê uma serie de imagens alternadamente de frente e de costas.

Nas salas, galerias e escadas empregam-se os espelhos collocados uns em frente dos outros para lhes augmentar apparentemente a extensão e o esplendor das luzes.

318.—**Multiplicação de imagens nos espelhos de vidro.**—Nos espelhos ordinarios de vidro, formados de uma lamina de faces parallelas com a posterior coberta de um amalgame de estanho, dá-se um phenomeno semelhante ao da multiplicação das imagens nos espelhos parallelos.

Sejam AB e $A'B'$, fig. 141, as duas faces da lamina de vidro, as quaes funcionam como dois espelhos planos parallelos; e seja O o objecto que se observa pela reflexão.

O olho, em consequencia da sua posição, vê apenas a primeira das imagens, O' , dadas pelo espelho AB , porque as outras, como O'' , ficam para o lado opposto; em quanto que vê todas as do espelho $A'B'$, percebendo principalmente a primeira d'ellas, O'_1 , porque é muito mais intensa.

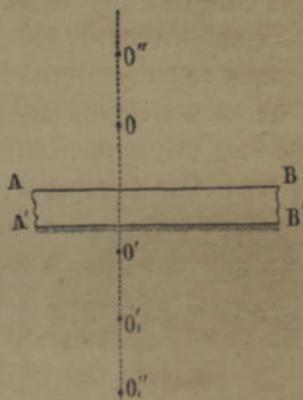


Fig. 141

Reconhece-se este phenomeno observando n'um espelho de vidro a chamma de uma vela. Vê-se primeiro uma imagem pouco intensa; é a formada pela primeira superficie reflectidora; depois uma segunda muito intensa, e por de traz d'ella muitas outras, cuja intensidade decresce successivamente até se tornar nulla.

Para evitar esta multiplicação de imagens, empregam-se de preferencia nas experiencias rigorosas de physica os espelhos metallicos, os quaes teem só uma superficie reflectidora.

319.—**Luz diffusa.**—Se os corpos fossem perfeitamente polidos reflectiriam regularmente a luz sem lhe alterar a composição, e não seriam visiveis: é assim que um bom espelho dá a conhecer a sua presença pela moldura e pelas imagens dos corpos que o cercam. A muitos individuos terá acontecido irem de encontro a um bom espelho collocado

no vão de uma porta, imaginando que se dirigem para outra sala, em comunicação com aquella onde estão.

Como, em geral, a superficie dos corpos não é polida, e apresenta muitas asperezas, a luz que incide sobre elles reflecte-se seguindo direcções que, não concorrendo em certos e determinados pontos, não dão imagens dos objectos que emittem a luz. Chama-se a esta reflexão — *reflexão irregular* — sem que isto queira dizer que se não faça segundo as leis ordinarias da reflexão. A luz assim reflectida, a qual torna visiveis os corpos, denomina-se *luz diffusa*.

É a luz diffusa que nos illumina durante o dia nos logares onde não chegam os raios directos do sol; assim como faz com que não seja instantanea a passagem do dia para a noite, e vice-versa, produzindo o phenomeno dos *crepusculos*, etc.

III.—Espelhos curvos.

320.—Espelhos curvos.—Espelhos esphericos.—Fócos.—Os espelhos curvos empregados em optica e nas suas applicações teem fórma definida geometricamente; são *esphericos*, *parabolicos*, *cylindricos*, etc. Faz-se uso mais frequente dos esphericos, que podem ser *concavos* ou *convexos*, conforme é polida a face interna ou a externa.

Um *espelho esphérico* é a superficie concava ou convexa de uma calote espherica. A secção feita por um plano que passa pelo centro da esphera é um arco de circulo XY , fig. 142, conhecido pelo nome de *meridiana* do espelho: o ponto C , centro da esphera, denomina-se *centro de curvatura*, e o ponto médio A , *centro de figura* do espelho: a recta AC é o *eixo principal*; qualquer linha MC tirada pelo centro de curvatura e terminando no espelho é um *eixo secundario*. O angulo $XC Y$ denomina-se *abertura do espelho*.

Os raios enviados por um ponto luminoso para um espe-

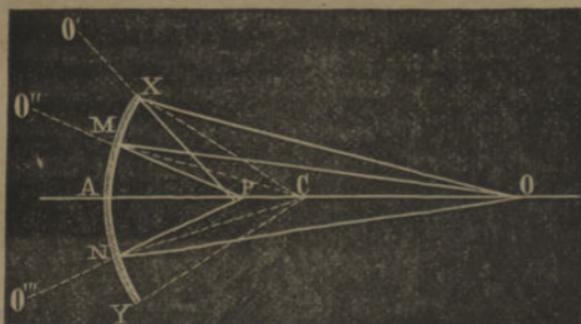


Fig. 142

lho esferico depois de reflectidos concorrem sensivelmente n'um ponto, ou são divergentes e os seus prolongamentos é que concorrem para um ponto, situado por detraz do espelho: qualquer d'estes pontos recebe o nome de *fóco*, o primeiro é *real*, o segundo *virtual*.

321.—Fócos dos espelhos esfericos concavos.—Nos espelhos esfericos concavos distinguem-se tres especies de fócos: *fóco principal*, *fóco conjugado*, e *fóco virtual*.

Se a luz vem de uma distancia infinita, como acontece sensivelmente voltando o espelho para o sol, os raios são paralelos: consideremos os raios paralelos ao eixo principal AO , fig. 143, e seja MS um d'elles; sendo C o centro de curva.

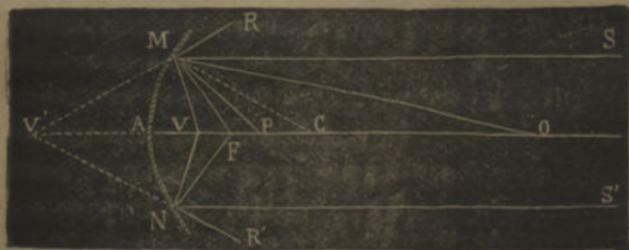


Fig. 143

tura, a normal no ponto de incidencia, M , é o raio MC e o

raio reflectido MF obtem-se fazendo o angulo FMC igual a SMC . O ponto F do eixo principal é o *fóco principal*; porque por elle vão passar os raios reflectidos obtidos com um feixe paralelo a AO : fica proximamente equidistante de A e de C^1 , portanto a sua distancia AF ao espelho, denominada *distancia focal principal*, é igual a $\frac{r}{2}$, sendo r o raio do espelho.

Um ponto O collocado a uma distancia finita do espelho envia raios OM , que fazem com a normal angulos menores que os feitos pelos raios parallellos, incidentes nos mesmos pontos; portanto o fóco P existe entre F e C ; este fóco diz-se *conjugado*, porque o ponto luminoso collocado em P tem o fóco O .

Se o ponto O se aproxima de C , o seu fóco P caminha tambem para este ponto, coincidindo com elle quando o ponto luminoso o attinge. Continuando o ponto a caminhar para o espelho, o fóco afasta-se successivamente do ponto C , e quando o primeiro chega ao fóco principal F os raios reflectidos tornam-se parallellos ao eixo.

Se o ponto luminoso toma uma posição V , entre F e A os raios incidentes VM fazem com a normal angulos maiores que FMC : portanto os reflectidos hão de fazer angulos maiores que SMC , isto é, serão divergentes, e os seus prolongamentos concorrerão n'um ponto V' , situado por detraz do espelho: o fóco V' é um *fóco virtual*.

O que dizemos dos pontos situados sobre o eixo principal, diz-se de quaesquer outros, com a differença que os fócos formam-se então nos *eixos secundarios*. Obteem-se esses

¹ O triangulo MFC é isosceles; porque o angulo FCM , igual a CMS , por ser alterno interno a respeito d'elle, é igual a FMC ; por conseguinte $MF=FC$. Como se suppõe sempre muito pequena a abertura do espelho, podemos admittir que FA é igual a FM ; portanto $FA=FC$.

fócos com extrema facilidade advertindo que aos raios incidentes paralelos ao eixo correspondem raios reflectidos que passam pelo fóco principal, isto é, pelo ponto do eixo equidistante do centro de curvatura e do de figura do espelho. Assim, para construir o fóco do ponto L , fig. 144, conduz-se o eixo secundario LN e o raio LM paralelo ao eixo:

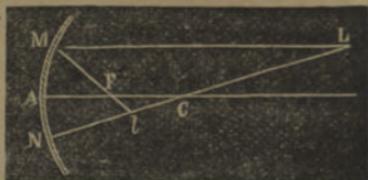


Fig. 144

sendo F o fóco principal, aquelle raio segue, depois de reflectido, o caminho MF ; portanto o fóco de L é l .

322.—Fócos dos espelhos esphéricos convexos.—Nos espelhos esphéricos convexos os raios reflectidos são sempre divergentes, fig. 145: portanto os fócos são sempre virtuaes.

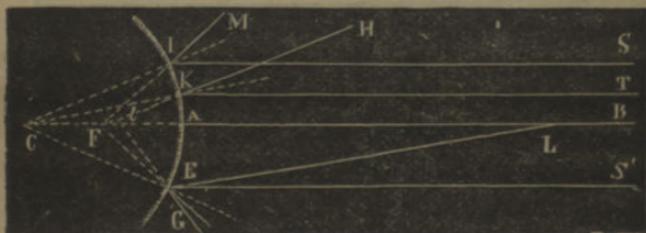


Fig. 145

Sendo os raios incidentes paralelos ao eixo, como SI , TK , etc., os raios reflectidos IM , KH , etc., prolongados cortam este eixo n'um ponto F , que por analogia se denomina *fóco principal virtual*. Este ponto tambem divide ao meio o raio de curvatura AC .

Se os raios incidentes LE , por ex., partem de um ponto L situado a uma distancia finita, o fóco virtual l fórma-se entre o fóco principal F e o espelho: por conseguinte todos os fócos dos espelhos esphéricos convexos existem na extensão AF , isto bem entendido para os pontos situados no eixo principal. O fóco de um ponto collocado fóra do eixo

principal obtem-se por uma construcção idêntica á que se emprega nos espelhos concavos.

323.—Imagens formadas pelos espelhos esphéricos concavos.— A imagem de um objecto é a reunião dos fôcos dos seus pontos; obtem-se por conseguinte construindo esses fôcos, ou pelo menos os sufficientes para determinar a posição e grandeza d'aquella imagem. Conforme elles são *reaes* ou *virtuaes*, assim as *imagens* são tambem *reaes* ou *virtuaes*: dá-se o primeiro caso quando o objecto está além do fôco principal, e o segundo quando está entre este ponto e o espelho.

Construcção das imagens reaes.—Seja OO' , fig. 146, o

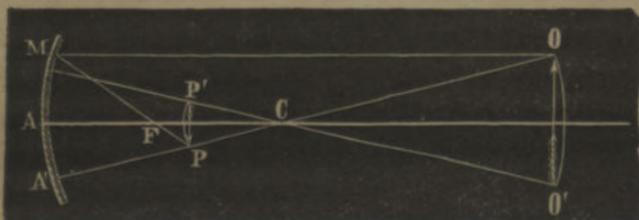


Fig. 146

objecto collocado em frente do espelho concavo $A'M$, além do seu fôco principal F . Conduzam-se os eixos secundarios OA' , $O'C$, dos pontos extremos e construam-se os fôcos conjugados d'esses pontos; o que se faz, como dissemos, tirando por cada um d'elles um raio OM paralelo ao eixo principal, depois a recta que une o ponto de incidencia no espelho com o fôco principal, e enfim prolongando esta ultima até encontrar o eixo secundario respectivo. Obtem-se assim o ponto P fôco conjugado de O , e P' fôco de O' . A imagem é portanto *real* e *invertida*. Em quanto o objecto está além do centro de curvatura C , a imagem fica entre este ponto e o fôco principal; é menor que o objecto, tanto mais quanto mais distante elle está. É claro, em virtude da conjugação dos fôcos, que se o objecto tem a posição PP' , a imagem

se formará em OO' : assim o objecto collocado entre o fóco principal e o centro de curvatura tem a imagem sempre além d'este ultimo ponto, maior que o mesmo objecto, e tanto maior quanto mais proximo elle está do fóco principal.

Construcção das imagens virtuaes.—Se o objecto AB , fig. 147, está entre o espelho e o fóco principal F , a ima-

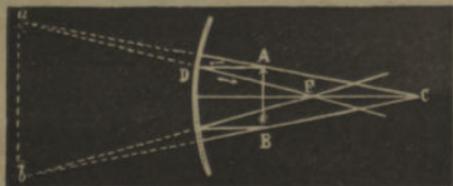


Fig. 147

gem é *virtual*, como dissemos: a sua construcção não difere da que acabamos de descrever. Assim a imagem do ponto A obtem-se conduzindo o eixo secundario AC , o qual se prolonga para a parte posterior do espelho; tirando o raio AD paralelo ao eixo, e a recta DF , que une o ponto de incidencia com o fóco principal. Este recta diverge do eixo secundario; porém o seu prolongamento corta o prolongamento d'este eixo no ponto a , o qual é a *imagem virtual* do ponto A . Da mesma maneira se obtem o fóco b de B . A imagem procurada é por conseguinte ab .

D'esta construcção se conclue que as *imagens virtuaes* dos espelhos concavos são *direitas* e *maiores* que os objectos, tanto maiores quanto mais perto elles estão do fóco principal.

324.—*Imagens obtidas com os espelhos esfericos convexos.*—Como n'estes espelhos não ha fócos reaes, as imagens são sempre virtuaes. A fig. 148, indica a sua construcção: OO' é o objecto; OC e $O'C$ os eixos secundarios extremos, e OM um raio emittido pelo ponto O parallelamente ao eixo principal: sendo F o fóco virtual principal, o prolongamento do raio reflectido é MF ; portanto é P o fóco conjugado de O .

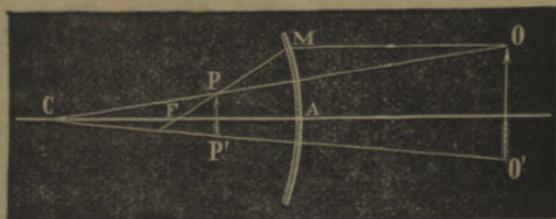


Fig. 148

Da mesma maneira se obtem o fóco P' de O' ; de modo que a imagem é PP' .

As imagens virtuaes formam-se por detraz do espelho no angulo dos eixos secundarios extremos, logo: *as imagens obtidas com os espelhos esphericos convexos são sempre virtuaes, direitas e menores que os objectos*¹.

CAPITULO III

REFRACÇÃO DA LUZ.—PRISMAS E LENTES

I.—Leis geraes.—Reflexão total

325.—Refracção simples e dupla.—Um raio de luz passando obliquamente de um meio para outro, do ar para a agua, ou vice-versa, por ex., é desviado, aproximando-se ou afas-

¹ Ha um só caso em que os espelhos convexos dão imagens reaes: é quando elles recebem raios convergentes para um ponto situado entre o fóco e o espelho. Faz-se applicação d'isto no telescopio de Cassegrain.

tando-se da normal á superficie de separação dos dois meios: este phenomeno, já mencionado no num. 309, é conhecido pela denominação de *refracção da luz*.

Assim, seja XY , fig. 149, a superficie de separação dos dois meios, AI o raio incidente e NN' a normal a XY no ponto de incidencia I : o raio refracto é IB , por ex.; o angulo AIN diz-se *angulo de incidencia*, e BIN' *angulo de refracção*:

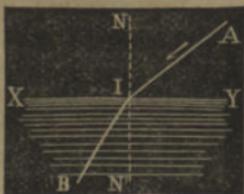


Fig. 149

no caso considerado, este angulo é menor que aquelle, isto é, a luz aproxima-se da normal; o contrario succederia se a luz caminhasse do segundo para o primeiro meio: conforme acontece uma ou outra coisa, o segundo meio diz-se *mais ou menos refrangente* que o primeiro¹.

Se o raio incidente fosse a normal NI , o refracto seria IN' e não haveria *refracção*.

A luz atravessando alguns solidos não homogeneos, especialmente certos *crystaes*, divide-se pela *refracção* em dois feixes distinctos: este phenomeno denomina-se *refracção dupla*, e as substancias que o produzem dizem-se *bi-refrangentes*².

326.—Exemplos de alguns effeitos vulgares da *refracção*.—Os raios OA , OB , etc. dirigidos do objecto O , fig. 150, collocado debaixo d'agua, são desviados da normal quando penetram no ar, tomando ás direcções AA' , BB' , etc., cujos prolongamentos concorrem sensivelmente sobre a normal ON n'um ponto O' , superior a O ; por conseguinte um individuo fóra d'agua collocado em posição propria para re-

¹ Em geral os corpos mais densos são os mais refrangentes; porém esta regra tem excepções.

² Gosam apenas d'esta propriedade as substancias *crystallisadas* não symetricas em torno de um ponto; porém as outras podem tornar-se *bi-refrangentes* accidentalmente, alterando-se-lhes a *estructura* pela compressão, como acontece com o vidro.

ceber os raios AA' , BB' , etc., vê o objecto mais elevado. Isto acontece a todos os corpos mergulhados n'um meio mais refrangente do que o ar: por este motivo uma vara mergulhada em parte e obliquamente na agua parece quebrada, fig. 151; porque se eleva aparentemente a porção submergida.

Os corpos collocados n'um meio menos refrangente do que o ar apparecem, pelo contrario, n'uma posição inferior á que teem.

A refração nas diferentes camadas d'ar de densidade crescente para a superficie da terra faz com que a luz não se propague em linha recta, mas segundo uma curva com a concavidade voltada para nós. É este o phenomeno da *refracção atmospherica* que nos faz vêr sobre o horizonte os astros que estão abaixo d'elle. De feito, os raios emittidos por um astro S , fig. 152, caminham em linha recta até en-



Fig. 150



Fig. 151

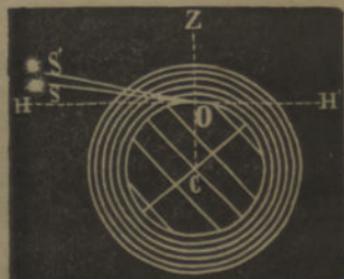


Fig. 152

contrar a atmospherica, depois começam a refractar-se e seguem um linha curva concava em referencia á terra; de modo que o observador collocado em O vê o astro em S' , no prolongamento do ultimo elemento curvilineo.

A refração atmospherica é nulla para os raios verticaes e augmenta com a sua obliquidade, tornando-se maxima no horizonte; por isso vemos muito tempo acima do horizonte os astros que estão abaixo d'elle. Assim, o sol nasce mais

cedo e põe-se mais tarde do que o faria se não fosse a atmosphera, isto é, se não houvesse a refração.

327.—Leis da refração simples: demonstração.—As leis da refração simples, conhecidas pela denominação de *leis de Descartes*, são as duas seguintes:

1.^a O raio incidente e o raio refracto correspondente estão no mesmo plano normal á superficie de separação dos dois meios;

2.^a É constante a relação entre os senos¹ dos angulos de incidencia e de refração, para os mesmos meios.

Demonstram-se estas leis com o aparelho representado na fig. 153. É um circulo graduado vertical AA com duas

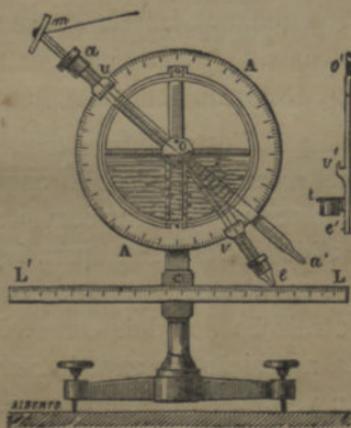


Fig. 153

¹ Descrevendo um arco com qualquer raio R e com o centro no vertice do angulo, e baixando do ponto em que elle corta um dos lados, a perpendicular sobre o outro, a relação entre esta perpendicular e o raio R denomina-se *seno do angulo*: o seu valor maximo é unidade, e corresponde ao angulo de 90° .

Variando o angulo, porém conservando constante o raio R , a relação entre os senos é igual á relação entre aquellas perpendiculares.

alidades muito desiguaes aa' , oe , moveis em torno do centro: a primeira munida de um espelho m e de um disco com um pequeno orificio para limitar um feixe de raios solares, tendo além d'isso em a' um traço na direcção do raio do circulo e sobre elle uma pequena agulha perpendicular á alidade: a segunda alidade oe , igual á metade oa' da primeira e representada de perfil em $o'e'$, tem tambem uma agulha e' e um tubo t com diaphragma. A regua horizontal LL' , graduada em millimetros, fixa-se por meio de um parafuso a diferentes alturas sobre o pé do instrumento e serve para dar os *senos* dos angulos de incidencia e de refração. No centro do circulo está um vaso semi-cylindrico de vidro contendo liquido até ao nivel do centro.

Para verificar as leis volta-se o espelho m de modo que um raio incidente ao chegue ao centro do circulo; dispõe-se convenientemente a alidade oe para deixar passar o raio refracto pelo orificio do diaphragma, e colloca-se a regua LL' de modo que a agulha e' d'esta alidade toque o seu bordo superior; a distancia ec mede o *seno* do angulo de refração. Eleva-se depois a regua até tocar com o seu bordo superior a agulha da alidade aa' , tendo para isso levantado a outra alidade; mede-se d'este modo o *seno* do angulo de incidencia e faz se a relação dos dois *senos*. Repete-se esta experiencia variando a posição da alidade aa' , tantas vezes quantas se quizer, e verifica-se a segunda lei.

A primeira conclue-se da disposição do aparelho; porque as aberturas dos diaphragmas são equidistantes do circulo vertical, e estão por conseguinte n'um plano perpendicular á superficie do liquido.

Demonstram-se as leis de Descartes nos solidos substituindo o vaso semi-cylindrico por um semi-cylindro de substancia solida transparente, e repetindo as mesmas operações.

328. — Lei de reciprocidade. — Consequencia. — Passagem da luz através de um meio de faces parallelas. — Fazendo a experiencia do numero antecedente, porém com os meios em

ordem inversa, isto é, obrigando a luz a passar dos solidos ou dos liquidos para o ar, reconhece-se que os raios seguem o mesmo caminho, tendo-se mudado o angulo de refração em angulo de incidencia, e vice-versa; por conseguinte a relação constante, entre os senos dos dois angulos, é tambem inversa do que era no primeiro caso: assim, sendo do ar para a agua de $\frac{4}{3}$, é de $\frac{3}{4}$ da agua para o ar. Isto é um

caso particular da *lei de reciprocidade*, lei geral de optica que se enuncia da maneira seguinte: *a luz que atravessa um systema de corpos transparentes segue sempre o mesmo caminho, qualquer que seja o sentido da propagação.*

D'esta lei conclue-se que a luz atravessando um meio de aces parallelas não é desviada; porque sendo OA , fig. 154, o raio incidente na primeira face, AB o raio incidente na segunda e BC o raio emergente, temos a egualdade $\frac{\text{sen } OAN}{\text{sen } BAN} = \frac{\text{sen } CBH'}{\text{sen } HBA}$, e como os angulos BAN' e HBA são eguaes por serem alternos internos é $OAN = CBH'$;

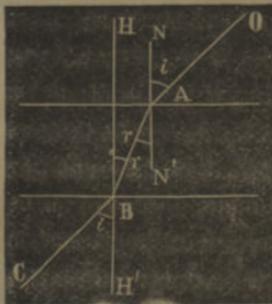


Fig. 154

porém como BH' é parallelas a AN' , segue-se que BC é parallelas a AO .

329.— *Indices de refração.*— A relação constante para dois meios entre os senos dos angulos de incidencia e de refração, varia com a natureza de cada um d'estes meios e denomina-se *indice relativo de refração*: representando-o por n temos $n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$. Em virtude do principio do numero antecedente, o indice relativo entre o segundo e o primeiro

meio é $\frac{1}{n}$. Para evitar confusões não se considera entre dois meios senão um d'estes dois numeros, o que é superior á unidade. Assim, quando a luz se refracta entre dois meios,

toma-se sempre para angulo de incidencia o maior dos dois angulos que ella faz com a normal. É por este motivo que os indices de refracção se representam sempre por numeros maiores que unidade.

Se a luz passa do vacuo para uma substancia, o indice de que acabamos de tratar só depende da natureza d'esta substancia; é portanto um numero que serve para a definir e que constitue um dos caracteres physicos mais importantes; denomina-se *indice absoluto*, ou simplesmente *indice de refracção* da substancia.

Como o indice de refracção do ar é muito pequeno¹ em relação ao da maior parte dos solidos e liquidos, despreza-se o seu valor, n'um grande numero de applicações, e toma-se para *indice* de uma substancia o indice relativo do ar e d'essa substancia².

330.—Angulo limite.—Reflexão total.—A formula $n = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$ mostra que á medida que cresce o valor de i cresce tambem o de r : quando o primeiro attinge o seu valor maximo, isto é, quando $i=90^\circ$, o valor de r é tambem maximo e dado pela expressão

$$\text{sen } R = \frac{1}{n};$$

o angulo R denomina-se então *angulo limite*; porque o cone descripto com a geratriz OL , fig. 155, sendo $LON'=R$, marca o limite de todos os raios refractos que podem penetrar pelo ponto O .

Se a luz caminha em sentido contrario, isto é, do meio

¹O seu valor é 1,00029.

²Em rigor não é isto assim, e para passar do indice relativo de uma substancia em relação ao ar para o indice absoluto, é preciso multiplicar o primeiro pelo indice do ar.

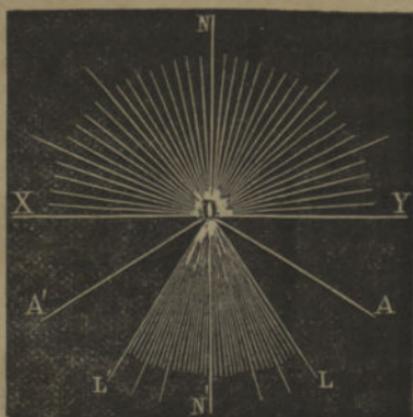


Fig. 155

inferior para o superior, os raios compreendidos no cone LOL' saem em parte para cima e o resto reflecte-se; considerando porém um raio AO fóra do cone, para o qual $\text{sen } r > \frac{1}{n}$, tem-se $\text{sen } i > 1$, o que é impossivel. N'este caso não pode, com effeito, haver refração, e reconhece-se na direcção OA' um feixe de luz muito intensa: diz-se então que ha *reflexão total*, o que significa que sob uma incidencia maior que o angulo limite não pode a luz passar para o outro meio.

Uma experiencia muito simples demonstra o phenomeno da reflexão total: colloque-se sobre uma banca e proximo de uma das extremidades um copo com agua, e a uma certa distancia um objecto qualquer O , fig. 156: a uma distancia conveniente este objecto não pode ser visto olhando por cima do copo através da agua, porque sendo o angulo Oin superior ao angulo limite, nenhum dos

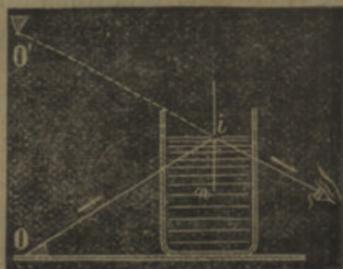


Fig. 156

raios pode emergir na superficie do liquido: olhando do outro lado, de baixo para cima, vemos a imagem em O' , produzida pelos raios reflectidos totalmente na superficie do liquido; portanto symetrica de O em relação a esta superficie.

331.—*Miragem*.—A reflexão total é causa da *miragem*, isto é, do phenomeno que nos apresenta as imagens invertidas dos objectos distantes e pouco elevados, como se houvesse por baixo d'elles um grande espelho, ou uma grande superficie de agua. Observa-se frequentemente nos paizes quentes e particularmente nas planicies arenosas do Egypto, onde o celebre Monge o estudou quando a expedição franceza esteve n'aquelle paiz, em 1798 e 1799.

O phenomeno produz-se no Egypto com as povoações estabelecidas nas pequenas elevações salientes em vasta planicie, sensivelmente horizontal, para ficarem ao abrigo das innundações do Nilo: quando os raios solares aquecem mais o terreno, este parece terminar na distancia de quatro kilometros, pouco mais ou menos, por uma innundação geral; as povoações, avistadas a distancia, parecem ilhas situadas no meio de um lago, e abaixo da superficie ficticia d'este veem-se imagens invertidas das casas, das arvores, etc. Á medida que nos aproximamos a illusão diminue até desaparecer de todo.

Este phenomeno, observado tambem nos nossos climas, foi explicado por Monge da maneira seguinte.

Quando o ar está tranquillo, pode acontecer que as camadas em contacto com o terreno, fortemente aquecido pelos raios solares, se conservem em repouso n'um estado de equilibrio instavel, com as camadas mais frias e mais densas por cima; então os raios de luz, que vem dos objectos distantes e pouco elevados, e que são por conseguinte pouco inclinados ao horizonte, atravessam camadas de ar de densidade decrescente, afastam-se sempre da normal, chegam a uma camada sob o angulo limite, reflectem-se totalmente

seguido depois um caminho inverso e symetrico, aproximando-se então da normal, como representa a fig. 157. O ob-

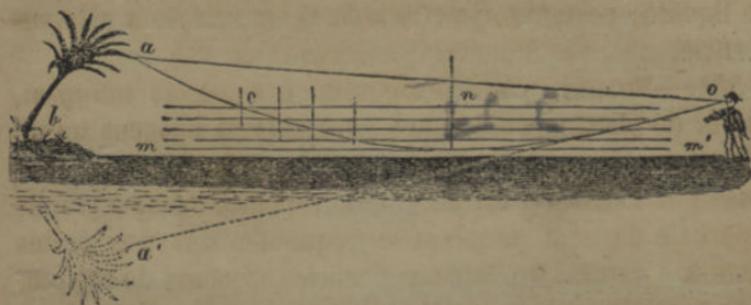


Fig. 157

servador vê as imagens no prolongamento dos ultimos elementos dos raios, por isso as percebe invertidas.

Os raios que vem da atmosphaera reflectem-se de uma maneira analoga e dão a apparencia do lençol de agua, cujo brilho não deixa distinguir o solo; porém para que isto aconteça, é preciso que se descubra a atmosphaera perto do horizonte, afim de os raios serem sufficientemente obliquos. Eis o motivo porque só nos paizes de planicie, como no Egypto, se apresenta o lago de agua.

Observa-se muitas vezes a miragem no mar quando o ar mais frio que a agua está bastante tranquillo; são n'esse caso as camadas superiores mais refrangentes que as inferiores, visto que ellas se acham dilatadas pelo contacto com a agua mais quente.

As vezes a miragem apresenta as imagens invertidas collocadas superiormente aos objectos, como se tem observado no mar; porém este phenomeno é menos frequente, porque só pode produzir-se quando a certa altura ha camadas de ar horizontaes e de densidades rapidamente decrescentes, para que os raios sejam bastante inflectidos e soffram a reflexão total n'uma camada superior: este phenomeno denomina-se *miragem inversa*.

Se as camadas de densidades crescentes se dispõem verticalmente, como quando perto das costas ou das montanhas uma parte está aquecida pelo sol e outra na sombra, nota-se a *miragem lateral*. É esta a miragem particular que se produz algumas vezes ao longo dos muros fortemente aquecidos pelo sol.

II.—Prismas

332.—Prismas.—Dá-se o nome de *prisma*, em optica, a um meio transparente comprehendido por duas faces planas inclinadas uma sobre a outra: a recta em que estas faces se cortam, denomina-se *aresta* ou *vertice* do prisma; o angulo diedro formado por ellas denomina-se *angulo refrangente* do prisma.

Os prismas geralmente empregados são triangulares rectos, fig. 158; porém as suas bases, isto é, as faces triangulares nunca se consideram, e a terceira face rectangular, opposta à aresta, é que recebe o nome de *base* do prisma.

A secção triangular BAC , fig. 159, feita por um plano



Fig. 158

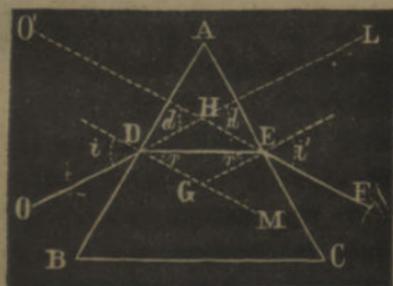


Fig. 159

perpendicular ás arestas, denomina-se *secção principal* do

prisma e a recta BC base. No que vamos dizer supponmos que a refração se faz n'uma secção principal.

333.—Marcha dos raios de luz através dos prismas.—Os prismas empregados em optica são quasi sempre de vidro, isto é, de uma substancia mais refrangente que o ar; portanto um raio OD , fig. 159, *incidente* na face AB sob o angulo de incidencia i , refracta-se para o interior do prisma segundo DE , aproximando-se da normal e fazendo, por conseguinte, um angulo de refração r menor que i ; depois sae segundo EF afastando-se da normal, porque passa do vidro para o ar: de modo que, afinal, o raio de luz atravessando o prisma é desviado para a base d'este.

O angulo FHL do raio incidente com o emergente denomina-se *desvio do prisma*. Um observador collocado em F e recebendo o raio emergente vê o objecto em O' ; por isso se diz que os *objectos vistos através dos prismas parecem desviados para o vertice d'estes*.

Acontece o contrario do que deixamos dito, quando a substancia do prisma é menos refrangente que o ar; então os raios são quebrados para o vertice; portanto os objectos vistos através do prisma são desviados para a base. Observa-se isto com um prisma ôco de vidro fazendo-lhe o vacuo, ou enchendo-o de um gaz menos refrangente do que o ar, como o hydrogenio por exemplo.

O desvio dos prismas augmenta com o angulo refrangente e com o indice de refração da sua substancia.

III.—Lentes

334.—Definições.—Differentes especies de lentes.—Eixos.—Centro optico.—Denominam-se *lentes*, em optica, os meios transparentes terminados por duas superficies esphericas, ou por uma superficie espherica e uma plana. Em virtude da refração, os raios de luz atravessando as lentes conver-

gem ou divergem: as lentes são *convergentes*, quando teem mais grossura na parte média que nos bordos; e *divergentes* no caso contrario.

As *lentes convergentes* podem apresentar as tres fórmas indicadas na fig. 160; a lente *A* diz-se *bi-convexa*, a *B* *plano-convexo* e a *C* *concavo-convexo* ou *menisco convergente*. As *lentes divergentes* recebem as fórmas *D*, *E* e *F*, fig. 161: a primeira denomina-se *bi-concava*, a segunda *plano-concava* e a terceira *concavo-convexo* ou *menisco divergente*.

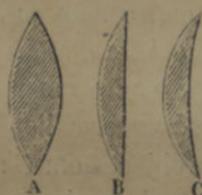


Fig. 160

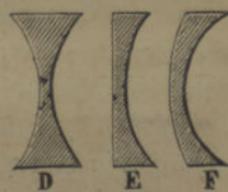


Fig. 161

Os centros das espheras a que pertencem as superficies das lentes denominam-se *centros de curvatura*, e a recta indefinida que passa por elles diz-se *eixo principal*. Nas lentes que teem uma superficie plana, o eixo é a perpendicular a esta superficie conduzida pelo centro de curvatura da face curva.

Denomina-se *centro optico* o ponto *O* do eixo principal,

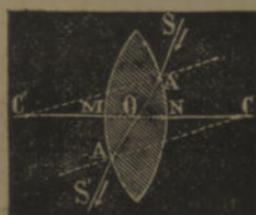


Fig. 162

fig. 162, que gosa da propriedade de que os raios, que atravessam a lente passando por elle, não soffrem desvio. Determina-se a sua posição conduzindo pelos centros *C* e *C'* dois raios de curvatura paralelos *CA*, *C'A'* e unindo os seus extremos pela recta *AA'*: o ponto de intercepção d'esta recta com o eixo principal é o centro optico. De feito, sendo paralelos os planos tangentes nos pontos *A* e *A'*, o raio que segue segundo *AA'* atra-

vessa a lente como se caminhasse através de um meio de faces paralelas; portanto não soffre desvio.

Dá-se o nome de *eixo secundario* a qualquer recta conduzida pelo centro optico, distincta do eixo principal.

As propriedades das lentes convergentes, assim como as das lentes divergentes, são completamente independentes da sua fórma particular; por esse motivo, para fixar as idéas, consideramos apenas as lentes *bi-convexas* e as *bi-concavas*.

335.—Fócos das lentes convergentes.—Nas lentes convergentes distinguem-se, como nos espelhos concavos, tres especies de fócos: *fóco principal*, *fóco conjugado* e *fóco virtual*.

1.º O *fóco principal* é o ponto *F*, fig. 163, do eixo principal

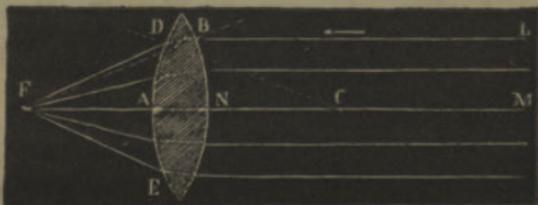


Fig. 163

por onde passam sensivelmente todos os raios depois de atravessarem a lente, tendo incidido sobre ella parallelamente áquelle eixo: a sua distancia *FA* á lente diz-se *distancia focal principal*. Reciprocamente, se o ponto luminoso está em *F*, os raios emergentes são parallelos ao eixo.

Para que isto seja assim é preciso que a superficie espherica comprehenda poucos graus.

Nas lentes convergentes consideram-se portanto dois fócos principaes, um de cada lado, em posição invariavel: nas lentes ordinarias, que são de *crown-class*¹, estes pontos coincidem sensivelmente com os centros de curvatura.

¹ Nos instrumentos de optica empregam-se duas qualidades diferentes de vidro, tanto para formar as lentes como os prismas: o

2.º Suppondo um ponto luminoso L collocado além do fóco F da lente, fig. 164, como os raios divergentes d'elle, LB por ex., fazem com a normal Bn angulos maiores que os feitos pelos raios parallellos, os angulos de refração correspondentes tambem hão de ser maiores; de sorte que os raios emergentes se reúnem do outro lado da lente n'um ponto l além do fóco principal. O ponto l diz-se *fóco conjugado*

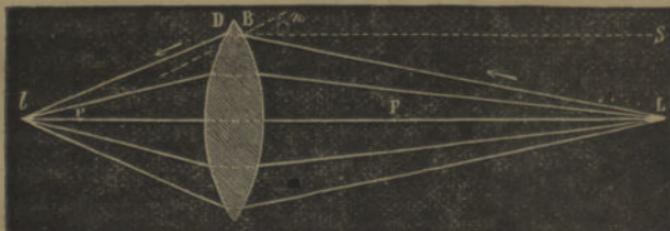


Fig. 164

gado de L ; por isso que, á semelhança do que acontece com os espelhos, o ponto luminoso collocado em l tem o seu fóco em L . A mesma construcção mostra que o fóco de um ponto se afasta indefinidamente de um dos fócos da lente, á medida que o ponto luminoso se aproxima do outro fóco, e já sabemos que chegando a este ponto deixa de haver fóco conjugado, porque os raios emergem parallelamente ao eixo: diz-se então que o fóco conjugado está situado no infinito.

3.º Se o ponto luminoso L está entre o fóco e a lente, fig. 165, os raios emergem divergentes do eixo: os seus prolongamentos concorrem porém para o mesmo lado do ponto luminoso, n'um ponto l , que é o seu *fóco virtual*. Assim, as lentes convergentes dão apenas *fócos virtuaes*, quando os pontos luminosos estão entre ellas e os seus fócos principaes.

flint-glass, que é um silicato de potássio e chumbo, e o *crown-glass*, que é silicato de potássio e calcio.

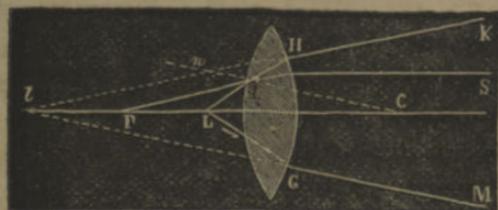


Fig. 165

O que fica dito é completamente applicavel aos pontos situados fóra do eixo principal, com a differença porém de que os fócios se formam então nos *eixos secundarios*.

336.—Fócos das lentes divergentes.—N'estas lentes não ha senão fócios virtuaes, porque os raios que emergem são sempre divergentes.

Consideremos em primeiro logar os raios incidentes parallelos ao eixo, como *SI, SK*, etc., fig. 166. Estes raios



Fig. 166

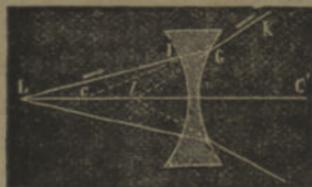


Fig. 167

penetram na lente approximando-se da normal *CI, CK*, etc., por conseguinte afastando-se já do eixo; depois emergem desviando-se da normal, e mais se afastam d'aquelle eixo. Os seus prolongamentos concorrem sensivelmente no ponto *F*, denominado *fóco virtual principal*.

Se os raios partem de um ponto *L*, fig. 167, uma construcção identica mostra que se fóra um fóco conjugado virtual n'um ponto *I*.

337.—Imagens formadas pelas lentes convergentes.—Seja *AB*, fig. 168, o objecto e *O* o centro optico da lente: para obter

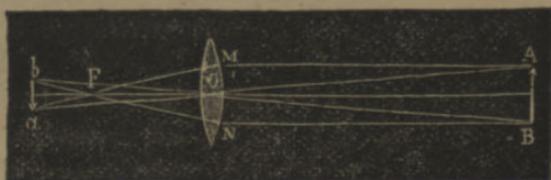


Fig. 168

a imagem conduzam-se os eixos secundários de A e B , e para ter os fócios d'estes pontos tirem-se os raios AM e BN paralelos ao eixo principal; como estes raios depois de atravessar a lente vão passar pelo fôco principal F , tracem-se as linhas MF e NF , prolonguem-se até encontrarem os eixos secundários respectivos: os fócios são portanto a e b , e ab é a imagem procurada.

Em quanto os fócios são reaes, isto é, em quanto o objecto está além do fôco principal, as imagens são *reaes* e *invertidas*: quanto ás suas dimensões dependem evidentemente da distancia do objecto á lente; assim o objecto AB produz a imagem ab menor que elle; se o objecto fosse collocado em ab a sua imagem seria AB maior que ab .

Um objecto AB , fig. 169, collocado entre a lente O e o seu fôco principal f dá um imagem *virtual*, e por conseguinte *direita* e *amplificada*: a figura indica a sua construção, perfeitamente identica á que acima mencionamos.

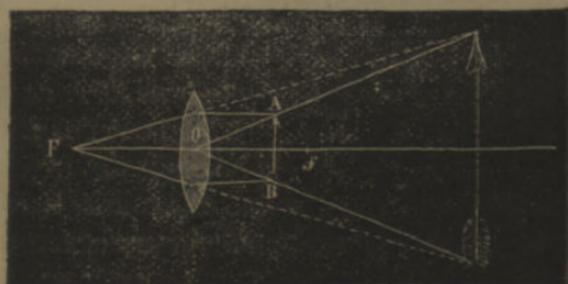


Fig. 169

338.—Imagens formadas pelas lentes divergentes.—As imagens formadas pelas lentes divergentes são evidentemente todas *virtuaes*, e por consequencia *direitas* e *menores* que o objecto. A figura 170 indica a construcção: *AB* é o objecto,

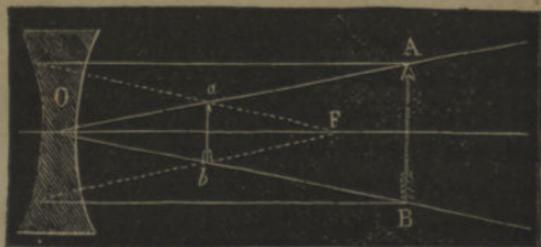


Fig. 170

AO e *BO* os eixos secundarios dos seus pontos extremos; conduzem-se por *A* e *B* raios paralelos ao eixo, os quaes depois de atravessarem a lente são divergentes e os seus prolongamentos concorrem no ponto *F*, fóco principal; portanto os pontos *a* e *b*, em que estas linhas cortam os eixos secundarios, são os fócos virtuaes de *A* e *B*, e *ab* a imagem procurada.

CAPITULO IV

DISPERSÃO DA LUZ

339.—*Chromatica*.—O estudo que temos feito dos raios da luz é completamente geometrico, isto é, refere-se apenas á sua direcção; porém independentemente da direcção e intensidade, os raios luminosos produzem impressões diferentes sobre o orgão visual, as quaes se attribuem a diferentes qualidades, que denominamos *côres*.

A parte da optica, que estuda as côres, é a *chromatica*.

340.—Espectro solar.— Dispersão da luz.—Recebendo n'uma camara escura, por uma abertura circular praticada n'uma das paredes, um feixe de raios solares SA, fig. 171, dirigindo-o sobre um prisma P, de arestas horizontaes e com o vertice voltado para o chão, vemos na parede opposta da camara escura e para a parte superior uma imagem do sol

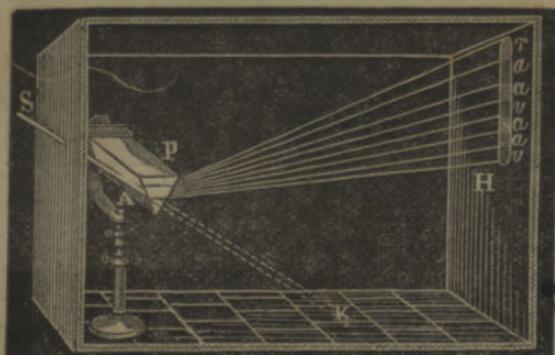


Fig. 171

alongada na direcção perpendicular ás arestas do prisma, conservando as dimensões da abertura na direcção paralela, e córada com todas as côres do arco-iris.

Esta experiencia é devida a Newton: este sabio deu á imagem córada do sol o nome de *espectro solar*, e ao phenomeno da separação das côres o de *dispersão*.

As côres principaes que se distinguem no espectro são as seguintes, collocadas na ordem ascendente da sua refrangibilidade:

Vermelha, alaranjada, amarella, verde, azul, anilada e roxa.

Estas côres não occupam espaços eguaes do espectro; a mais extensa é a roxa e a menos a alaranjada.

Note-se porém que as côres do espectro não são só estas; ha realmente uma infinidade d'ellas, de limites mal definidos, e que se fundem umas nas outras.

Para produzir um espectro solar com as sete côres principaes bem distinctas, convém que a abertura da camara escura seja de poucos millimetros de diametro, o angulo do prisma de 60° , e a distancia do alvo 5 a 6 metros.

341.—Theoria de Newton.—Newton explicou o phenomeno da dispersão admittindo que a luz branca do sol era composta de uma infinidade de raios de diversas côres, simples, indecomponiveis por novas refrações e dotados de desigual refrangibilidade¹.

Para confirmar este principio vamos demonstrar o seguinte :

1.º—*Que as diversas côres do espectro reunidas dão o branco;*

2.º—*Que as côres do espectro são simples;*

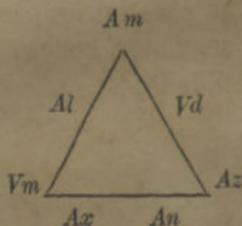
3.º—*Que os raios do espectro são desegualmente refrangiveis.*

342.—I.—Recomposição da luz branca.—Demonstra-se que da sobreposição de todos os raios do espectro solar resulta a luz branca, com as experiencias seguintes:

1.º Dirigindo o espectro solar através d'uma lente biconvexa, fig. 172: collocando no fóco um alvo recebe-se n'elle uma imagem branca do sol;

¹Brewster admittia apenas tres côres simples: *vermelha, amarella e azul*, distribuidas mui desegualmente em toda a extensão do espectro, e dando pela sua mistura em proporções muito diversas as sete côres mencionadas. Apesar de não estar admittida esta theoria, fazemos menção d'ella, porque permite mne-monisar bem a successão das côres.

Imaginem-se nos tres vertices de um triangulo as tres côres *vermelha (Vm)*, *amarella (Am)* e *azul (Az)*: o alaranjado (*Al*) que fica entre as duas primeiras, resulta da sua mistura; o verde (*Vd*) é a mistura das duas ultimas, e o *anilado* e *roxo* resultam da terceira e primeira conforme o predominio da côr primitiva.



2.º—Recebendo o espectro formado por um prisma sobre outro prisma da mesma substancia e de igual angulo refrangente, collocado em sentido contrario, fig. 173: os

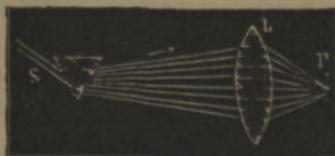


Fig. 172

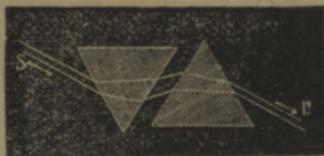


Fig. 173

raios tornam-se paralelos e formam um feixe de luz branca;

3.º Dirigindo os raios do espectro para um espelho concavo, e collocando no fóco um alvo de vidro despolido, no qual se fórma a imagem do sol;

4.º—Recebendo os raios do espectro sobre sete espelhos moveis, fig. 174, dando-lhes direcções convenientes para

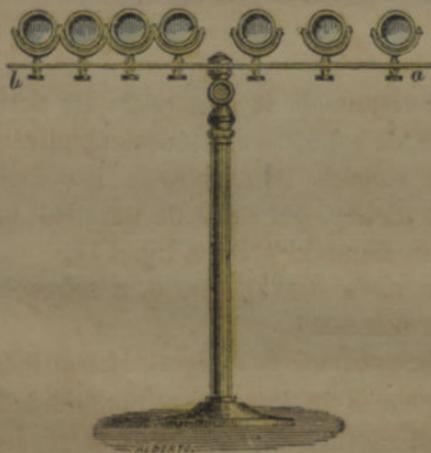


Fig. 174

que os raios concorram depois da reflexão n'um ponto da parede; vê-se n'esse ponto uma imagem branca do sol;

5.º—Fazendo girar rapidamente um disco de cartão no qual estejam as sete côres em tiras de papel, dispostas do

centro para a circumferencia, de modo que completem um certo numero de espectros successivos, fig. 175: a retina receberá simultaneamente a impressão das sete côres, e o disco parecerá branco, fig. 176.

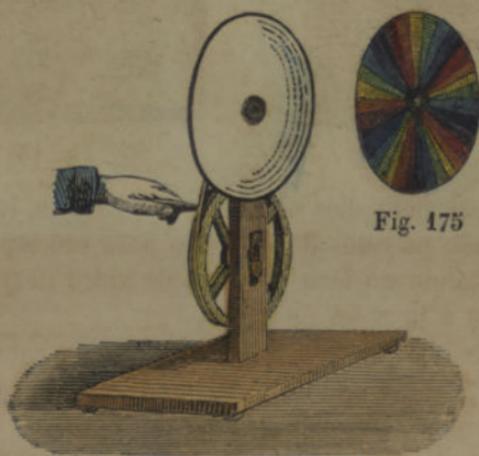


Fig. 175

Fig. 176

343.—II.—Demonstração da simplicidade das côres do espectro. —As sete côres do espectro são indecomponíveis pelo prisma, e dizem-se *simples*. Demonstra-se isto facilmente isolando cada uma d'ellas, por meio de um alvo furado, e recebendo-as n'um segundo prisma, fig. 177.

Reconhece-se novo desvio, isto é, a refração, porém a côr conserva-se a mesma.

344.—III.—Demonstração da desigual refrangibilidade dos raios. —É em consequencia da desigual refrangibilidade dos raios, que compõem a luz branca, que elles se separam atravessando o prisma e dão á imagem do sol a fórma alongada. Assim o roxo, que é mais desviado para a base do prisma, é o mais refrangível e o vermelho o menos.

Varias experiencias directas demonstram completamente este principio.

Collocando sobre um cartão preto duas tiras de papel,

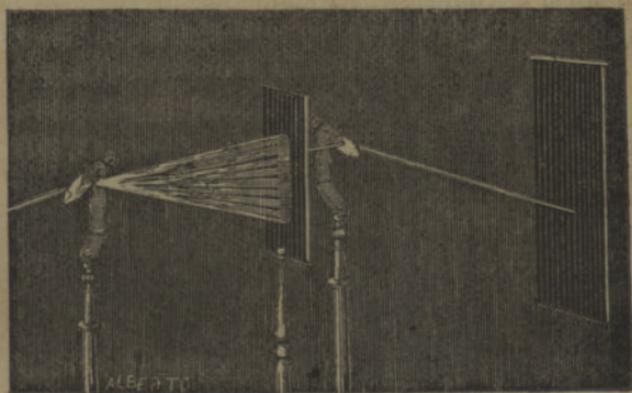


Fig. 177

uma vermelha e outra roxa, ligadas uma á outra, e observando-as através de um prisma, vêem-se separadas e mais desviada a roxa.

Recebendo o espectro produzido por um prisma horizontal, sobre um prisma vertical da mesma natureza e de igual angulo refrangente, obtem-se um espectro inclinado de 45° , resultado das duas refrações eguaes, uma vertical e outra horizontal: se os raios do espectro fossem igualmente refrangíveis é claro que o prisma vertical deveria desvial-os igualmente, e o espectro obtido com os prismas cruzados seria ainda vertical, porém mais desviado para a base do segundo prisma.

Newton variou esta experiencia de uma maneira notavel; sobrepoz sobre o mesmo alvo dois espectros inversos dados por dois prismas identicos collocados parallelamente, porém com os vertices para lados oppostos, e recebendo cada qual um feixe de luz solar; depois observou este duplo espectro com um terceiro prisma collocado entre os primeiros perpendicular a elles, e viu os dois espectros, desviados para o vertice do novo prisma, dispostos em cruz.

A experiencia dos prismas cruzados torna-se curiosa, e decisiva, dispondo os prismas de modo que se receba sobre

um alvo a imagem do raio directo, o espectro de cada um dos prismas e o espectro de ambos.

Para este fim collocam-se os dois prismas como representa a fig. 178, sendo o circulo ponteadado o feixe de raios

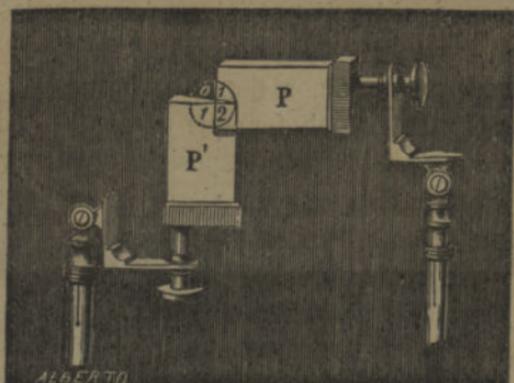


Fig. 178

solares. É claro que a porção do feixe que passa no quadrante O não soffre dispersão, porque não se refracta, e dá no alvo a imagem branca A, fig. 179; os raios que passarem

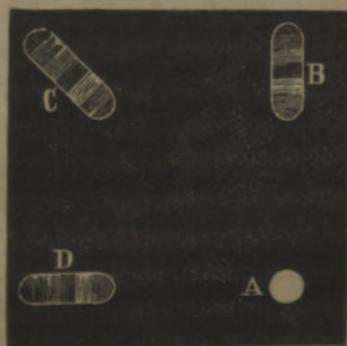


Fig. 179

nos quadrantes 1,1 soffrem uma só refração nos prismas *P* e *P'* e dão, o primeiro o espectro vertical *B*, o segundo o espectro horizontal *D*; finalmente, os raios do quadrante 2 atravessam os dois prismas e dão o espectro obliquo *C*.

345.—*Riscas do espectro.*—O espectro solar não é continuo, isto é, não tem raios de todas as refrangibilidades comprehendidas entre os extremos; porque apresenta muitas linhas obscuras, perpendiculares ao seu comprimento e mui desigualmente repartidas. Estas linhas, denominadas *riscas do espectro*, foram observadas pela primeira vez por Wollaston em 1802, e quinze annos depois foram objecto de estudos especiaes de Fraunhofer, que observou mais de 600, sempre pela mesma ordem e disposição, qualquer que fosse o prisma, com tanto que a luz viesse do sol, directamente, ou reflectida pelos astros ou pelas nuvens. Variam porém quando os raios proveem de diversas origens.

Fraunhofer notou oito riscas principaes, que designou pelas primeiras letras do alphabeto, e que são muito importantes por caracterisarem as differentes porções do espectro, fig. 180. No vermelho estão as tres primeiras, *A, B, C*; a

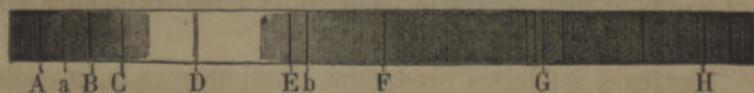


Fig. 180

quarta, *D*, occupa a parte mais brilhante do espectro entre o alaranjado e o amarello: n'esta côr ha tres muito distinctas, a ultima das quaes é representada por *E*; a verde contém tres, quasi equidistantes, a média das quaes é representada por *F*; a linha *G* fica entre o azul e o anilado, finalmente a *H* termina o roxo.

Multiplicando as refrações em muitos prismas e observando com um bom oculo teem-se contado mais de 3000 riscas.

346.—*Côres simples e compostas.*—*Côres complementares.*—Newton dividia as côres em *simples* e *compostas*: as primeiras são as que se distinguem em um espectro bem puro; as segundas são formadas pela mistura de côres simples.

Podemos variar á vontade as côres compostas repetindo qualquer das experiencias descriptas no num. 342, e tendo o cuidado de interceptar alguns raios simples em diferentes proporções.

Fazendo a primeira experiencia e interceptando algumas côres com um prisma de angulo muito agudo, obtem-se duas côres compostas, entre as quaes estão repartidos os elementos da côr branca. Estas côres, cuja mistura produz a branca, denominam-se *complementares*: são complementos uma da outra as côres *vermelha e verde*; *alaranjada e azul*; *amarella e roxa*.

347.—Espectro das diferentes luzes.—A luz das diferentes origens é sempre composta e por isso produz espectros, nos quaes não se encontram novas côres, nem diversa disposição; porém faltam, em geral, algumas, predominando sempre aquella que predomina na luz artificial.

Os espectros das luzes artificiaes não apresentam riscas obscuras, e pelo contrario teem linhas muito brilhantes em posições determinadas.

Nas luzes artificiaes predomina quasi sempre o amarello e isso explica o phenomeno de parecer verde á noite o que de dia é azul; porque o azul junto com o amarello produz a côr verde.

348.—Composição do espectro.—Propriedades das diversas partes do espectro solar.—A radiação que constitue o espectro não consta só da parte visivel, unica que Newton conheceu; ella é muito mais extensa e consta de tres partes dotadas de propriedades distinctas, a *luminosa*, a *calorifica* e a *chimica*, em diferente intensidade nos seus diversos pontos.

A *intensidade luminosa* é maxima no amarello e alaranjado, e quasi nulla no roxo e no vermelho.

A *intensidade calorifica* é quasi nulla no roxo, cresce até ao vermelho e ainda além d'esta extremidade do espectro, adquirindo um maximo na parte obscura. Isto mostra que ha um *espectro calorifico*, que se sobrepõe em parte ao lu-

minoso, e que uma grande parte das irradiações calorificas do sol são obscuras e menos refrangiveis que os menos refrangiveis raios luminosos. Para distinguir os raios calorificos de diversa refrangibilidade, diz-se que tem *thermocrosses* diversas.

A *intensidade da acção chimica* é maxima na côr roxa e na parte obscura do espectro além d'esta côr, e é quasi nulla no amarello, no alaranjado e no vermelho.

A acção chimica da luz é muito complexa. Umaz vezes decompõe certos corpos, como acontece aos compostos binarios de alguns metaes, o chloreto de prata, por exemplo, que ennegrece quando se expõe á luz, porque abandona uma parte do metal. Outras vezes a luz produz combinações: assim uma mistura do chloro e hydrogeneo, que se conserva indefinidamente nas trevas, exposta á luz produz uma grande detonação resultante da violenta combinação dos dois gazes. O oxygeneo adquire tambem, sob a acção solar, a tendencia para se combinar com as materias organicas; foi com uma experiencia d'esta natureza que Niepce imaginou em 1813 a arte photographica.

A luz solar preside ás acções chemicas que se effectuam nas folhas das plantas, no acto da respiração; á formação da materia córante das folhas e das flores, etc.

Das tres propriedades das diferentes partes do espectro nasceu a consideração de tres especies de raios: *raios luminosos*; *raios calorificos* e *raios chemicos*; porém hoje não se admittem estas tres irradiações distinctas, sobrepostas em parte no espectro por serem da mesma refrangibilidade; admitte-se, pelo contrario, em cada ponto do espectro uma só irradiação, capaz de manifestar-se pela luz, pelo calor e pela acção chimica.

349.—Theoria da côr dos corpos.— Os corpos opacos só podem ser vistos por *diffusão*, isto é, pela luz que reflectem irregularmente na superficie: a sua côr é portanto a que resulta da mistura dos raios espectraes que diffundem. Se

diffundem todas as côres simples nas mesmas proporções em que entram no espectro, são *brancos*; se não diffundem luz alguma, são *pretos*; se diffundem só os raios verdes, são *verdes*, etc. Não sendo os corpos esclarecidos com a luz solar, a sua côr depende evidentemente da luz empregada; é por esse motivo que alguns objectos apresentam de noite côres diferentes das que teem de dia.

Os corpos transparentes deixam passar muitos raios de luz e reflectem outros; pode por isso acontecer que a sua côr seja diferente quando vistos pela reflexão ou por transmissão; as côres tambem dependem da espessura, porque ella influe nos raios absorvidos: assim a agua em sufficiente espessura é alaranjada ou vermelha por transmissão, e verde ou azul por diffusão. Não se julgue porém que a côr transmittida deve ser sempre complementar da reflectida, isto só acontece quando o corpo não absorve luz alguma. Ha corpos vermelhos por transmissão e por diffusão; porque reflectem uma parte dos raios vermelhos incidentes, transmittem outra parte e absorvem os raios das demais côres.

O grau de polido da superficie dos corpos influe na sua côr, como bem se observa no marmore e nas madeiras. Os corpos tambem, ás vezes, teem côr diferente quando em massa ou quando reduzidos a pó; reconhece-se isto nos metaes, cujo pó é muitas vezes negro.

330.—Côr do ar.—Se não fosse a atmosphaera, a abobada celeste apresentar-se-nos-hia negra; porém como o ar reflecte diffusamente os raios azues e absorve os outros, faz que vejamos o *ceu azul*.

Se os raios do sol atravessam uma grande espessura da atmosphaera perdem tambem n'esta os raios azues; por tal motivo, quando o astro está proximo do horizonte os seus raios parecem vermelhos, purpureos ou amarellos.

A grande intensidade da luz, diffundida pela atmosphaera durante o dia, faz que só vejamos os astros á noite; sobre

as altas montanhas ou em um balão podem ver-se de dia, porque nas regiões elevadas da atmosphaera é pequena a quantidade de luz diffusa e o ceu parece-nos quasi negro; o mesmo acontece observando do fundo de um poço.

351.— *Aberração de refrangibilidade.*— *Achromatismo.*— A distancia focal de uma lente depende do indice de refração, o qual é differente para as diversas côres do espectro; d'aqui resulta que uma lente, assim como um prisma, além de refractar a luz, decompõe-n'a, e apresenta, por conseguinte, para um feixe solar, sete fócos distinctos, sendo o mais proximo o da côr roxa, que é a mais refrangível, e o mais distante o da vermelha.

Este defeito denomina-se *aberração de refrangibilidade*.

Assim, cada objecto tem uma infinidade de imagens correspondentes aos raios simples por elle enviados; as imagens sobrepõem-se em grande parte da sua superficie, não sendo n'esses pontos alterada a côr do objecto; porém nos bordos não se faz a sobreposição e elles ficam *irisados*.

Consegue-se em parte o *achromatismo* das lentes, isto é, a destruição do defeito mencionadô, associando lentes convergentes com lentes divergentes de outra substancia, de modo que não destruindo a refração, que se deseja, se compense a aberração propria de cada lente; o que é possível, por não serem proporçionaes a dispersão e a refração.

352.— *Arco-iris.*— O *arco-iris*, fig. 181, é um phenomeno atmosferico muito conhecido e visivel unicamente quando o observador voltando costas para o sol se colloca defronte de nuvens que produzem chuva. Resulta da decomposição da luz solar através das gotas d'agua, combinada com a reflexão no seu interior. O arco apresenta as sete côres do espectro, sendo a vermelha a mais elevada.

Quasi sempre sobre este arco apparece outro menos intenso e com as côres dispostas em ordem inversa, isto é, com o roxo na parte superior.

O arco-iris inferior é formado pelos raios solares que pe-



Fig. 181

netram na parte superior das gotas, e que soffrem só uma reflexão interior: o arco-iris exterior é formado pelas gotas mais elevadas, que recebem a luz pela parte inferior, a qual se reflecte duas vezes dentro d'ellas; por isso diminue mais de intensidade. Imaginando diversas gotas sobrepostas, sobre que incidam raios solares, o observador recebe d'ellas raios de diversas côres; as gotas caem, mas são substituidas por outras em quanto chove, e portanto a impressão na retina não cessa.

A fig. 181 representa a marcha dos raios em quatro gotas, duas para cada arco; é claro que ás gotas intermedias correspondem as côres intermedias do espectro. ▢

CAPITULO V

INSTRUMENTOS D'OPTICA

353.—Suas especies e fins para que são destinados.—Estudámos as propriedades dos espelhos, dos prismas e das lentes: agora vamos apreciar as suas applicações quando associados entre si constituindo os *instrumentos d'optica*.

Estes instrumentos resumem-se em tres grupos, conforme os usos para que são destinados. No primeiro grupo estão os *microscopios*, que auxiliam a visão dos objectos proximos muito pequenos: no segundo comprehendem-se os *oculos e telescopios*, cujo fim é aproximar e tornar distinctas as imagens dos corpos distantes; finalmente, no terceiro reúnem-se os *instrumentos de projecção*, que projectam sobre um alvo as imagens reduzidas ou amplificadas com o fim de as desenhar, de as fixar, ou simplesmente de as apresentar a muitos observadores.

I.—Microscopios

354.—*Microscopios*.—Denominam-se *microscopios* os instrumentos que auxiliam a visão, quando é muito pequeno o diametro apparente dos objectos proximos.

Dividem-se os *microscopios*, assim como todos os instrumentos d'optica fundados nas propriedades das lentes, em *simples e compostos*, conforme constam de um só ou de muitos vidros convergentes ou divergentes.

355.—*Microscopio simples*.—O *microscopio simples* ou *lupa*

é uma lente convergente de curto fôco, com a qual se observa o objecto collocado entre ella e o seu fôco principal. N'estas circumstancias, a imagem é, como se sabe, virtual, maior e direita, fig. 182.

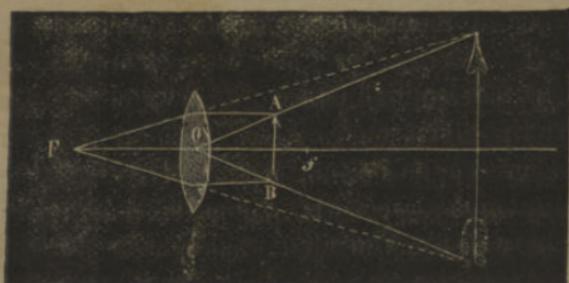


Fig. 182

356.—Microscopio composto.—O *microscopio composto* consta de duas lentes, ou de dois systemas de lentes, uma das quaes, denominada *objectiva*, porque se volta para o objecto, fôrma uma imagem real, invertida e maior do que o objecto, se este está além do fôco principal e perto d'elle; o outro systema de lentes, denominado *ocular*, porque se aproxima do olho do observador, funciona de lupa quando a primeira imagem se fôrma entre ella e o seu fôco principal, isto é, dá uma outra imagem ainda mais amplificada.

Tanto a *objectiva* como a *ocular* são de curto fôco e fixas; consegue-se que a primeira imagem se fôrme sempre áquem do fôco principal da *ocular*, variando a distancia do objecto á *objectiva*.

A fig. 183 indica a formação das imagens n'um micros-

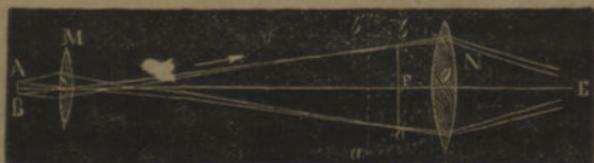


Fig. 183

copio composto no caso simples de duas lentes: AB é o objecto muito pequeno collocado perto do fóco da objectiva M , a qual dá a primeira imagem ab entre o fóco principal e a lente ocular N : esta dá a segunda imagem $a'b'$.

II.—Oculos e telescopios

357.—*Oculos*.—Denominam-se *oculos* os instrumentos d'optica formados só de lentes, cujo fim é aproximar e tornar distinctas as imagens dos objectos affastados.

358.—*Oculo astronomico*.—Os *oculos astronomicos* constam de dois systemas de lentes convergentes, ocular e objectiva, dispostos como no microscopio composto, com a differença que n'este ultimo o objecto é muito pequeno, está muito proximo do fóco da objectiva, e por isso a primeira imagem fórma-se muito além do fóco principal e já ampliada, em quanto que no oculo os raios vindo do astro são parallellos e dão a primeira imagem muito pequena no fóco da objectiva: só a ocular produz augmento da imagem e por isso precisa ser muito convergente.

A fig. 184 indica a marcha dos raios no oculo astronomico.

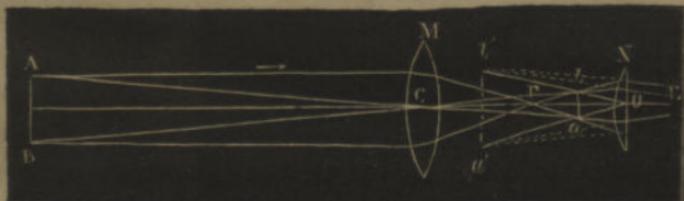


Fig. 184

Um pequeno oculo, que se vê sobre os oculos astronomicos, serve para procurar o astro e leval-o para o campo do instrumento; porque os oculos muito amplificantes teem muito pequeno campo e procuram mui difficilmente o objecto.

As imagens são invertidas, o que não tem inconveniente quando se observam os astros.

359.—Oculo terrestre.—Nos *oculos terrestres* tornam-se direitas as imagens interpondo á ocular e á objectiva um systema de duas lentes eguaes e parallelas. Faz-se com que a imagem da objectiva se forme no foco da primeira d'estas lentes; porque assim cada ponto da imagem dá um feixe de raios parallellos ao seu eixo secundario, e a segunda lente concentra-o formando uma imagem igual á primeira, porém invertida.

Se fór *ab*, fig. 185, a imagem invertida dada pela obje-

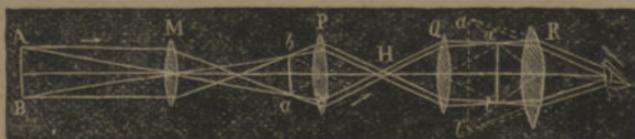


Fig. 185

tiva *MP*; a primeira lente com o seu fóco sobre *ab* e *Q* a segunda lente, a imagem *a'b'* é igual á imagem *ab*, invertida em relação a ella e portanto direita em relação ao objecto. A distancia das lentes *P* e *Q*, é quasi sempre igual á somma das suas distancias focaes.

A imagem *a'b'* forma-se entre o fóco e a ocular *R*, e é portanto amplificada por esta lente.

360.—Oculo de Galileo.—Binoculo de theatro.—As quatro lentes do oculo terrestre absorvem muita luz; por isso é conveniente a disposição do oculo de Galileo, fig. 186, que dá imagens direitas só com duas lentes.

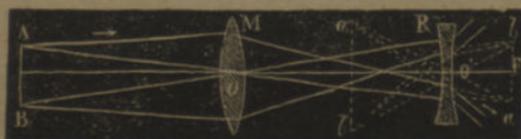


Fig. 186

A objectiva M é convergente e a ocular R é divergente e collocada entre a objectiva e o lugar da sua imagem real ab ; d'este modo os raios convergentes para os diversos pontos d'esta imagem divergem e formam entre as lentes outra imagem $a'b'$ virtual e direita. Tanto a objectiva como a ocular devem ser achromatisadas, e são ás vezes formadas de tres lentes sobrepostas. Este oculo tem tambem a vantagem de ser muito curto, visto que a distancia OO' das duas lentes é menor que a distancia focal OF da objectiva.

O binoculo de teatro é composto de dois oculos de Galileo, para que se fórme uma imagem em cada olho.

361.—Telescopios.—Os *telescopios* são tambem instrumentos de vêr ao longe; porém differem dos oculos em que a objectiva é um espelho concavo, que não tem aberração de refrangibilidade e pode ser de grandes dimensões tornando muito amplificante o aparelho.—A imagem dada pela objectiva é observada com uma lente ocular.

No *telescopio de Gregory*, fig. 187, o espelho concavo MN ,

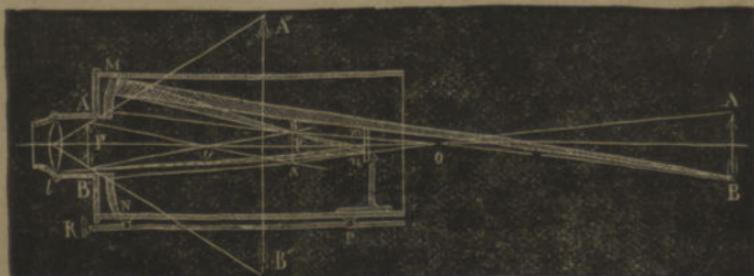


Fig. 187

que é a objectiva, tem uma abertura central, a que corresponde a ocular l : um outro espelho concavo mn , muito pequeno, collocado a distancia da primeira imagem AB , dada pela objectiva, um pouco superior á sua distancia focal, produz uma segunda imagem $A'B'$, já amplificada, perto da ocular l , a qual, funcionando de lupa, augmenta-a ainda mais.

No *telescópio de Newton*, fig. 188, o espelho MN não é furado; o outro espelho esferico é substituido por um prisma rectangulo de vidro, em cuja hypotenusa se faz a reflexão total, e a ocular l está collocada n'um pequeno tubo

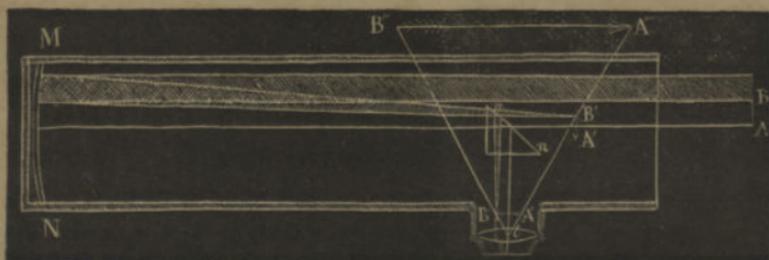


Fig. 188

perpendicular ao telescópio, de modo que a observação se faz de lado.

Foucault introduziu aperfeiçoamentos importantes no telescópio de Newton, já augmentando muito o poder reflector da objectiva, já diminuindo-lhe o peso, e finalmente annullando a aberração de esphericidade. O espelho é de vidro, e não de metal, tem a fôrma parabolica e é preatado por um processo especial.

III—Instrumentos de projecção

362.—*Camaras escuras*.—A *camara escura de gaveta*, fig. 189, é uma caixa rectangular de madeira formada de duas partes, que podem entrar mais ou menos uma na outra a fim de variar á vontade a distancia do alvo á lente L : um espelho m inclinado de 45° desvia os raios de luz e faz com que a imagem se fôrme sobre um alvo de vidro despolido, collocado horizontalmente na parte posterior da camara e convenientemente abrigado da luz por um anteparo.

Na *camara escura de prisma* um prisma triangular ABC ,

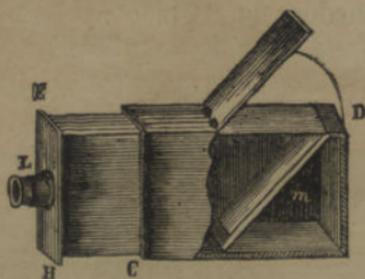


Fig. 189

fig. 190, serve ao mesmo tempo de lente convergente e de

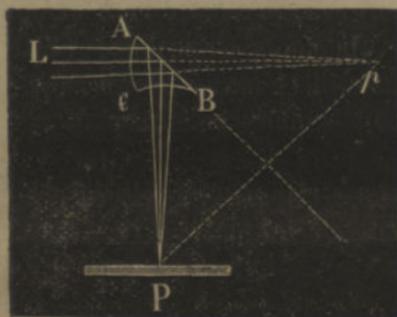


Fig. 190

espelho. Para esse fim a face AB é plana e as outras AC e BC teem uma curvatura tal, que, pelas suas refrações combinadas na imergencia e emergencia dos raios, produzam o effeito de um menisco convergente. Os raios L emittidos por um ponto luminoso penetram pela face convexa AC e concorreriam no ponto p se o meio fosse indefinido por detrás d'aquella face: porém como soffrem a reflexão total na face plana AB reñnem-se no ponto P symetrico de p a respeito d'ella: uma folha de papel, collocada sobre uma prancha apoiada em um tripé, que sustenta na parte superior o prisma contido n'um estojo metallico, recebe as imagens dos objectos exteriores. O tripé é envolvido por uma cortina

preta, formando uma pequena camara, dentro da qual se colloca'o desenhador, fig. 191.



Fig. 191

363.—Lanterna magica.—A *lanterna magica* é um instrumento que, introduzido na camara escura, dá sobre o alvo imagens amplificadas de pequenos objectos, a fim de serem observadas por muitos espectadores. É uma lanterna fig. 192, com um candieiro *R* munido de reflector parabólico, em frente do qual está uma lente *C*, destinada a convergir os raios luminosos sobre figuras translucidas pintadas no vidro *bb*. Uma segunda lente convergente *c*, a uma distancia d'este vidro maior que a distancia focal, dá uma imagem real, invertida e muito amplificada das figuras; por conseguinte collocando estas invertidas obteem-se as imagens direitas: esta ultima lente pode afastar-se ou aproximar-se do vidro *bb*, a fim de que as imagens se formem nitidas sobre o alvo.

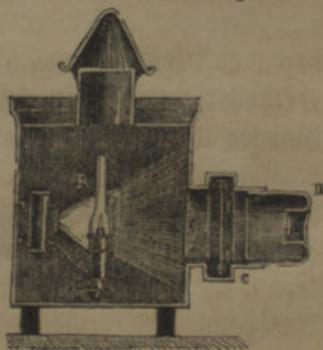


Fig. 192

QUINTA PARTE

ELECTRICIDADE E MAGNETISMO

CAPITULO I

ELECTRICIDADE ESTÁTICA

I.—Noções preliminares.—Theorias da electricidade

364.—Electricidade.—Esfregando com a lã um pau de lacre, de resina, de vidro e de muitas outras substancias, e aproximando-o de objectos muito leves, como bocadinhos de papel, barbas de pennas, serradura de madeira, etc., vê-se que elles são attraídos, e que após o contãcto são immediatamente repellidos.

Foi no ambar amarello que primeiramente se observou este phenomeno, e do seu nome grego *electron* proveiu a denominação de *electricidade*, que hoje se emprega indistinctamente para indicar a causa de um grande numero de phenomenos, estes mesmos phenomenos, e ainda o ramo da physica que se occupa do seu estudo.

Os corpos n'estas circumstancias dizem-se *electrisados*, e o character que define esse novo estado é a attracção dos corpos leves. Os corpos não electrisados dizem-se no *estado neutro* ou *natural*.

365.—Electroscopios.—Pendulo e agulha electrica.—Denomi-

nam-se, em geral, *electroscopios* os instrumentos empregados para examinar se os corpos estão ou não electrificados. O mais simples é o *pendulo electrico*, que consta de uma bola de sabugueiro suspensa por um fio de seda a uma haste de vidro.

A *agulha electrica*, formada de um arame de cobre terminado por duas pequenas esferas ôcas do mesmo metal, e apoiado n'um fulcro, é tambem electroscopio simples e muito sensivel.

366.—Corpos bons e maus conductores da electricidade.—O phenomeno da electrificação pela fricção é geral e manifesta-se não só esfregando os corpos com a lã, mas com qualquer outra substancia; se alguns corpos, como os metaes, não apresentam o mesmo phenomeno, é porque a electricidade desenvolvida nos pontos friccionados espalha-se immediatamente por todo o corpo e perde-se na terra; de feito, ligando esses corpos a um cabo de vidro e pegando n'este cabo, em quanto os esfregamos, o phenomeno manifesta-se em toda a sua plenitude.

D'aqui vem a distincção de substancias *boas conductoras* da electricidade, taes como os metaes, o carvão, a agua, etc., nas quaes a electricidade communicada a um ponto se espalha promptamente por toda a sua extensão; e substancias *más conductoras*, como o vidro, a resina, o enxofre, o ar secco, a seda, etc., nas quaes a electricidade não se espalha com facilidade.

O corpo humano é bom conductor da electricidade; porque uma pessoa, collocada sobre um tamborete com pés de vidro e percutida com uma pelle de gato, manifesta a electricidade em todos os pontos do corpo.

A antiga distincção de corpos *idio-electricos* e *an-electricos*, isto é, de corpos susceptiveis ou não de se electrifarem, é pois inadmissivel: todos os corpos podem ser electrificados; é preciso porém, com os que são bons conductores, tomar a precaução de os isolar.

367.—Isoladores.—Reservatório commun.—Os corpos maus conductores denominam-se tambem *isoladores*: um corpo bom conductor supportado por um corpo mau conductor diz-se *isolado*.

Pondo em contacto dois conductores isolados, um electrizado e o outro no estado natural, observa-se que a propriedade electrica se communica a este ultimo, enfraquecendo porém no primeiro tanto mais quanto maior for o segundo corpo, e podendo até tornar-se nulla, como acontece pondo o segundo corpo em contacto com o solo. D'aqui vem á terra o nome de *reservatório commun*.

Os isoladores geralmente empregados são o vidro, a seda e as resinas: para que o vidro isole melhor costuma-se cobrir com uma camada de resina, que não é hygrometrica como o vidro. O ar secco tambem é isolador; não acontece o mesmo ao ar humido.

Note-se que n'uma temperatura mais ou menos elevada todos os corpos isoladores perdem essa propriedade.

368.—Duas especies de electricidade: positiva e negativa.—Já dissemos que é geral o phenomeno da electrização pela fricção; porém as differentes substancias electrizadas não apresentam phenomenos identicos.

Se aproximarmos da bola do pendulo electrico no estado neutro um cylindro de vidro friccionado com a lã, veremos que é attraida e logo repellida depois de tocar no vidro; porém se lhe apresentarmos a pequena distancia um pau de resina tambem friccionado com a lã, reconheceremos que a bola repellida pelo vidro é attraida pela resina.

As duas substancias — o vidro e a resina — exercem portanto acções oppostas: d'ahi resultou a distincção de duas especies de electricidade, a *vitrea*, que se desenvolve no vidro e a *resinosa* que se manifesta na resina; e, como acabamos de vêr, estas electricidades attraem-se mutuamente, e repellem-se a si mesmas.

A especie de electricidade, que adquire um corpo fric-

cionado com outro, não é sempre a mesma, e depende da natureza d'este ultimo; por isso aquellas denominações são inconvenientes. Assim, a lã fica com a electricidade resinosa quando fricciona o vidro e com a vitrea quando fricciona a resina.

Convencionou-se denominar *electricidade positiva* a que se desenvolve no vidro friccionado com a lã, e *electricidade negativa* a que se acha na resina tambem friccionada com a lã. Estas denominações não teem inconveniente, porque n'essas circumstancias aquellas substancias adquirem sempre a mesma especie de electricidade.

O que fica dito permite-nos enunciar a lei seguinte: *os corpos carregadões de electricidades do mesmo nome repellem-se e os que estão carregados de electricidades contrarias attraem-se.*

369.—Electricidade estatica e dinamica.—Os phenomenos electricos, que vamos estudar, dependem do estado particular em que a electricidade se apresenta nos corpos: pode estar em repouso, accumulada na sua superficie, constituindo a *electricidade estatica*; ou pode apresentar-se em movimento atravessando a massa dos corpos em fôrma de corrente, constituindo a *electricidade dinamica*. A 1.^a é produzida principalmente pelo attrito, a 2.^a pelas acções chemicas.

Trataremos em primeiro logar da producção e dos phenomenos da electricidade estatica, e depois do desenvolvimento, caracteres e propriedades da electricidade dinamica.

Antes de começar daremos uma breve noticia das *theorias electricas*.

370.—Theorias electricas.—Para explicar os phenomenos electricos teem-se apresentado diversas theorias, duas das quaes, a de Franklin e a de Symmer, tiveram aceitação durante muito tempo.

371.—Theoria de Franklin.—Na theoria de Franklin os phenomenos electricos são devidos a um fluido imporderavel, cujas moleculas se repellem mutuamente, sendo attraidas

pela materia ponderavel, e perdendo a tendencia de mutua repulsão quando combinadas com ella. Todos os corpos contem esse fluido, porém a sua capacidade para elle varia: se um corpo encerra a quantidade de fluido que corresponde á sua capacidade não se produz o effeito electrico, e diz-se que o corpo se apresenta no estado natural; se esta quantidade varia, para mais ou para menos, perturba-se o equilibrio natural e manifestam-se os phenomenos electricos: o corpo diz-se electrizado positiva ou negativamente.

Um corpo pode pois electrizar-se pela addicção ou pela subtracção de fluido electrico, ou pelo fluido que tendo sido originariamente distribuido por igual em todo o corpo veiu por fim a accumular-se segundo uma certa direcção, de modo que em um ponto haja falta e em outro excesso. Os corpos electrizados positivamente teem tendencia para dar aos outros o excesso da electricidade: os que estão electrizados negativamente tendem a tirar-lh'a, para supprirem a falta de fluido que n'elles é caracteristica.

N'esta theoria a fricção faz passar a electricidade de um dos corpos para o outro; de maneira que ambos ficam electrizados, um positiva e outro negativamente.

372.—Theoria dos dois fluidos, de Symmer.—N'esta theoria suppõe-se que todos os corpos no estado natural teem uma quantidade inexgotavel de uma substancia imponderavel denominada *fluido electrico neutro*, formado pela reunião de dois fluidos differentes, um positivo e outro negativo, cujas particulas similares se repellem mutuamente, attraíndo-se porém as de nome contrario. Por diversos meios se podem separar os dois fluidos, e só assim se manifestam os phenomenos electricos: um dos meios é o attrito, e então um dos fluidos passa para o corpo friccionante e o outro fica no corpo friccionado.

373.—Theoria moderna.—Durante muito tempo foi adoptada quasi exclusivamente a theoria dos dois fluidos, de Symmer; porém modernamente, tendo os factos provado a

existencia de uma ligação intima entre a luz, o calor e a electricidade, e explicando-se perfeitamente os phenomenos da luz e do calor pelos movimentos de um *ether*, admitte-se que os phenomenos electricos são tambem manifestações do mesmo *ether*. Por definição os atomos etherios são impenetraveis e estão animados de movimentos de translação e de rotação, que só perdem communicando-os; são por conseguinte impenetraveis e inertes: logo são materiaes; são porém imponderaveis, como já vimos, dando comtudo a gravidade aos corpos. A consideração dos dois movimentos dos atomos etherios dispensa a consideração da sua elasticidade: de sorte que se admite que o *ether* é imponderavel e não elastico. D'este modo tornou-se a admittir de preferencia a theoria de Franklin, convenientemente modificada: suppõe-se que os corpos no estado natural teem uma certa quantidade de *ether*, e que perdendo parte d'elle ou recebendo mais se electrizam negativa ou positivamente. Não ha duas especies de electricidade; ha só uma que se apresenta em dois estados contrarios, em excesso ou em falta, os quaes podem portanto ser denominados *electricidade positiva* e *electricidade negativa*.

Assim, em quanto que o *ether* pelo seu movimento produz calor e luz, pela sua accumulção nos corpos produz electricidade. Na *electricidade estatica* ha apenas condensação ou rarefação do *ether*; na *electricidade dinamica* ha, além d'isso, transporte do *ether* através dos mesmos corpos; este transporte é como veremos perfeitamente analogo ao esgoto de um fluido e não tem nada de commum com o transporte de um movimento vibratorio, como acontece com o som, a luz e o calor; é um verdadeiro fluxo ou transporte real.

Esta theoria está na infancia. Ainda não foi possivel explicar bem por ella os movimentos de attracção e repulsão e outros phenomenos; por isso continuaremos a empregar a theoria de Symmer, como se faz nos *Cursos*, por se prestar muito bem á explicação de todos os phenomenos.

II.—Origens da electricidade estatica

374.—As origens da electricidade estatica são mechanicas, physicas e chemicas.

375.—Origens mechanicas.—O *atrito* é a origem principal da electricidade estatica. Sempre que se friccionam dois corpos um contra o outro, um adquire a electricidade positiva e o outro a negativa, em quantidades equivalentes. É um facto geral, que se pode demonstrar com dois discos de egual superficie, um de vidro e outro de metal revestido de lã ou de qualquer outra substancia, ligados ambos a cabos isoladores. Friccionando os discos um contra o outro e aproximando-os de um pendulo electrico, em quanto estão em contacto, o pendulo não denuncia electricidade; porém aproximando-os separadamente de um pendulo carregado de electricidade conhecida, um attrae-o e o outro repelle-o.

A especie de electricidade que um corpo adquire pela fricção depende d'aquelle com que se fricciona, bem como da temperatura e do estado da superficie. O calor dá aos corpos a tendencia para adquirirem o fluido negativo. Para se reconhecer a influencia da superficie basta notar que o vidro polido friccionado com a lã é positivo, e que o vidro despolido é negativo.

Tambem são origens mechanicas da electricidade estatica a *pressão* e o *lascado*, isto é, a divisão natural das substancias mineraes crystallisados.

376.—Origens physicas.—A origem physica mais apreciavel da electricidade é o *calor*. Desenvolve-se a electricidade estatica pelo calor em alguns crystaes e notavelmente na tormalina e no topasio. Um crystal aquecido igualmente em todo o comprimento adquire a electricidade *polar*, isto é, uma das suas extremidades torna-se positiva e a outra negativa.

377.—Origens chimicas.—Pode-se dizer, em geral, que não ha transformação chimica, combinação ou decomposição, sem producção das duas electricidades; porém as acções chimicas são a principal origem da electricidade dinamica.

III.—Variação e distribuição das acções electricas

378.—Leis das attracções e das repulsões electricas.—Balança de Coulomb.—As attracções e as repulsões electricas estão submettidas ás duas leis seguintes, analogas ás leis da attracção universal (65).

1.º *As attracções e as repulsões electricas variam na razão inversa do quadrado das distancias;*

2.º *São proporcionaes ao producto das quantidades de electricidade contidas nos corpos.*

Estas leis foram demonstradas experimentalmente por Coulomb, com um instrumento conhecido pela denominação de *balança electrica* ou *balança de Coulomb*.

379.—Distribuição da electricidade nos corpos conductores.—A electricidade communicada a um corpo conductor accumula-se toda na sua superficie; é um facto que se demonstra com differentes experiencias. Electriza-se a esphera ôca de latão *o*, fig. 493, isolada sobre uma columna de vidro, e furada na parte superior; toca-se interiormente com um pequeno disco de ouropel *b* ligado a uma haste de gomma laca, e que se denomina *plano de prova*; reconhece-se aproximando-o de um electroscopio, que não está electrizado, e o contrario se observa tocando a esphera pela parte externa. Coulomb, a quem se deve esta experiencia, modificou-a de uma maneira engenhosa: cobriu a esphera com dois hemispherios *m*, ligados a cabos isoladores, e retirando-os rapidamente reconheceu que a esphera *o* tinha perdido toda a electricidade, a qual se encontrava nos hemispherios.

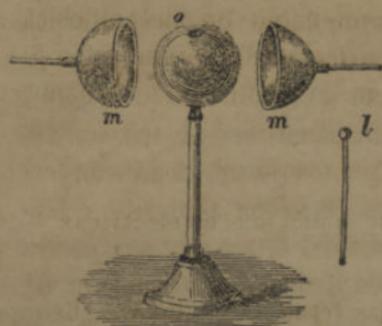


Fig. 193



Fig. 194

Com um sacco de cassa em fórma de cone, fig. 194, a cujo vertice está preso o fio de seda cc' , mostrou Faraday o mesmo phenomeno de uma maneira interessante: electricizando o sacco reconhece-se, com o plano de prova, que a electricidade está só na face externa; puxando pelo fio cc' , isto é, voltando o sacco, nota-se que a electricidade se transportou de uma para a outra face, afim de occupar sempre a exterior.

380.—Espessura ou densidade electrica.—Tensão.—As experiencias do num. antecedente teem levado a admittir que o fluido electrico livre é accumulado na superficie dos corpos conductores, formando uma camada mais ou menos espessa: podemos dizer, por tanto, que quando augmenta ou diminue a carga electrica augmenta ou diminue a espessura d'essa camada, ou, conservando-se constante a espessura, augmenta ou diminue a densidade do fluido: é por esse motivo que empregamos indistinctamente as denominações de *espessura* ou de *densidade electrica* para representar a quantidade de electricidade espalhada sobre a unidade de superficie.

O esforço que o fluido faz para se escapar constitue a *tensão electrica*: este esforço é proporcional ao numero de moleculas, isto é, á espessura electrica, e á força repulsiva

que todo o fluido exerce sobre uma molecula isolada, força tambem proporcional á espessura, como demonstra o calculo: por conseguinte, *a tensão electrica é proporcional ao quadrado da espessura electrica.*

351.—Poder das pontas.—Vento electrico.—A tensão electrica é a mesma em todos os pontos de um conductor espherico; porém nos conductores de fórma alongada a tensão é diversa nos differentes pontos, e maxima nas partes aguçadas. Assim, uma ponta adaptada a um conductor dá rapido esgoto á electricidade; porque esta adquire uma tensão sufficiente para vencer a resistencia do ar: n'isto consiste o *poder das pontas*, descoberto por Franklin.

Aproximando a mão de uma ponta, que dá esgoto á electricidade, sente-se uma especie de sopro ligeiro capaz de inclinar a chamma de uma vela e até de a apagar; ha por tanto agitação do ar, que se denomina—*vento electrico.*

O vento electrico é o resultado da repulsão que o fluido exerce sobre as moleculas de ar em contacto com a ponta e carregadas do mesmo fluido.

Na obscuridade vê-se uma luz fraca, que não tem o mesmo aspecto com o fluido positivo e o negativo; a fig. 195, representa o *penacho luminoso* n'estes dois casos; no primeiro é formado por um feixe divergente, no segundo por uma pequena estrella.



Fig. 195

IV.—Influencia electrica.—Machinas electricas

382.—Definição.—Dá-se o nome de *influencia electrica* ou de *inducção* á acção exercida a distancia pelos corpos electrizados sobre outros corpos: estes dizem-se *induzidos*, e aquelles *inductores.*

383.—Influencia sobre um conductor.—Costuma-se estudar a influencia electrica aproximando de um corpo electrizado

um cylindro metallico, munido de varios pendulos, distribuidos pelo seu comprimento. Reconhece-se assim, pela repulsão dos pendulos, a existencia da electricidade no cylindro; porém mui desegualmente distribuida em toda a sua extensão: é maxima a quantidade de fluido nos extremos, e nulla na parte média, um pouco mais para o lado do corpo inductor. Com um corpo carregado de electricidade conhecida, verifica-se que o fluido da extremidade mais proxima do corpo inductor é do nome contrario ao d'este corpo, e é do mesmo nome o da extremidade opposta.

A repulsão dos pendulos augmenta até um certo limite, que não pode exercer-se: este limite dá-se quando a acção attractiva dos fluidos separados, vence a acção que determina a sua separação.

O estado electrico do cylindro cessa logo que termina a influencia do corpo electrizado; em quanto ella dura persiste aquelle estado e o cylindro pode por sua vez exercer influencia sobre outro corpo.

Fazendo communicar o corpo induzido com o solo, por qualquer dos seus pontos, perde-se o fluido de nome igual ao do inductor e fica só o de nome contrario, o qual se espalha por todo o corpo induzido, logo que cessa a influencia: é só assim que se pode recolher a electricidade por influencia, a qual como se vê, é sempre de nome contrario á do corpo inductor.

384.—Theoria da influencia electrica.—Poder inductor electrico.—Explicam-se geralmente os phenomenos da influencia electrica, admittindo que o fluido do corpo inductor actua a distancia sobre o fluido neutro do corpo induzido, o qual decompõe, attraíndo o fluido do nome contrário e repellindo o do mesmo nome: n'esta theoria o ar, ou qualquer outro corpo isolador collocado entre os primeiros, fica inerte e apenas se oppõe á combinação das electricidades contrarias. Faraday, tendo reconhecido a influencia do meio isolador, admittiu que era por intermedio d'esse meio que

se operava o phenomeno, polarisando-se as suas moleculas; esta idéa merece bastante consideração, porque tende a provar que as acções electricas não se manifestam sem a intervenção das particulas materiaes, estabelecendo-se assim analogia entre a electricidade e as outras forças da natureza.

385.—*Influencia sobre os corpos maus conductores.*—Penetração na sua massa.—Sendo o phenomeno da influencia electrica o resultado da acção atrativa dos fluidos contrarios e repulsiva dos do mesmo nome, a differença dos phenomenos nos corpos maus conductores deve provir só da difficuldade, que os fluidos oppostos encontram em mover-se no corpo mau conductor.

Assim, sendo a influencia exercida a distancia, os corpos maus conductores apresentam-se electrizados e passam depressa ao estado neutro, quando cessa a influencia; como não se pode admittir que este phenomeno, identico ao que apresentam os conductores, seja devido á separação dos fluidos e á sua accumulção nas extremidades do mau conductor, suppõe-se devido á polarisação das moleculas.

386.—*Combinação a distancia das duas electricidades.*—*Faisca electrica.*—*Descargas silenciosas.*—No phenomeno da influencia electrica, quando as electricidades contrarias se teem accumulado nos pontos mais proximos dos dois corpos—inductor e induzido—e podem vencer a resistencia do ar que as separa, reúnem-se produzindo uma explosão e uma luz, que denominamos *faisca electrica*.

A distancia através da qual se faz a combinação das duas electricidades depende da quantidade de fluido, da fórma dos corpos, do seu poder conductor e da resistencia maior ou menor do meio ambiente.

A descarga de um conductor, feita não a distancia por meio da *faisca*, mas communicando directamente o corpo electrizado com o solo por meio de um conductor, denomina-se *descarga silenciosa*.

387.—Movimento dos corpos leves pela influencia electrica.— O movimento dos corpos leves, o primeiro phenomeno electrico observado, explica-se pela electrisação por influencia, que o precede. Assim, quando aproximamos do pendulo electrico, no estado neutro, um corpo electrizado, este decompõe por influencia o fluido neutro d'aquelle pendulo, e como as acções attractiva e repulsiva variam na razão inversa do quadrado das distancias, predomina a acção attractiva, sobre o fluido do nome contrario, e o pendulo é attraído. Se elle está electrizado, a acção simples e mutua dos fluidos em presença basta para determinar a attracção ou a repulsão.

Depois do pendulo ser attraído, e de tocar o corpo inductor, é repellido, porque o mesmo fluido se espalha pelos dois corpos; mas isto leva algum tempo sendo o corpo leve mau conductor, e faz-se rapidamente no caso contrario.

Aproximando de um pendulo conductor electrizado um corpo carregado da mesma electricidade, manifesta-se logo a repulsão; porém diminuindo a distancia vemos que o pendulo se precipita sobre o corpo, sendo depois novamente repellido e com maior energia. Isto explica-se ainda pela decomposição por influencia do fluido neutro do pendulo, e pela accumulacção do fluido contrario nos pontos mais proximos do inductor.

Costumam-se fazer algumas experiencias que tornam bem evidentes estes movimentos dos corpos leves.

O *carrilhão electrico*, fig. 196, consta de tres campainhas *A*, *B* e *C* suspensas a um travessão metallico em contacto com a machina electrica: duas das campainhas *A* e *B* communicam com a machina, porque estão suspensas por fios metallicos, a terceira *C*, suspensa por um fio de seda, está isolada da machina, mas communica com o solo por uma cadeia metallica: entre as campainhas estão dois pendulos metallicos tambem suspensos por fios de seda. Carregando a machina de electricidade, estes pendulos são immediata-

mente repellidos, tocam a campainha média, e perdem a electricidade para o solo, ficando, por conseguinte, em circumstancias de recommear o mesmo phenomeno.

A fig. 197, representa um aparelho imaginado por Volta

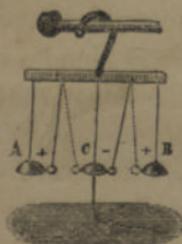


Fig. 196



Fig. 197

para explicar o engrossamento dos grãos da saraiva, que elle suppunha serem atraídos e repellidos entre duas nuvens. Consta de uma campanula de vidro assente sobre um fundo metallico com balas de sabugueiro, e atravessada na parte superior por uma haste metallica, terminada por um disco tambem metallico.

O disco em communição com a machina representa a nuvem superior; attrae as balas de sabugueiro, imagem dos grãos de saraiva, electrizando-as pelo contacto, e repelle-as depois contra o fundo do vaso. Este fundo, em contacto com o solo, representa a outra nuvem; dá esgoto á electricidade das balas, pondo-as em circumstancias de ser novamente attraídas, etc.

Modifica-se esta experiencia de uma maneira curiosa substituindo as balas de sabugueiro por figurãs de sabugo, que dançam entre o disco metallico e a base do aparelho: uns penachos de seda servem para as conservar direitas durante os seus movimentos.

388.—Electrometro de folhas de oiro.—Dá-se impropriamente o nome de *electrometros* a certos electroscopios (365) aperfeiçoados, com os quaes se pode reconhecer a especie de electricidade que tem um corpo: dizemos impropriamente porque elles não medem a tensão electrica.

O electrometro mais geralmente empregado para este fim é o de *folhas de oiro*, fig. 198: consta de uma campanula

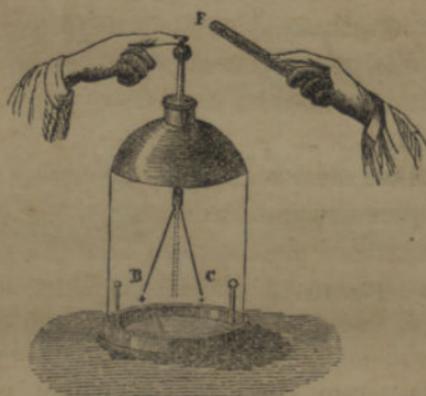


Fig. 198

de vidro assente sobre um fundo metallico em communicacão com o solo, e atravessada na parte superior por uma haste metallica terminada em cima por um botão e que suspende em baixo duas folhas de oiro *B, C*. Para evitar que a humidade se deposite sobre o vidro envernisa-se com gomma laca a parte superior da campanula, e para que no interior o ar esteja bem secco introduzem-se-lhe pedaços de cal viva.

Reconhece-se a especie de electricidade de um corpo aproximando-o do botão do electrometro, e tocando este com o dedo: d'essa fórma, em virtude da influencia, é attraído para o botão o fluido de nome contrario ao do corpo, e é repellido para o solo o do mesmo nome: afastando o dedo e depois o corpo electrizado, o primeiro fluido espa-

lha-se nas folhas, as quaes, estando carregadas com a mesma electricidade, repellem-se tanto mais quanto maior é a quantidade de fluido que teem. Para determinar a natureza d'este fluido, basta aproximar do botão um corpo carregado de electricidade conhecida, positiva, por ex.; se o desvio augmenta ou diminue, o fluido é positivo ou negativó, e o do corpo é o contrario.

Para augmentar o desvio das folhas, e para as descarregar para o solo quando se desviam tanto que chegam a tocar a campanula, empregam-se duas columnas metallicas, ou duas laminas, collocadas em frente das folhas e em comunicação com o solo.

389.—Machinas electricas.—Denominam-se *machinas electricas* os apparelhos que desenvolvem em quantidade, ás vezes consideravel, a electricidade estatica.

390.—Electrophoro.—A machina electrica mais simples é o *electrophoro*, fig. 199, que consta de um bolo de resina



Fig. 199

B mettido n'um estojo de madeira ou de metal, e um disco *A* de madeira coberto com uma folha de estanho, e munido de um cabo isolador de vidro *C*. Para obter electricidade com este apparelho começa-se por aquecer ligeiramente o bolo de resina para o seccar, e depois bate-se fortemente com uma pelle de gato, que lhe communica a electricidade

negativa. Feito isto assenta-se-lhe em cima o disco conductor, o qual se electriza por influencia, e conserva a electricidade positiva, tocando-lhe com a mão para fazer perder no solo a negativa: levantando o disco pelo cabo de vidro temos uma certa porção de electricidade positiva, que pode ser utilizada em varias circumstancias, e que produz uma faisca quando aproximamos do disco um dos dedos.

Collocando novamente o disco sobre o bolo de resina, tocando-lhe com a mão e levantando-o depois, obtem-se nova quantidade de electricidade, e isto pode fazer-se durante mezes sem bater o bolo, porque a resina conserva por muito tempo a electricidade que adquiriu. Este facto ainda inexplicado deu o nome ao apparelho.

Não é indifferente que o estojo metallico esteja isolado, ou em communicação com o solo: n'este ultimo caso o apparelho fornece muito mais electricidade. Este facto explica-se hoje muito bem porque está demonstrado que o bolo de resina se polarisa pela percussão ou fricção, isto é, se electriza superiormente com o fluido negativo, por ex., e inferiormente com o positivo: este influe sobre o fluido neutro do estojo, attrae o fluido negativo e repelle o contrario. Havendo communicação com o solo este ultimo fluido perde-se o primeiro entretem e augmenta a polarisação do bolo. O sr. Buff, que demonstrou esta polarisação, provou tambem que o molde em communicação com o solo estava electrizado negativamente.

391.—Machina electrica ordinaria, ou de Ramsden.—As machinas electricas constam em geral, de tres partes: a *friccionadora*, a *friccionada* e a *collectora*.

Nas machinas electricas ordinarias, fig. 200, a parte *friccionadora* está entre duas reguas de madeira *P, P*, fixas verticalmente sobre uma banca *B*, que sustenta a machina: consta de dois pares de almofadas de crina *a, a* forradas de couro. A parte *friccionada*, situada entre as almofadas, é um disco de vidro *D*, atravessado no centro por um eixo hori-

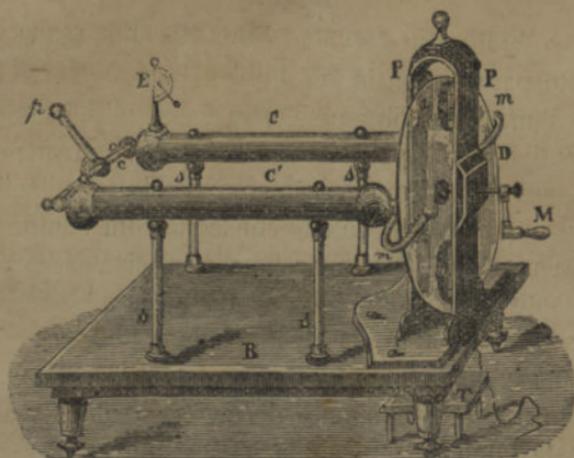


Fig. 200

zontal munido de manivella *M* para lhe dar movimento de rotação, obrigando-o a esfregar-se nas almofadas. A parte *collectora*, tambem denominada *conductora*, consta de um ou dois cylindros ôcos de latão *C, C'* isolados sobre columnas de vidro *s, s'*: quando são dois estão ligados por uma haste horizontal *c* tambem de latão. Das extremidades dos cylindros proximas do disco destacam-se arcos metallicos *m, m* que o abraçam dos dois lados, sem lhe tocar, armados de pequenas pontas dirigidas perpendicularmente ás faces do disco.

A theoria d'esta machina é muito simples; funda-se na electrisação pelo attrito e pela influencia. O vidro electrisa-se positivamente pela fricção das almofadas, e estas recebem a electricidade negativa, que se esgota constantemente para o solo por intermédio das reguas de madeira, guarnecidas de folhas de estanho, pela banca da machina e por cadeias metallicas. O fluido positivo do disco decompõe por influencia o fluido neutro dos conductores, attrae o negativo que se esgota pelas pontas, sendo neutralisado promptamente o disco e posto em circumstancias de receber mais electricidade, visto que continua a ser esfregado; o fluido

positivo accumula-se nos conductores até adquirir tensão sufficiente para se perder no ar.

N'estas machinas obtem-se, por conseguinte, a electricidade positiva; pode porém recolher-se a negativa pondo os conductores em communicação com o solo, e isolando as almofadas, o que todavia se não consegue com commodidade.

Para a machina funcionar bem é preciso seccar e aquecer bastante os isoladores, os conductores e o disco: as almofadas devem ter muita elasticidade e podem revestir-se com *oiro mussivo* (bi-sulfureto de estanho) em pó, o qual augmenta o desenvolvimento de electricidade. Se a atmosphera está humida, a machina não accumula electricidade, porque o ar humido é bom conductor. Adaptando uma ponta ao conductor da machina, tambem esta não se carrega, porque a ponta esgota toda a electricidade. Obtem-se o mesmo resultado aproximando da machina uma ponta metallica em communicação com o solo, porque ella é influenciada pelo fluido da machina e dá prompta saída ao fluido contrario.

392.—Temos mencionado já bastantes experiencias que se effectuam com a machina electrica: n'este lugar indicaremos apenas a experiencia do *banho electrico*, que se faz isolando um individuo sobre o tamborete de pés de vidro *T*, e pondo-o em communicação com a machina: esse individuo constitue assim o prolongamento da parte conductora do aparelho, e não sente coisa alguma, não obstante estar fortemente electricisado; tão somente os cabellos, estando seccos, se levantam um pouco. Se outro individuo aproxima a mão, de qualquer parte do corpo da pessoa electricisada, tira-lhe uma fиска, e ambos soffrem uma pequena commoção, perfeitamente identica á que se sente aproximando a mão da machina em actividade.

393.—Electrometro de Henley.—Aprecia-se a tensão da machina com um *electrometro de mostrador E*, fig. 200, que se põe em contacto com os conductores: consta de uma haste metallica ou de á madeira, qual está ligado um semi-circulo

de marfim graduado; do centro d'este semi-circulo pende um fio de barba de baleia terminado por uma bola de sabugueiro, e está ligado de modo que pode mover-se em torno da extremidade superior. O fluido da machina espalha-se na haste do electrometro, com a qual está em contacto a bola de sabugueiro; electriza esta e repelle-a, tanto mais quanto maior é a tensão. O angulo que o pendulo faz com a vertical dá uma idéa aproximada da carga da machina.

V.—Condensação da electricidade

394.—Condensação electrica.—Condensadores.—A influencia electrica produz, em determinadas circumstancias, a accumulção da electricidade nos corpos conductores em quantidade muito superior á que elles podem ordinariamente receber; diz-se então que a electricidade está condensada; dá-se a este phenomeno o nome de *condensação electrica*, e aos apparatus em que ella se produz o de *condensadores*.

395.—Theoria da condensação electrica.—Imaginemos dois discos metallicos, *A* e *B*, fig. 201, bastante proximos, separados por uma lamina de substancia isoladora, que pode ser o ar, e munidos de pendulos *p*, *p'*; esteja um d'elles *A* em communicação com a machina electrica e o outro *B* isolado. A electricidade positiva, que é a da origem, espalhar-se-ha no primeiro, como se reconhece pelo desvio do pendulo *p* e influindo sobre o segundo decomporá o seu fluido neutro, attrairá e será attraida pelo fluido negativo, deixando livre o positivo, que desvia o pendulo *p'*: as duas electricidades contrarias estarão como que dissimuladas sobre as faces dos discos voltadas uma para a outra, e a influencia cessará apenas quando a acção do fluido positivo livre do disco *B* neutralisar a acção do fluido existente no disco *A*. N'isto se resu-

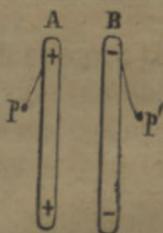


Fig. 201

me o phenomeno simples da influencia electrica; estabelecendo porém a communicacão do disco *B* com o solo, perde-se o seu fluido livre e fica só o dissimulado, por isso cae o pendulo *p'*, enquanto que no disco *A* fica o fluido dissimulado e uma porção de fluido livre; este ultimo actua de novo sobre o restante fluido neutro do disco *B*, decompõe nova porção, e assim vae augmentando a carga electrica dissimulada. Esta só tem limite quando o fluido livre do disco *A* adquire a tensão maxima, que um conductor independente pode receber; por conseguinte a carga maxima de um condensador é proporcional á tensão electrica da machina, e á superficie das armaduras. Ella depende tambem da resistencia opposta pela lamina isoladora, e por conseguinte é inversamente proporcional á espessura d'esta lamina. De feito, quando a tensão electrica dos fluidos accumulados sobre as duas armaduras pode vencer aquella resistencia, a lamina é furada e os fluidos neutralizam-se.

396.—Condensador de lamina de vidro.—O conjunto dos dois discos metallicos, denominados *armaduras*, e da lamina isoladora constitue um *condensador*. O condensador de lamina d'ar a que nos temos referido, serve só para estabelecer a theoria da condensacão; não convém para as experiencias, porque exige grande aproximação dos discos, com risco de recomposiçãõ, quando as cargas attingem um certo limite. Emprega-se geralmente, em logar da lamina de ar, uma lamina de vidro, e então não ha aquelle risco, mas o effeito é mais complexo.



Fig. 202

A fig. 202 representa um condensador simples de lamina de vidro. Os dois discos metallicos *AA'* e *BB'*, ambos ligados a cabos isoladores, estão separados por uma lamina de vidro; o inferior *BB'* communica com o solo, e o superior com o conductor da machina electrica, e assim

se carrega. Se interceptarmos as duas communicações e deslocarmos a lamina de vidro pegando-lhe pelos bordos, reconheceremos que os discos metallicos não estão electrificados: se deixarmos os bordos do vidro, e pozermos uma das mãos sobre uma das faces e a outra na face opposta receberemos uma forte commoção. Isto mostra que os dois fluidos deixaram os conductores e estão condensados sobre as faces do isolador.

Não só os dois fluidos se dirigem para as faces do isolador, mas penetram n'elle até uma certa profundidade; como se tem demonstrado por experiencia.

397.—Garrafa de Leyde.—Garrafa de armaduras moveis.— A *garrafa de Leyde*, descoberta por acaso em 1746, é o condensador mais simples e mais vulgar. É uma garrafa de vidro de paredes delgadas, fig. 203, coberta exteriormente



Fig. 203

até certa altura com uma folha de estanho *B*, que é o conductor, denominado *armadura externa*: a rolha do frasco é atravessada por uma haste de latão, recurvada exteriormente, terminada em botão *A*, e posta em contacto inferiormente com folhas delgadas de cobre, que enchem a garrafa e constituem a *armadura interna*, ou o outro conductor. O vidro da garrafa é o corpo isolador.

Carrega-se a garrafa pegando-lhe pela armadura externa e aproximando a interna do collector da machina em acti-

vidade, como indica a figura. D'este modo a electricidade positiva da machina espalha-se na armadura interna, actua por influencia através do vidro sobre a externa, attrae a electricidade negativa e repelle a positiva, que se perde no solo.



Fig. 204

Mostra-se que a electricidade se accumula sobre o vidro, com a *garrafa de armaduras moveis*, fig. 204. Consta de um vaso de metal *b* de fórma conica dentro do qual se ajusta o copo de vidro *v*, onde se introduz o segundo vaso metallico *a* terminado por um gancho. Carregando esta garrafa pela maneira ordinaria, assentando-a sobre uma banca isolada, levantando com um cylindro de vidro o vaso *a* e com os dedos o copo *v*, reconhece-se que as armaduras não teem electricidade, em quanto que tocando com as mãos as duas faces de vidro recebem-se commoções e veem-se faiscas.

398.— Jarras e baterias electricas.— Dá-se o nome de *jarra* a uma grande garrafa de Leyde de gargalo mui largo, para que se possa collar interiormente uma folha de estanho, que constitue a armadura interna. A haste que atravessa a rolha é recta, e termina na parte inferior por uma cadeia metallica em comunicação com aquella armadura.

Dá-se o nome de *bateria electrica* á reunião de muitas jarras, geralmente 4, 6 ou 9, collocadas n'uma caixa de madeira forrada interiormente por uma folha de estanho, a qual põe em comunicação todas as armaduras externas das jarras: as armaduras internas communicam por hastes metallicas, como se vê na fig. 205.

Carrega-se a bateria communicando as armaduras internas com a machina por meio de uma haste metallica *c*, e as externas com o solo, por intermédio da caixa e de cadeias metallicas *K* presas ás argolas que estão em contacto com a folha de estanho.

399.— Descarga instantanea dos condensadores.— Descargas se-

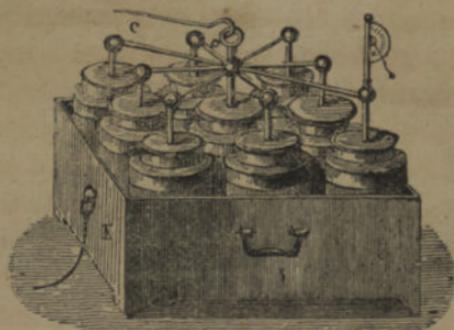


Fig. 205

cundarias.—Excitadores.—A descarga instantanea de um condensador faz-se pondo em communicacão as duas armaduras; para isso emprega-se geralmente um arco metallico formado de duas partes articuladas, denominado *excitador*, que se põe em contacto com a armadura externa, e se aproxima pela outra extremidade da armadura interna, fig. 206.

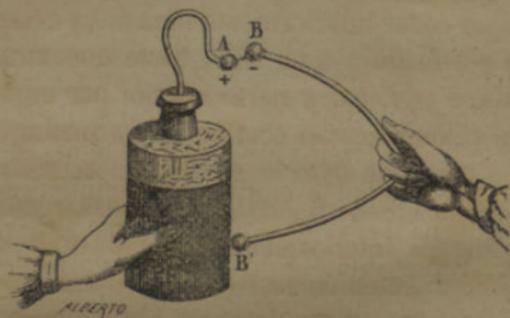


Fig. 206

Feito isto salta uma forte faísca devida á recomposiçãõ das electricidades contrarias accumuladas nas duas armaduras.

Note-se que de uma vez não fica assim descarregado o condensador, e isto explica-se pelo facto já citado de penetrarem os fluidos na substancia isoladora. De modo que é

possível, não deixando decorrer muito tempo, produzir segunda e ás vezes terceira faísca, por descargas successivas, denominadas *descargas secundarias*.

Para descarregar os grandes condensadores e as baterias é preciso empregar o excitador de cabos de vidro. Querendo produzir a descarga através de qualquer corpo, de um pequeno animal, de um fio metallico, etc., emprega-se o *excitador universal*, fig. 207, que consta de duas hastes me-

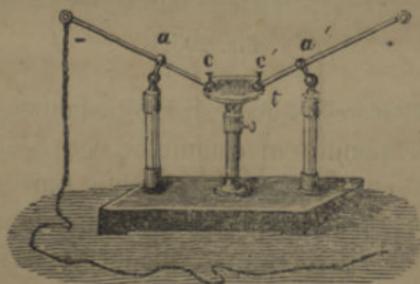


Fig. 207

tallicas $a c$, $a' c'$, isoladas sobre columnas de vidro, podendo os seus extremos c e c' aproximar-se na parte superior de uma lamina t , destinada a receber os objectos através dos quaes se ha de fazer a descarga. Obtem-se esta pondo uma das hastes, $a c$ por exemplo, em comunicação com a armadura externa do condensador, por meio de uma cadeia que a figura representa, e aproximando a armadura interna da haste $a' c'$, ou comunicando esta haste com aquella armadura por intermédio de um excitador ordinario.

400.—*Descarga lenta dos condensadores*.—Um condensador descarrega-se lentamente quando está exposto ao ar humido, porque se perde por partes o fluido livre de uma armadura e ao mesmo tempo se liberta uma porção do fluido da outra, esgotando-se no solo.

Faz-se a descarga lenta isolando o condensador e tocando alternadamente cada uma das armaduras: oc alculo demon-

stra que para descarregar por este meio um condensador seria preciso um numero infinito de contactos, do mesmo modo que, para tirar todo o ar de um recipiente com a machina peneumatica, seria preciso um numero infinito de excursões do embolo.

Torna-se apparente a descarga lenta de um condensador com uma garrafa cuja armadura interna termina em uma campainha, collocando-a no apparatus representado na fig. 208, que é uma especie de carrilhão electrico. Os dois pen-

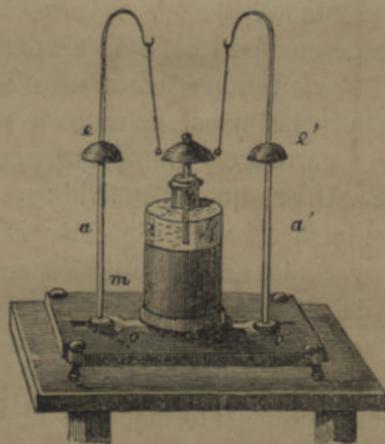


Fig. 208

dulos são attraídos pelo fluido livre da armadura interna, roubam-lhe pelo contacto uma porção, e como são immediatamente repellidos vão tocar nas campainhas, que estando em communição com o solo dão prompto esgoto á electricidade: os pendulos tornam a ser attraídos e continuam d'este modo a roubar a electricidade e a espalhar-a no solo.

VI.—Efeitos da electricidade estatica

401.—Os efeitos da electricidade estatica são *physiologicos, physicos, chimicos e mechanicos*: os *physicos* dividem-se em *luminosos e calorificos*.

402.—Efeitos *physiologicos*.—Os efeitos *physiologicos* são as commoções que se sentem principalmente nas articulações. É fraca a commoção da fiação da machina; porém é muito energica a de uma garrafa, e a de uma bateria é bastante perigosa. Dá-se a commoção a muitos individuos communicando-se estes pelas mãos, segurando o primeiro na armadura externa da garrafa e o ultimo aproximando a mão da armadura interna. Diz-se que os individuos collocados por esta fórma constituem a *cadeia*. Se estão isolados a commoção é egual para todos; aliás é menor para os que estão na parte média da referida cadeia.

A descarga faz contrair os musculos; prova-o uma experiencia curiosa feita com o *quadro fulminante*, que é um condensador muito simples formado de um quadro de vidro cercado de um caixilho de madeira, com duas laminas de estanho, sobre as faces do vidro; estas laminas não tocam o caixilho, apenas de um dos lados uma se prolonga por uma fita de estanho até á madeira. Collocando uma moeda sobre a lamina positiva de estanho, pegando no caixilho de modo que a mão toque o estanho da outra lamina, e carregando o condensador, quando com a outra mão se vae tirar a moeda recebe-se a fiação antes do contacto, e não se pode tirar o objecto porque os musculos se contraem.

403.—Efeitos *luminosos*.—*Ovo electrico*.—Já vimos que a recomposição das duas electricidades se faz com desenvolvimento de luz, quando ellas teem sufficiente tensão. É o que acontece quando se tiram fiascas da machina electrica,

da garrafa de Leyde e das baterias. Todas as circumstancias que concorrem para que seja grande a quantidade dos fluidos separados pela influencia augmentam a fuisca: é por isso que esta é muito maior sobre os bons conductores do que sobre os maus, e ainda maior se o bom conductor não está isolado, e se são grandes as superficies oppostas pelas quaes se faz a influencia.

A fuisca é rectilinea quando tem pequena extensão; sinuosa e irregular, apresentando ás vezes pequenas ramificações, quando tem que vencer grandes distancias: sendo as cargas muito intensas apresenta a fórma de zig-zag de angulos agudos, e assemelha-se completamente ao raio.

O brilho da luz é tanto mais intenso quanto melhores conductores são os corpos entre os quaes se produz; e a sua côr varia não só com a natureza d'esses corpos, mas com a atmospheria ambiente e a pressão. Estudam-se os effeitos da pressão sobre o brilho da luz com o *ovo electrico*, fig. 209: é um globo de vidro apoiado sobre um pé de latão e disposto de modo que se pode separar d'elle e aparafusar-se na machina pneumatica, a fim de se lhe fazer o vacuo. O globo é atravessado em baixo e em cima por duas hastes de latão *A* e *B* terminadas em botão; a haste inferior *B* é fixa, e a superior *A* pode escorregar com fricção n'uma caixa de coiro, a fim de se aproximar ou afastar da primeira. Fazendo o vacuo no balão, pondo a haste *B* em communicação com o solo, e a haste *A* com uma forte machina electrica em actividade, observa-se entre os dois botões uma luz violacea fraca e continua. Deixando entrar o ar pouco a pouco, pelo movimento dado á torneira *r*, a tensão dos fluidos augmenta

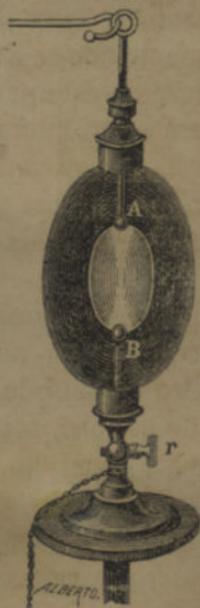


Fig. 209

com a resistencia do meio, e a luz só apparece sob a fórma da fuisca ordinaria.

Introduzindo no ovo electrico diferentes gazes nota-se a influencia do meio sobre a côr da fuisca.

404.—Garrafa, tubo e quadros scintillantes.—Estes diversos apparelhos servem para mostrar os effeitos luminosos da electricidade.

A *garrafa scintillante*, fig. 210, é uma garrafa de Leyde cuja armadura externa é formada por uma camada de verniz sobre a qual se espalhou limalha de cobre, e por duas tiras de estanho. uma inferior, que se põe em communição com o solo por intermédio de uma cadeia metallica, e outra superior, que fica a poucos centimetros de distancia do botão da armadura interior, cuja haste é muito recurvada. Suspendendo-a á machina electrica, a garrafa descarrega-se expontaneamente quando a carga attinge um certo limite, dando fuiscas entre o botão e á armadura externa, fuiscas que se espalham sobre a li-



Fig. 210

malha produzindo muito bom effeito luminoso n'uma casa ás escuras.

Nos *tubos, globos e quadros scintillantes* mostram-se bonitos effeitos luminosos, todos resultantes das fuiscas electricas, que saltam entre os vertices de pequenos losangos de estanho distribuidos por diferentes fórmas sobre o vidro.

405.—*Effeitos calorificos*.—A descarga através de um conductor reduzido a pequenas dimensões, como um fio ou uma folha metallica, aquece-o muito, funde-o e até o pode volatilisar, como se verifica empregando o excitador universal.

Uma lamina de oiro fundida pela descarga electrica contra uma fita de seda ou uma lamina de vidro adhire a estes corpos: demonstra-o a experiencia da *prensa electrica*,

que consiste em fundir uma lamina de oiro contra uma fita de seda, pondo de permeio um papel com aberturas, que de ordinario representa o retrato de Franklin.

Fazendo a descarga entre duas esferas, uma de oiro e outra de prata, a primeira apparece prateada e a segunda doirada nos pontos tocados pela faisca; parece que ha duplo transporte dos metaes nos dois sentidos.

A faisca electrica, pelo augmento de temperatura que produz, inflamma o ether, o alcool, a polvora e a resina em pó, quando atravessa estas substancias.

406.—Effeitos chimicos.—Pistola de Volta.—A descarga electrica, e até a faisca das machinas, é capaz de produzir combinações e decomposições. Se dois gazes estão misturados nas proporções em que se combinam, uma só faisca basta para fazer a combinação; aliás é preciso um grande numero de faiscas.

A *pistola de Volta*, fig. 211, é um frasco de metal com a parede atravessada por uma haste tambem metallica, porém isolada d'ella e terminada em dois botões *A* e *B*, sendo este ultimo muito proximo da parede. Introduzindo-lhe uma mistura de duas partes de hydrogenio e uma de oxygenio; fechando-a com uma rolha; pondo-a por meio de uma cadeia em communicação com a armadura externa de um condensador, e aproximando do botão *A* a armadura interna, salta uma faisca contra este botão, e outra entre o botão *B* e o frasco: esta ultima, produzindo o vapor d'agua pela combinação dos dois gazes, faz saltar a rolha a distancia e com grande estampido.

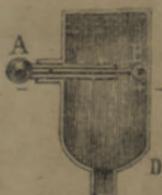


Fig. 211

407.—Effeitos mechanicos.—A descarga através dos corpos maus conductores produz sempre fracturas mais ou menos apparentes; demonstra-se com o aparelho denominado *fura-vidros* ou *fura-cartas*, fig. 212, no qual a faisca salta entre duas pontas metallicas dirigidas contra uma carta ou

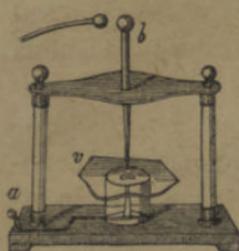


Fig. 212

uma lamina de vidro *v*; faz-se isto pondo a armadura externa em contacto com o botão *a*, que communica com a ponta inferior, e aproximando a armadura interna do botão *b*, em que termina a ponta superior.

O furo no cartão é quasi sempre mais proximo da ponta negativa do que da ponta positiva, se a experiencia se não realisa no ar rarefeito; e apresenta os bordos levantados em ambas as faces, d'onde se conclue que a descarga não se faz n'um determinado sentido, e que o cartão se electriza por influencia, sendo ambas as suas faces attraidas pela ponta proxima.

CAPITULO II

MAGNETISMO

I.—Propriedades dos ímans

408.—Iman natural.—Magnetismo.—Dá-se o nome de *pedra de iman* ou de *iman natural* a um oxydo de ferro, que tem a propriedade de attrair o ferro, o nickel, o cobalto, o chromio, etc., sendo comtudo esta acção muito mais energica sobre o primeiro d'aquelles metaes¹.

Segundo Aristoteles a referida substancia foi conhecida

¹ Este oxydo encontra-se em algumas minas, principalmente na Suecia e na Noruega, e tambem na Allemanha e nas Indias; mas nem todo apresenta a propriedade caracteristica dos imans: é d'este minerio que na Suecia se extrae o melhor ferro.

do philosopho Thales 600 annos antes da era christã: o seu nome grego *magnetis* vem do nome da cidade de Magnesia na Lydia perto do monte Sipylo, onde se acharam os primeiros imans.

Do nome grego do iman veio a palavra *magnetismo*, empregada hoje tanto para designar a causa da sua acção attractiva, como a parte da physica, que estuda os phenomenos produzidos por essa causa.

409.—Imans artificiaes.—Aguilha magnetica.—Força coerciva.—A propriedade do iman é transmissivel e conserva-se muito bem no aço temperado, com o qual se fazem *imans artificiaes* permanentes com fórmãs e disposições proprias para o estudo do magnetismo e para as suas applicações. As fórmãs mais communs dos imans artificiaes são a de *barra*, a de *ferradura* e a de losango muito allongado cortado em lamina delgada, a que se dá o nome de *aguiha magnetica*.

O *ferro macio*, isto é, o ferro livre de substancias estranhas, adquire mais facilmente que o aço a propriedade magnetica; porém do mesmo modo a perde quasi instantaneamente, e por isso constitue apenas *imans temporarios*, que são de mui util emprego.

A resistencia que uma barra de ferro oppõe á magnetisação recebe o nome de força *coerciva*; esta força é muito grande no aço temperado, e quasi nulla no ferro macio.

410.—Distribuição do magnetismo.—Polos e linha neutra dos imans.—A acção attractiva de um iman não tem a mesma intensidade em todos os pontos; ha duas regiões oppostas onde é maxima, e uma intermédia onde é quasi nulla; as primeiras denominam-se *regiões polares* do iman, a segunda denomina-se *região neutra*.

Reconhece-se e estuda-se esta distribuição do magnetismo espargindo sobre o iman limalha de ferro ou envolvendo-o n'ella, e retirando-o depois: o que se observa, tanto nos imans naturaes como nos artificiaes, está indicado na fig. 213.

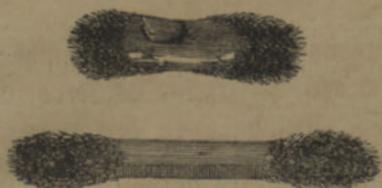


Fig. 213

Os centros das regiões polares denominam-se *polos do iman*; a linha que os une *eixo magnetico*, e a secção perpendicular a este e equidistante d'aquelles *linha neutra*. Nas agulhas magneticas bem preparadas os polos residem nas pontas; o eixo magnetico coincide com o eixo de figura, e a região neutra existe na parte média.

Às vezes, em consequencia de ter sido mal feita a magnetisação, os imans apresentam mais de dois polos, isto é, teem centros de attracção em pontos intermédios aos polos propriamente ditos: estes pontos dizem-se *pontos consequentes*; suporemos sempre que não existem, porque é o caso ordinario.

411.—Acção mutua dos polos dos imans.—Lei das attracções e repulsões magneticas.—Suspendendo uma agulha magnetica pela parte média, e aproximando successivamente de ambos os seus polos um dos extremos de um iman, ou de outra agulha, reconhece-se que um polo exerce attracção e outro repulsão. Fazendo igual experiencia com o segundo polo do mesmo iman, vê-se que manifesta attracção o polo que primeiro repellira e que repelle o que antes attraira. Os polos dos diversos imans sobre os quaes a acção d'um extremo da agulha suspensa é a mesma chamam-se *polos do mesmo nome*; dizem-se de *nome contrario* aquelles sobre os quaes essa acção é diferente: isto é, os polos que são atraidos ou repellidos pelo mesmo extremo de um iman são do mesmo nome, e os polos atraidos são de nome contrario ao dos repellidos.

Os polos oppostos do mesmo iman são de nome contrario; porque, como dissemos, actuam differentemente sobre o mesmo polo de outro iman.

Estas attracções e repulsões variam na razão inversa do quadrado das distancias.

412.—Substancias magneticas.—Denominam-se *substancias*

magneticas aquellas que os imans attraem: as principaes são, como dissemos, o ferro, o aço, os oxydos de ferro, o nickel, o cobalto e o chromio. Distinguem-se dos imans, porque não teem acção umas sobre as outras, e porque attraem indistinctamente ambos os polos de um iman.

413.—Theoria dos dois fluidos magneticos.—Em quanto se não descobriram as correntes electricas e a sua acção sobre os imans, explicaram-se os phenomenos magneticos admittindo a existencia de dois fluidos analogos aos fluidos electricos da theoria de Symmer, exercendo repulsão sobre si mesmos e attracção um sobre o outro, e suppondo que nas substancias magneticas estes fluidos estão combinados, constituindo um *fluido magnetico neutro*, e sendo susceptiveis de separar-se pelos processos de magnetisação para accumular-se depois cada um em diverso extremo do magnete.

414.—Magnetisação por influencia.—Na theoria dos dois fluidos, explica-se a acção de um iman sobre uma substancia magnetica dizendo que, o fluido accumulado no polo do iman mais proximo d'ella, decompõe o seu fluido neutro, attrae o fluido do nome contrario e repelle o do mesmo nome, constituindo assim um iman temporario: diz-se então que a substancia magnetica foi *magnetisada por influencia*. Isto explica o phenomeno da *cadeia magnetica*: aproxima-se de um extremo de um iman uma pequena barra de ferro macio, a qual é attraida e fica suspensa; aproximando do extremo livre d'esta barra uma segunda barra de ferro macio, é tambem attraida e retida por ella, e o mesmo se pode fazer com outras peças. Todas estas peças estão retidas pela influencia do iman, que as converte em imans temporarios; de feito, separando a primeira, todas as outras se separam e caem.

É um phenomeno perfeitamente identico a este o que se passa com a limalha de ferro espargida sobre o iman, e que faz com que ella se accumule em grande quantidade.

415.—Constituição dos imans.—Magnetisando uma grande

agulha d'aço reconhecemos os dois polos nas duas extremidades e a região neutra no meio; partindo a agulha por esta região nota-se que cada metade é um iman completo, e o mesmo se observa dividindo e subdividindo cada uma d'ellas. Não devemos por conseguinte admittir a accumulção dos fluidos nos extremos do iman, isto é, nas regiões polares, e a sua ausencia completa na região neutra: devemos antes considerar o iman como sendo o resultado da juxtaposição de *elementos magneticos* completos, independentes, tendo cada um os seus dois polos e a linha neutra, e sendo todos orientados da mesma maneira, dando assim em resultado a neutralisação na parte média e duas resultantes contrarias applicadas nos polos do referido iman.

Veremos adiante como se explica hoje a constituição dos *elementos magneticos*.

II.—Magnetismo terrestre

416.—Acção da terra sobre os imans.—Denominação dos polos dos imans.—Suspendendo um iman por um fio, apoiando-o n'um fulcro, ou collocando-o sobre um pequeno pedaço de cortiça, que se faz fluctuar na agua, observa-se que o iman oscilla em torno de uma posição pouco differente da linha norte-sul, na qual fica depois em equilibrio. Desviando-o d'esta posição, oscilla de novo e adquire-a outra vez passado algum tempo. Isto mostra que a terra attrae o iman exactamente como o faria uma grande massa de ferro.

Se invertermos o iman, fazendo olhar para o norte o polo que olhava para o sul, observa-se que este é repellido, e que o iman gira de 180° voltando sempre o mesmo polo para o norte. A terra actua, por conseguinte, como um iman, isto é, distingue os polos, attrae um e repelle o outro; a sua acção representa-se perfeitamente considerando no seu interior um grande iman proximamente na direcção

norte-sul; por esse motivo os polos d'este iman recebem o nome de *polo boreal*, o do norte, e de *polo austral*, o do sul.

Assim, os polos dos imans que se dirigem para o norte são polos austraes, isto é, do mesmo nome do polo austral do iman terrestre; e os que olham para o sul são polos boreaes. Como poderia haver confusão em designar por este modo os polos dos imans, denomina-se *polo norte* o que se dirige para o norte, e *polo sul* o que olha para o sul.

417.—Binario magnetico terrestre.—Partindo da hypothese de que a terra actua como um iman collocado no seu centro, representa-se a acção magnetica terrestre por um *binario* (49), cujo effeito é, como se sabe, apenas de direcção.

Consideremos a agulha AB , fig. 214, suspensa ou apoiada livremente pelo centro C . O polo norte da terra attrairá o polo austral A da agulha com uma força AN , e repellirá o polo boreal B com uma força BN' , egual e parallelas áquella, attenta a pequenez da agulha relativamente á distancia que

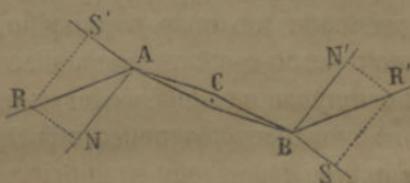


Fig. 214

a separa do centro da terra; estas duas forças constituem por conseguinte um binario. A acção do polo sul do globo será a de outro binario BS , AS' . Estes dois binarios compõem-se e dão um binario resultante AR , BR' , o qual só pode desviar a agulha até a collocar no seu plano parallelamente á direcção das forças AR , BR' .

A experiencia confirma o que acabamos de dizer, isto é, que a acção da terra é apenas *directriz*; porque collocando

a agulha magnetica sobre um fluctuador, reconhece-se que não ha movimento de translação, o que demonstra que não ha força motriz horizontal; e pesando a agulha antes e depois de magnetisada, reconhece-se que a magnetisação não lhe augmentou nem diminuiu o peso, portanto não ha força motriz vertical.

418.—Meridiano magnetico.—Declinação da agulha.—A direcção que toma a agulha magnetica sob a acção da terra não coincide, em geral, com a linha norte-sul; umas vezes afasta-se para leste e outras para oeste. Denomina-se *meridiano magnetico* o plano que passa pela agulha e pelo centro da terra, e *declinação da agulha*, o angulo d'este plano com o do meridiano astronomico: a declinação diz-se *oriental* ou *occidental*, conforme o polo norte da agulha está a leste ou a oeste d'aquelle meridiano.

419.—Inclinação da agulha.—Equador e polos magneticos da terra.—Se magnetisarmos uma agulha depois de haver determinado o seu centro de gravidade, veremos que depois de magnetisada não toma a posição horizontal, quando suspensa ou apoiada por aquelle ponto; um dos seus polos mergulha no horizonte, o polo norte no nosso hemispherio, e o polo sul no hemispherio austral: o angulo que a direcção da agulha faz com o horizonte depende do plano em que se colloca; é minimo no meridiano magnetico e então denomina-se *inclinação da agulha*.

Denomina-se *equador magnetico* a linha que passa pelos pontos da superficie da terra onde a inclinação é nulla: esta linha afasta-se pouco do equador geographico. *Polos magneticos terrestres* são os pontos onde a inclinação é de 90° , isto é, onde a agulha fica vertical. Em cada hemispherio encontra-se um *polo magnetico* situado nas regiões polares.

420.—Bussola de declinação.—Dá-se o nome de *bussolas* aos instrumentos que medem a declinação e a inclinação.

A *bussola de declinação*, reduzida á maxima simplicidade e disposta como basta para os usos ordinarios, consta de

uma caixa tendo no centro um fulcro vertical em que se apoia uma agulha magnetica horizontal, e no fundo um circulo graduado. Mede-se a declinação, conhecendo o meridiano do lugar, levando o diametro 0° - 180° do circulo graduado ao plano d'esse meridiano, e lendo o angulo que a agulha faz com aquelle diametro. Se não é conhecido o meridiano geographico começa-se por determinal-o, o que se faz com a bussola disposta de uma maneira apropriada. Para tal fim a bussola tem um oculo *L*, fig. 215, movel n'um

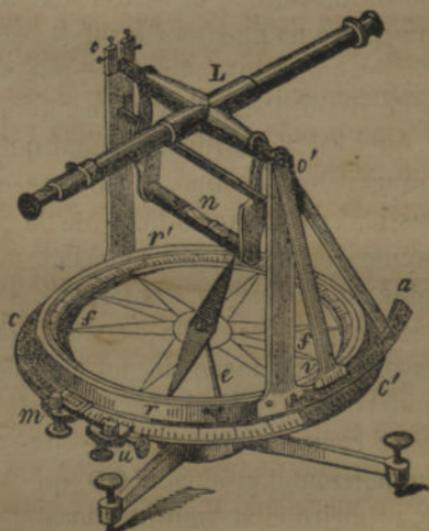


Fig. 215

plano vertical, que passa pelo diametro 0° - 180° do circulo graduado. Esta parte do instrumento gira sobre um limbo horizontal *cc'*, denominado *circulo azimuthal*, porque mede os azimuths a que se leva o oculo.

Determina-se o meridiano dirigindo o oculo para um astro conhecido, calculando pelos processos astronomicos o azimuth d'esse astro, isto é, o angulo vertical do astro com o meridiano, e fazendo por ultimo, girar o plano vertical do oculo de um angulo igual áquelle azimuth.

421.—Bussola marítima.—Para dirigir a marcha dos navios emprega-se a bussola de declinação, que se introduz n'uma caixa denominada *bitacula*, collocada á ré sobre a coberta. A bussola suspende-se de maneira que, não obstante as oscillações continuas do navio, a agulha está sempre horizontal: esta suspensão obtem-se com dois aneis concentricos e dois eixos perpendiculares, um fixo a um dos aneis, outro fixo á caixa.

A agulha não se vê, porque sobre ella está collocada uma folha de cartão ou de talco com a rosa dos ventos, e uma gradação, com o zero na linha norte-sul. Na caixa está marcado um traço denominado *linha de fé*, que indica a direcção da quilha do navio. Para dirigir o navio procura-se primeiramente n'uma carta marítima o rumo que se deve seguir para o levar ao seu destino, e move-se o leme olhando para a bussola até levar a linha de fé a fazer com a agulha um angulo que se obtem sommando ou subtraindo do rumo o valor da declinação, conforme o signal d'esta.

422.—Bussola de inclinação.—Na *bussola de inclinação*, fig. 216, a agulha oscilla em torno de um eixo horizontal perpendicular a um circulo vertical *EF*, no qual se mede o angulo que ella faz com o horizonte: este circulo vertical move-se sobre um horizontal graduado *CD*, que serve para dar a posição do primeiro e permite collocar-o no meridiano magnetico.

423.—Variações da declinação e inclinação.—Á declinação e inclinação magneticas apresentam *variações regulares e irregulares*.

As variações regulares distinguem-se em *seculares*, quando são do mesmo sentido durante muitos annos, e *periodicas* quando são de sentidos contrarios no periodo de um anno ou de um dia, e por esse motivo se denominam *annuaes* ou *diurnas*. Diremos apenas alguma coisa das variações da declinação, porque as da inclinação são pouco apreciaveis.

Em cada logar da terra a agulha oscilla para um e outro

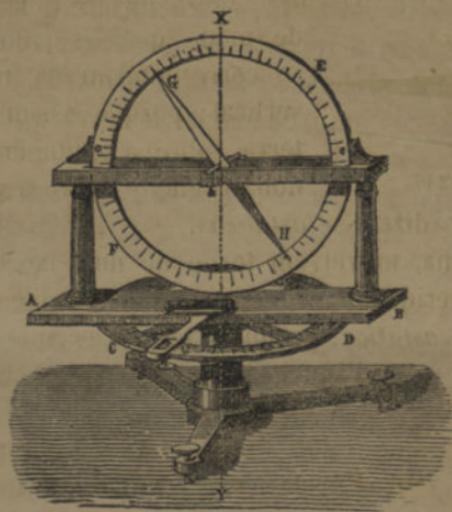


Fig. 216

lado da linha norte-sul, apresentando durante muitos annos uma declinação oriental, durante muitos outros uma declinação occidental; n'isto consiste a *variação secular* da agulha. Actualmente, em Portugal, a declinação é occidental.

As variações periodicas consistem em pequenas oscillações da agulha manifestadas durante o anno ou durante o dia, e, ao que parece, dependentes da marcha apparente do sol. A variação diurna é muito mais notavel que a annual.

As variações irregulares, tambem denominadas *perturbações*, são desvios accidentaes da agulha, ou pequenas fluctuações muito deseguaes observadas simultaneamente n'uma grande extensão da superficie da terra, principalmente durante as *tempestades magneticas*, geralmente acompanhadas nas altas latitudes, de *auroras polares*.

424.—Agulhas astaticas.—Em varios instrumentos, e para muitas experiencias de physica, precisa-se uma agulha magnetica indifferente á acção terrestre. O meio mais commumente empregado para o conseguir consiste em associar a

agulha com outra das mesmas dimensões, da mesma força magnetica e disposta em sentido contrario, fig. 217, isto é,

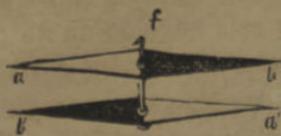


Fig. 217

de modo que os polos contrarios se correspondam na mesma linha vertical; porque assim a acção da terra sobre a segunda agulha annulla o effeito sobre a primeira. As

duas agulhas dizem-se *astaticas*.

Uma agulha, movel em torno de um eixo collocado no plano do meridiano magnetico parallelamente á agulha de inclinação, é *astatica*; porque a terra não pode dar-lhe movimento em volta d'aquelle eixo.

III.—Processos de magnetisação

423.—A magnetisação faz-se por tres meios differentes: pela acção dos imans, por influencia da terra, e finalmente pelas correntes electricas. O primeiro e o terceiro são os unicos praticos: n'este capitulo fallaremos apenas do primeiro.

Qualquer que seja o processo empregado, a magnetisação não pode exceder um certo limite, denominado o *ponto de saturação*.

426.—Magnetisação pelos imans.—A magnetisação com os imans pode fazer-se por *toque simples*, por *toque separado*, e por *toque duplo*.

1.º *Magnetisação por toque simples*.—Consiste este processo em friccionar a barra com o polo de um iman desde um a outro extremo, sempre no mesmo sentido e muitas vezes successivas. Este processo é mau, porque origina *pontos consequentes* (410), e não é susceptivel de dar grande força ás barras.

2.º *Magnetisação por toque separado*.—Para empregar este processo começa-se por apoiar as extremidades da barra

sobre os polos oppostos de dois fortes imans; depois collocam-se outros dois imans com os polos oppostos sobre a parte média da barra e fazendo com esta angulos de 25° ; por ultimo fricciona-se a barra com estes ultimos imans desde a parte média até ás extremidades, e repete-se a operação bastantes vezes. Os polos que friccionam as metades da barra devem ser do mesmo nome dos que estão em contacto com essas mesmas metades.

3.º *Magnetisação por toque duplo.*—Differe este processo do antecedente em que os imans friccionantes não se separam: apoiam-se os polos contrarios na parte média da barra, conservando-se a uma distancia fixa por meio de uma peça de madeira; depois fricciona-se com ambos do meio para um extremo, d'este para o outro, e assim successivamente, de modo que as duas metades da barra recebam o mesmo numero de fricções.

427.—*Feixes magneticos.*—*Armadura dos imans.*—Os imans de maior volume são os mais possantes; porém os imans pequenos teem proporcionalmente maior força do que os grandes. D'aqui proveio a idéa de associar muitas barras pequenas a fim de constituir um *feixe magnetico*. Convém que os imans do feixe estejam isolados e que não tenham o mesmo comprimento. A fig. 218 representa um *feixe* composto de



Fig. 218

12 barras dispostas em tres camadas, sendo a barra média de cada uma d'estas camadas maior que as extremas: as massas de ferro macio *A* e *B* constituem os polos do systema.

É inconveniente deixar expostos os polos de um iman, ou de um feixe, ás suas acções mutuas; porque d'esse modo a força tende a diminuir. Evita-se uma tal desvantagem empregando *armaduras*, que são peças de ferro macio postas

em contacto com os polos do iman: estas peças magnetizando-se por influencia reagem sobre os polos, conservando assim a magnetisação.

Os imans em fôrma de ferradura armam-se com uma só peça; porque os polos terminam por facetas collocadas no mesmo plano. Os imans naturaes armam-se guarnecendo-os de peças de ferro macio, a fim de transportar os polos para duas facetas collocadas tambem no mesmo plano: a armadura é então identica á dos imans de ferradura.

Depois de armados os imans pode julgar-se da sua força carregando-os com pesos: fazendo isto observa-se um phenomeno notavel e ainda não explicado, é o augmento successivo da força com o tempo até attingir um certo limite. Os imans naturaes, que são muito fracos, adquirem grande força por este meio.

Os feixes ordinarios não podem com um peso superior a 5 vezes o seu; porém fazendo-os de laminas delgadas d'aço, magnetisadas á saturação separadamente, curvadas em fôrma de ferradura e com os extremos mettidos em peças de ferro macio, obtem-se imans que podem com um peso igual a 10 vezes o seu. São estes os imans Jamin.

CAPITULO III

ELECTRICIDADE DYNAMICA

I.—Correntes hydro-electricas.—Pilhas

428.—Experiencia e theoria de Galvani.—Galvani, professor de anatomia em Bolonha, havendo, em 1785, preparado algumas rãs para estudos anatomicos, e tendo-as suspendido a uma grade de ferro por colxetes de cobre introduzidos entre a columna vertebral e os nervos lombares, notou que aquelles animaes mortos e mutilados se agitavam em vivas convulsões, quando tocavam as grades de ferro com os membros movidos pelo vento. Galvani viu n'este phenomeno um principio novo, e apenas se assegurou, por experiencias directas, de que as convulsões se davam sempre que aquelles animaes recentemente mortos se achavam em circumstancias identicas ás que primeiro tinha observado, publicou o seu descobrimento emittindo ao mesmo tempo uma theoria para lhe servir de explicação. Suppoz que as convulsões eram excitadas por um fluido electrico particular, que se dirigia dos nervos para os musculos por intermédio do cobre e do ferro, os quaes apenas serviam para estabelecer a communicação entre os referidos orgãos¹. Os animaes foram

¹ Alguns peixes, como a enguia electrica, a arraia electrica, etc., dão fortes descargas, que podem fulminar o homem quando communicam com elles por um conductor da electricidade: esta producção de electricidade é influenciada pelo systema nervoso dos animaes.

então considerados como garrafas de Leyde, constituindo os musculos e os nervos as duas armaduras.

Para reproduzir a experiencia de Galvani corta-se com uma tesoura, pela região lombar uma rã viva; despem-se os membros inferiores; põem-se a descoberto os nervos lombares, que são dois filetes brancos dispostos aos lados da columna vertebral; introduz-se debaixo d'elles um dos ramos do arco articulado *ZOC*, fig. 219, formado de cobre

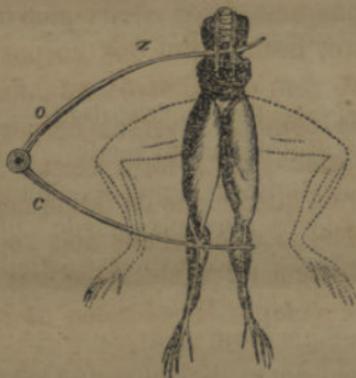


Fig. 219

e zinco, e tocam-se com o outro ramo os musculos das pernas do animal: reconhece-se então em cada contacto que os musculos se contraem e se agitam, como se o animal adquirisse a vida e quizesse saltar.

A theoria de Galvani foi bem recebida por todos os phisicos, excepto por Volta, que apoiando-se em varias experiencias attribuiu o phenomeno das convulsões á electricidade desenvolvida pelo contacto dos dois metaes, servindo a rã de conductor e de electroscopio muito sensivel. É porém facil demonstrar, que os metaes não são indispensaveis á producção do phenomeno, e que são erradas as idéas de Volta, não obstante dos seus trabalhos ter resultado a invenção das pilhas. Como estes trabalhos foram provocados

pelos factos descobertos por Galvani, dá-se ás vezes o nome de *galvanismo* ao ramo da electricidade posteriormente creado e desenvolvido.

429.—Theoria de Volta.—Força electro-motriz.—Volta, para demonstrar o desenvolvimento da electricidade pelo contacto de dois metaes, fez varias experiencias com uma lamina metallica composta de dois rectangulos eguaes de zinco e de cobre soldados um ao outro, e estabeleceu a theoria seguinte para as explicar: 1.º o contacto de dois corpos heterogeneos origina uma *força electro-motriz*, que decompõe o fluido neutro, ficando um dos corpos com o fluido positivo e o outro com o negativo: esta força não tem a mesma intensidade com os diversos corpos, e é maxima entre o cobre e o zinco; 2.º a força electro-motriz decompõe sempre a mesma quantidade de fluido neutro, qualquer que seja o estado electrico inicial dos dois corpos; 3.º os liquidos não desenvolvem força electro-motriz pelo contacto com os metaes, e comportam-se como os corpos conductores.

Hoje está plenamente demonstrado ser falsa a theoria de Volta, e que, ao inverso do que elle suppoz, é o contacto dos liquidos com os metaes a origem da força electro-motriz, ficando os liquidos com o fluido positivo e os metaes com o negativo: o contacto de dois metaes não desenvolve força electro-motriz.

O contacto do liquido com o metal produz tambem uma acção chimica, tanto mais energica quanto maior é a quantidade de fluidos separados; d'aqui vem o dizer-se que a electricidade é devida á acção chimica entre o liquido e o metal. De feito, não havendo acção chimica, não ha corrente; e reciprocamente.

430.—Pilha de Volta.—Distribuição da electricidade na pilha.—Volta, como applicação da sua theoria, construiu um aparelho que immortalisou o seu nome: é a *pilha de columna*, fig. 220. Consta de uma serie de discos metallicos eguaes,



Fig. 220

cada um composto de duas laminas de cobre e zinco soldadas intimamente, collocados uns por cima dos outros, formando columna; os metaes diferentes estão em presença, porém separados por outros discos de panno ou cartão humedecido com agua acidulada; a pilha fica disposta entre tres columnas de vidro fixas sobre uma base de madeira.

Volta deu o nome de *elemento* ou *parte* de pilha a cada um dos discos formado pelos dois metaes; porém, segundo as idéas actuaes, *elemento* da pilha é o conjuncto da lamina de zinco de um disco com a lamina de cobre do outro e o disco humedecido intermédio: o zinco toma o fluido negativo e o liquido o positivo, que o cobre recebe pelo contacto. Tanto isto é assim que deitando n'um copo agua ligeiramente acidulada com acido sulfurico, e mergulhando n'ella uma lamina de zinco e outra de cobre isoladas, observa-se na primeira a electricidade negativa e na segunda a positiva.

A pilha pode ter somente um dos extremos isolado e o outro em contacto com o solo, ou tel-os ambos isolados. A experiencia mostra que no primeiro caso o extremo em contacto com o solo está no estado natural, e que no resto da pilha só existe uma especie de electricidade, que é positiva ou negativa conforme o apparelho repousa no solo pelo *elemento* que tem exteriormente o cobre ou pelo que tem o zinco. A distribuição electrica no segundo caso é diferente; a parte média está no estado natural, e cada metade da pilha carregada de uma electricidade especial, crescendo a tensão dos fluidos a partir da parte média para os extremos. A metade que termina por um disco de zinco tem o fluido +; e a que termina por um disco de cobre tem o fluido —.

431.—Tensão da pilha.—O esforço que as electricidades accumuladas nos extremos da pilha fazem para se separar d'elles denomina-se *tensão da pilha*, e depende principalmente do numero de elementos. É preciso não a confundir com a *quantidade* de electricidade desenvolvida, a qual é dependente da superficie dos elementos e independente do seu numero.

432.—Polos e reophoros da pilha.—Correntes.—N'uma pilha isolada combinam-se as electricidades contrarias dos *pares* intermédios e accumulam-se os fluidos nos extremos, que por esse motivo se denominam *polos da pilha*. Como é o ultimo cobre que tem o fluido negativo, e o ultimo zinco o positivo, Volta denominou *polo zinco* o positivo e *polo cobre* o negativo: mas esta classificação é inadmissivel hoje, porque de accordo com a theoria moderna, o cobre e o zinco extremos se consideram inuteis, e apenas destinados a conduzir as electricidades do zinco ou do cobre em contacto com os liquidos; por isso não os empregando, o zinco é o polo negativo, e o cobre o positivo.

Em quanto estão separados os polos da pilha, as electricidades ahi accumuladas apresentam-se no estado de *tensão* ou *estatico*, e manifestam as propriedades ou effeitos estudados na secção antecedente. Para obter o movimento electrico denominado *corrente*, é preciso communicar entre si os polos, o que se faz por intermédio de dois fios de cobre ligados a elles: estes fios denominam-se os *reophoros da pilha*. Pondo em contacto os reophoros, as electricidades positiva e negativa accumuladas nos polos caminham de um para o outro a fim de se neutralisarem, pela mutua acção attractiva; ha portanto corrente dupla, que é continua, por isso que a acção chimica reproduz constantemente as electricidades contrarias.

As correntes originadas pelo contacto dos liquidos com os metaes denominam-se *hydro-electricas*.

Para facilitar a explicação dos effeitos das correntes, con-

vencionou-se considerar no fio conductor interpolar uma só corrente de *electricidade positiva* dirigida do polo positivo ao negativo, e através da pilha uma corrente de *electricidade negativa* do polo negativo ao positivo.

433.—Pilhas de dois liquidos.—A pilha de Volta, quer seja com a fôrma primitiva de columna, quer com outra disposição, não se emprega hoje; porque a corrente electrica por ella fornecida enfraquece muito rapidamente, tanto porque o liquido se altera, como principalmente porque dos depositos que apparecem sobre os metaes resulta augmento de resistencia no interior da pilha e *correntes secundarias* contrarias á principal.

Evitam-se taes inconvenientes com o emprego de dois liquidos; as pilhas de dois liquidos receberam por este motivo a denominação de *pilhas de corrente constante*. Vamos descrever as mais geralmente empregadas.

434.—Pilha de Daniell.—A pilha de Daniell, fig. 221, consta de um vaso de vidro ou de loiça V, contendo uma dissolução concentrada de sulfato de cobre, na qual mergulha um cylindro de cobre C, crivado de orificios e ligado superiormente a uma galeria G tambem furada e cheia de cristaes d'aquelle sal. No interior do cylindro de cobre ha um vaso de barro muito poroso P cheio de agua acidulada com acido sulfurico, onde mergulha um cylindro de zinco Z. Aos dois metaes cobre e zinco ligam-se laminas de cobre p e n, as quaes constituem os reophoros.



Fig. 221

Emprega-se hoje mais frequentemente esta pilha com a seguinte modificação de Breguet: o zinco é collocado no vaso exterior, tem por conseguinte maior superficie, como convém para que seja grande a quantidade de electricidade

HA30³
H²SO⁴
H²SO⁴ +
+ Zn =
ZnSO⁴
+ H²
2H²O₃
+ 1

desenvolvida; o cobre, reduzido a um arame ligado a uma pequena galeria superior, fica no vaso poroso. É n'este vaso que se deita a dissolução do sulfato de cobre, e no exterior a agua acidulada.

O que fica descripto é apenas um *elemento* ou *par* da pilha; esta é a reunião de muitos pares, ligados por laminas de cobre, que põem em communicação o zinco de um com o cobre de outro, o zinco d'este com o cobre de um terceiro, e assim successivamente.

As acções que se passam em cada elemento são as seguintes: o zinco em presença do acido sulfurico decompõe a agua, apodera-se do oxygenio, combina-se com o acido, constituindo o sulfato de zinco, ficando o metal com o fluido negativo e o liquido com o positivo: este fluido e o hydrogenio livre dirigem-se através do vaso poroso sobre o cobre, que é o polo positivo; porém o gaz não se deposita, é absorvido pelo sulfato de cobre, decompondo-se este sal e libertando-se o acido, que vae depois através do vaso poroso substituir no vaso exterior o que foi absorvido pelo zinco: enfraquece assim a dissolução do sulfato de cobre, porém os crystaes collocados na galeria e mergulhados no liquido evitam isso, dissolvendo-se pouco a pouco.

435.—Pilha de Bunsen.—A pilha de Bunsen differe da antecedente em ter em lugar do cobre um cylindro ou um parallelepido de carvão, e em ser este mergulhado em acido nitrico, que substitue a dissolução de sulfato de cobre. O zinco é ainda o polo negativo e é atacado pelo acido sulfurico da agua acidulada: o hydrogenio e o fluido positivo da agua dirigem-se para o carvão; o acido nitrico serve para absorver aquelle gaz. Na fig. 222 está representada esta pilha em *P*, e ao lado as suas diversas partes separadas: o vaso exterior *F*; o cylindro de zinco *Z*; o vaso poroso *V* e o cylindro de carvão *C*: hoje o carvão emprega-se antes com fórma parallelepida.

As laminas de cobre *e* e *e'*, soldadas, ou apertadas so-

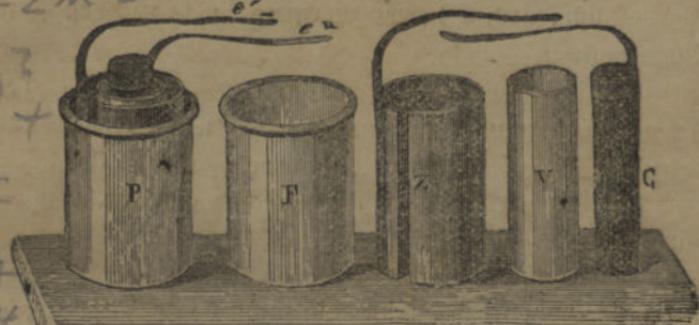


Fig. 222

bre o carvão e sobre o zinco, são os reophoros positivo e negativo.

A pilha de Bunsen é menos constante que a de Daniell, porque não regenera o acido sulphurico; é porém muito mais energica.

436.—Pilha de Minotto.—A pilha de Minotto é uma modificação importante da pilha de Daniell, com a vantagem de evitar os assiduos cuidados que esta reclama e de dispensar os vasos porosos, cuja duração é muito limitada. A pilha dispõe-se da maneira seguinte: no fundo de um copo coloca-se uma lamina de cobre, sobre uma camada de sulfato de cobre pulverisado, e por cima uma porção de areia; é n'esta que assenta o zinco, com a fórma de uma lamina enrolada em espiral, ou de uma grossa chapa crivada de orificios: ao disco de cobre liga-se um arame do mesmo metal, isolado dentro de um tubo de vidro ou de gutta-percha. Basta deitar agua sobre a areia até cobrir o zinco para que a pilha funcione durante muitos mezes.

437.—Bateria voltaica.—Agrupamento dos pares de uma pilha.—Augmenta-se a tensão dos fluidos accumulados nos polos de uma pilha difficultando-lhes a combinação através d'esta, isto é, augmentando o numero de pares, isto é,

constituindo uma *bateria voltaica*. Faz-se isto como representa a fig. 223, reunindo o carvão ou o cobre de um par ao zinco do outro, o carvão ou cobre d'este ao zinco de um

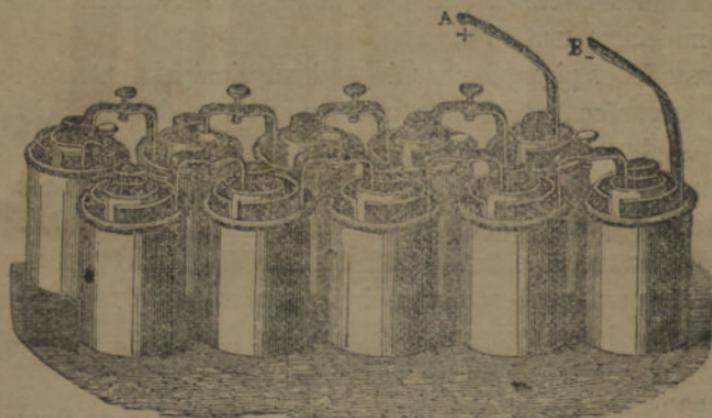


Fig. 223

terceiro, e assim successivamente. Querendo, pelo contrario, grande quantidade de fluidos, é preciso augmentar a superficie dos pares; o que se consegue reunindo os pares pelos polos do mesmo nome, isto é, pondo em communição os zyncos, de um lado, e os carvões, ou cobres, do outro.

II.—Efeitos das correntes.—
Efeitos physiologicos e calorificos

438.—Os efeitos da electricidade dinamica são, assim como os da descarga electrica, *physiologicos*, *physicos*, *quimicos* e *mechanicos*; os *physicos* são *calorificos*, *luminosos*, *magneticos* e de *inducção*. Este ultimo é estudado no capitulo v.

A differença que se observa entre estes efeitos e os da

descarga provém de que esta estabelece uma corrente instantanea, emquanto que com a electricidade dinamica as correntes são continuas: na primeira ha pequena quantidade de electricidade de muito grande tensão, emquanto que n'estas ultimas circulam grandes quantidades de electricidade de mui fraca tensão.

Os efeitos physiologicos dependem principalmente da tensão, e por conseguinte do numero de pares da pilha; os efeitos physicos e mechanicos, pelo contrario, dependem da quantidade de electricidade, e portanto da superficie dos pares da pilha; os efeitos chimicos dependem as mesmo tempo da tensão e da quantidade; é indispensavel uma certa tensão para vencer a afinidade; porém conseguido isto a decomposição é tanto mais rapida quanto maior é a quantidade da electricidade, isto é, a superficie dos pares.

439.—Efeitos physiologicos.—Designam-se pela denominação de *efeitos physiologicos* os efeitos produzidos pela pilha sobre os animaes mortos ou vivos: a sua intensidade depende principalmente, como já dissemos, do numero de pares da pilha.

Nos animaes recentemente mortos a corrente electrica produz movimentos extraordinarios, que simulam a renovação da vida. Uma experiencia d'esta ordem deu origem ao descobrimento da electricidade dinamica.

Os efeitos sobre os vivos são dores, commoções e contracções musculares, bastante intensas sendo a pilha muito energica. Pegando com as mãos humedecidas em dois cylindros metallicos ligados aos reophoros de uma forte pilha sente-se uma commoção violenta, comparavel á produzida pela descarga de um condensador: se o numero de pares da pilha é excessivamente grande, esta commoção pode ser perigosa. A commoção produz-se nos nervos do movimento: sobre os nervos da sensibilidade o effeito é uma dor, e sobre os musculos uma contracção.

Estes efeitos sentem-se na occasião de se fechar e de in-

terromper o circuito: depois do circuito fechado apenas se sente uma tremura nos musculos e uma irritação particular. A corrente continua parece porém que não deixa de actuar sobre os nervos, porque diminue a sua irritabilidade; além d'isso produz outros effeitos, como são transportar os fluidos através dos tecidos, reanimar as acções vitaes, restabelecer certas funcções, modificar as secreções, as exhalações, etc.

440.—Effeitos calorificos.—Os effeitos calorificos da electricidade dinamica são analogos aos da descarga electrica: os fios metallicos aquecem, fundem-se e até se volatilizam quando a pilha é sufficientemente energica: nenhum metal, nem mesmo o iridio e a platina, resiste á fusão pela pilha. Só o carvão tem resistido, mas já se conseguiu tornal-o molle a ponto de se soldarem dois fragmentos.

Com uma pilha de 600 elementos de Bunsen reunidos em seis series, transformou Despretz o diamante em graphite e obteve, depois de uma acção muito prolongada, pequenos globulos de carvão fundido.

Reconhece-se que os fios metallicos da mesma secção e comprimento, porém de natureza differente, não aquecem igualmente quando atravessados pela mesma corrente: os melhores conductores são os que aquecem menos; por conseguinte concluimos que os effeitos calorificos da pilha provém da resistencia á passagem da electricidade opposta pelo conductor interpolar.

Os liquidos atravessados pela corrente apresentam phenomenos calorificos analogos, complicados porém com as acções chemicas produzidas.

III.—Effeitos luminosos.—Luz electrica

441.—Arco voltaico.—Como a electricidade das pilhas tem fraca tensão, não se obtem fásca quando se tocam os reophoros; porém levando-os ao contacto e afastando-os depois

produz-se uma faísca, que se transforma em luz continua, se a pilha é muito energica, e se os reophoros se conservam a pequena distancia; porque o ar collocado entre os carvões torna-se bom conductor depois de aquecido: esta luz é a *luz electrica*. Fazendo a experiencia no vacuo com o *ovo electrico* (629), a luz parece partir do botão positivo e ser-lhe adherente; apresenta a côr vermelha muito intensa até proximo do botão negativo, interrompendo-se então e envolvendo este e a sua haste, porém com a côr roxa.

A luz é muito branca e intensa no ar, quando se produz entre duas hastes conicas de carvão: faz-se a experiencia com o aparelho representado na fig. 224. Os dois reo-

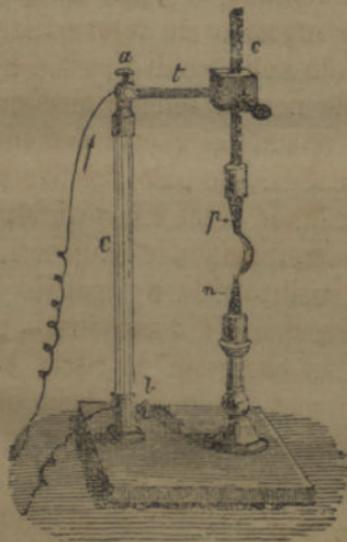


Fig. 224

phoros da pilha ligam-se aos botões *a* e *b*, os quaes communicam com os dois carvões *p* e *n*; este é fixo e o primeiro movel com a haste *c* por meio de um botão. Levando os carvões ao contacto, fecha-se o circuito da pilha, a corrente passa e as extremidades dos carvões tornam-se incandes-

centes; elevando-o carvão *p* até um certo limite, dependente da força da pilha e de outras circumstancias, apparece a luz com a fórma de um arco, denominado *arco voltaico*. O arco é mais comprido quando a corrente se dirige do carvão superior para o inferior, como a figura representa.

A temperatura do arco voltaico é das mais intensas que se conhecem: as substancias mais refractarias são fundidas e até volatilizadas quando introduzidas no arco; o carvão amollece, o diamante perde a transparencia, etc.

442.—Transporte da materia ponderavel pelo arco voltaico: constituição do arco.—Quando se produz no ar o arco entre carvões, elles diminuem de volume, porque se queimam; porém no vacuo não ha combustão e comtudo o carvão positivo escava-se e diminue de peso, em quanto que o negativo allonga-se e augmenta de volume: isto prova o transporte de carvão do polo positivo para o negativo.

Este transporte nota-se sempre quaesquer que sejam as substancias dos reophoros, e está demonstrado que se faz em ambos os sentidos, do polo positivo para o negativo e d'este para aquelle, ás vezes em quantidades eguaes e outras, ou quasi sempre segundo Matteucci, em maior abundancia do polo positivo para o negativo.

Este duplo transporte é demonstrado pelo espectro electrico, no qual se observam as riscas caracteristicas dos dois metaes differentes, que constituem os dois reophoros.

O que temos dito é sufficiente para se perceber a constituição do arco. O transporte das particulas dos reophoros estabelece em toda a extensão do arco uma cadeia de moléculas conductoras, que transmittem a corrente; mas em consequencia da resistencia, que sempre oppõem, aquecem e emittem uma luz mais ou menos intensa.

É por isso que a luz se estabelece melhor entre dois metaes pouco tenazes, que facilitam mais o transporte: é por isso que o arco é continuo e facil entre um metal e o carvão, e difficil entre este e aquelle; é por isso que a luz tem

mais intensidade no ar do que no vacuo, porque a resistencia é maior n'aquelle, etc.

443.—Propriedades e intensidade da luz electrica.—A luz electrica tem as mesmas propriedades que a luz solar: comparando as acções photographicas d'estas duas luzes Fizeau e Foucault determinaram o brilho da primeira, admittindo que os brilhos são proporcionaes aos poderes chimicos.

Representando por 1000 a intensidade da luz solar ao meio dia, acharam que a luz de 46 pares de Bunsen (cavão interior) era 235, e a de 80 apenas 238: d'aqui se conclue que a intensidade da luz electrica não augmenta muito com o numero de pares, em quanto que augmenta muito com a sua superficie; é o contrario do que acontece com o comprimento do arco voltaico.

Assim, com tres series de 46 pares cada uma, o que equivale a triplicar a superficie, a luz foi de 385, tendo a pilha funcionado havia uma hora.

A luz electrica intensa não pode receber-se directamente sem ferir o orgão da vista dolorosamente e sem produzir fortes dôres de cabeça; por isso se recommenda o uso de lunetas azues nas experiencias da electrica.

IV.—Effeitos chimicos

444.—Os principaes effeitos chimicos das correntes voltaicas são a decomposição dos corpos compostos: o seu estudo constitue actualmente uma sciencia vastissima, a *electro-chimica*, de poderoso auxilio para a chimica, e de importantissimo proveito para as artes.

Dá-se o nome de *electrolyte* á substancia que se decompõe pela pilha; de *electrolyse* ou *electrolysação* ao acto da decomposição, e de *electrodes* aos conductores que estabelecem a communicação do *electrolyte* com a pilha¹.

¹ Isto mostra ser impropriamente que muitos auctores confundem a denominação de *reophoros* da pilha com a de *electrodes*.

Na electrolyse nota-se sempre que umas substancias se dirigem para o polo positivo da pilha e outras para o polo negativo: as primeiras supõe-se estarem carregadas de fluido negativo e dizem-se *electro-negativas*; por identica razão dá-se ás outras a denominação de *electro-positivas*.

445.—Decomposição da agua.—Voltmetro.—Equivalente electrico.—Faz-se a decomposição da agua com o apparatus representado na fig. 225, conhecido pela denominação de *voltmetro*. É um vaso de vidro, cujo fundo, revestido por substancia isoladora, é atravessado por dois fios de platina separados um do outro: estes fios põem-se em contacto com os reophoros da pilha por meio dos botões *c* e *z*. Para fazer a decomposição deita-se agua no vaso, tendo o cuidado de lhe juntar algumas gotas de acido sulfurico, a fim de a tornar melhor conductora

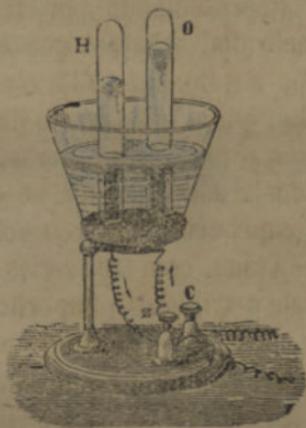


Fig. 225

da corrente: e enchem-se com o liquido duas pequenas campanulas, que se invertem sobre os electrodes de platina. Fazendo passar a corrente vemos soltarem-se d'aquelles fios algumas bolhas gazosas, que obrigam o liquido a descer nas campanulas, e nota-se que o gaz contido na campanula collocada sobre o electrode negativo tem sempre o volume duplo do que fica na outra campanula. O primeiro dos dois gazes é hydrogenio e o segundo oxygenio, como se comprova recorrendo ás suas propriedades caracteristicas: o oxygenio é portanto electro-negativo, e o seu volume metade do volume do hydrogenio.

Demonstra-se que a quantidade d'agua decomposta é proporcional á *intensidade da corrente*. Tómando para *unidade de intensidade a intensidade de uma corrente que desenvolva um gramma de hydrogenio n'um minuto*, o instrumento

servirá para medir a intensidade de qualquer corrente, e d'esta applicação lhe veiu o nome.

Entende-se por *equivalente electrico*, ou por *unidade de electricidade*, a quantidade de electricidade que decompõe um equivalente d'agua.

446.—*Electrolyse dos compostos em que entra um metal.*—Os compostos binarios ou ternarios em que entra um metal decompõem-se pela pilha, dirigindo-se sempre o metal para o polo negativo e os outros corpos com que está combinado para o polo positivo.

447.—*Galvanoplastica.*—*Galvanisação.*—Dá-se o nome de *galvanoplastica* á arte que trata de applicar metaes sobre a superficie dos corpos, formando assim depositos adherentes ou não. Esta arte é fundada na electrolyse dos compostos metallicos, d'onde resulta a precipitação do metal no electrode negativo: os outros corpos combinados com o metal dirigem-se para o electrode positivo, o qual sendo constituido por uma lamina do mesmo metal se combina com elles, dissolve-se, e faz assim com que a dissolução se conserve concentrada.

Para reproduzir em cobre uma medalha, baixo relevo, etc. começa-se por preparar o molde, que pôde ser de cera, gesso, gutta-percha, etc.: o molde liga-se com o polo negativo da pilha e introduz-se n'um vaso contendo uma dissolução saturada de sulfato de cobre: o electrode positivo é uma lamina d'este metal.

Para *cobrear* uma estatua de gesso, ou qualquer outro objecto, *metallisa-se* a sua superficie com pó de plumbagina, a fim de a tornar boa conductora da electricidade; depois colloca-se no lugar do molde da operação antecedente procedendo-se em tudo do mesmo modo. A differença entre estes dois processos consiste em que no primeiro o deposito metallico separa-se do molde, e no segundo, denominado particularmente *galvanisação*, o metal fica adherente,

Na *doiradura e prateadura* galvanicas procede-se ainda

de igual modo, com a differença das dissoluções: para doirar emprega-se um liquido composto de 100 partes de agua, 10 de cyaneto de potassio e 1 de chloreto do oiro, e o electrode positivo é uma lamina de oiro. Para pratear emprega-se um banho identico, com a differença que o chloreto de oiro é substituido pelo cyaneto de prata, e o electrode positivo é uma peça d'este metal.

V.—Efeitos magneticos das correntes

448.—Experiencia de Ørsted.—Regra de Ampère.—Fazendo passar uma corrente por um fio de cobre collocado na direcção de uma agulha magnetica movel sobre um fulcro, veremos que a agulha se desvia cruzando-se com a corrente. Esta notavel experiencia foi feita em 1819 por Ørsted.

O sentido do desvio depende do sentido da corrente e do lado por onde actua: verifica-se isso com o apparelho da fig. 226, que consta de um circuito de cobre, no centro do

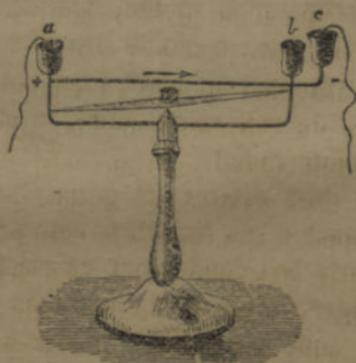


Fig. 226

qual está uma agulha magnetica movel em torno de um eixo vertical; tres pequenas tinas *a*, *b* e *c* recebem mercurio

em que se mergulham os reophoros da pilha. Conforme as tinas em que mergulham, assim a corrente se dirige do polo norte para o polo sul, ou d'este para aquelle, pela parte superior ou inferior da agulha.

Os effeitos que se observam foram compendiados por Ampère no enunciado seguinte: *imaginando um observador deitado no fio, voltado para a agulha e de modo que a corrente entrando pelos pés saia pela cabeça, reconhece-se que o polo norte se desvia sempre para a esquerda.*

449.—Galvanometro.—Denomina-se *galvanometro*, *multiplicador* ou *rheometro* um instrumento muito sensivel fundado na acção directriz das correntes sobre os imans, e que tem por fim verificar a existencia, o sentido e a intensidade das correntes. A theoria d'este instrumento é muito simples. Imaginemos que o fio conductor da corrente faz uma volta completa em torno da agulha sobre um quadro rectangular, fig. 227: caminhando a corrente no sentido da flecha e applicando a regra de Ampère a cada lado do rectangulo vê-se que todos 4 concorrem para desviar a agulha no mesmo sentido: se o fio fizer muitas voltas no quadro o effeito será multiplicado, e assim se produzirá um desvio apreciavel com uma corrente muito fraca. Comtudo devemos notar que a acção directriz da terra não deixa livre movimento á agulha; porque a chamma sempre para o meridiano magnetico. Nobili remediou este defeito, dando muito mais sensibilidade ao galvanometro, com o emprego de duas agulhas invariavelmente ligadas pela parte média, com os polos oppostos em presença, uma no interior do circuito e outra na parte superior. É facil de ver que a acção da corrente sobre a segunda agulha é do mesmo sentido que sobre a primeira, porque se reduz sensivelmente ao effeito da parte *ab*, que é a mais proxima, fig. 228. As agulhas não devem ter a mesma força, isto é, o systema não deve ser completamente *astatico* (424): porque então todas as correntes, fortes e fracas, produziriam o mesmo desvio de 90°.

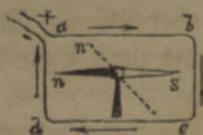


Fig. 227



Fig. 228

O galvanometro que se costuma empregar nas experiencias delicadas tem a disposiçãõ da fig. 229. Consta de

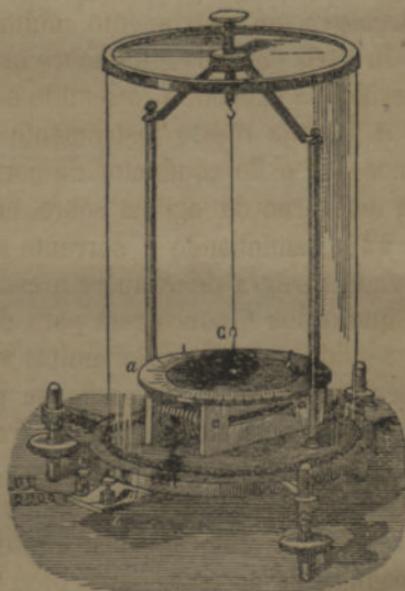


Fig. 229

um quadro de madeira ou de metal, no qual está enrolado o fio de cobre coberto de seda, afim de isolar umas voltas das outras. Da parte superior está suspenso a um fio de seda o systema das duas agulhas, uma das quaes fica no interior do quadro e a outra na parte exterior sobre um circulo graduado.

Para determinar com este instrumento o sentido de

uma corrente, dá-se-lhe a posição conveniente afim de que as agulhas fiquem na direcção das voltas do fio, que é a do diametro 0° - 180° do mostrador, e fixam-se aos botões *c* e *z* os extremos do circuito onde passa o fluido electrico; observando o desvio da agulha e recorrendo á regra de Ampère conclue-se o sentido da corrente.

A experiencia e o calculo demonstram que o desvio da agulha do galvanometro não é proporcional á intensidade da corrente; comtudo para angulos não superiores a 20° , reconhece-se sensivelmente a proporcionalidade; para angulos maiores empregam-se tabellas, que dão os valores da intensidade correspondentes aos desvios observados.

VI. — Efeitos mechanicos. Phenomenos fundamentaes da electro-dynamica

450. — Efeitos mechanicos das correntes. — Os efeitos mechanicos das correntes são o transporte de diversas substancias, transporte que se reconhece entre os carvões do arco voltaico (442) e que tambem se effectua em todas as electrolyses, nas quaes se observa que os corpos separados são transportados para os electrodes oppostos.

O mais notavel efeito mechanicos das correntes revela-se na acção mutua que umas exercem sobre outras; acção tão importante que constitue hoje uma secção especial da electricidade dinamica, intitulada *electro-dynamica*.

451. — Leis das acções mutuas das correntes. — As leis das acções mutuas das correntes são as seguintes: 1.^a *Duas correntes parallelas attraem-se, sendo do mesmo sentido; e repellem-se se são de sentidos contrarios;* 2.^a *Duas correntes que se crusam attraem-se, se caminham no mesmo sentido em relação ao ponto de crusamento, e repellem-se no caso contrario;* 3.^a *A acção de uma corrente sinuosa é igual á de uma corrente rectilinea de igual comprimento em projecção.*

Estas leis verificam-se pela experiencia operando com circuitos moveis por onde se dirijam as correntes.

452.—Acção de uma corrente indefinida.—Partindo da segunda lei do num. antecedente chega-se facilmente aos resultados seguintes:

1.º Uma corrente rectilinea movel em torno de um eixo paralelo á sua direcção, actuada por uma corrente rectilinea indefinida perpendicular áquella, desvia-se para o lado d'onde vem esta corrente ou para o lado contrario, conforme se afasta ou se aproxima d'ella.

2.º Se a corrente rectilinea é movel em torno de um dos extremos, adquire sob a acção da corrente indefinida movimento continuo de rotação no sentido d'esta ou no contrario, conforme aquella corrente se dirige para o eixo ou se afasta d'elle.

3.º A acção de uma corrente indefinida sobre uma corrente fechada movel em torno de um eixo perpendicular áquella é apenas directriz; o circuito movel colloca-se parallelamente á corrente indefinida de modo que na parte mais proxima o sentido é o d'esta corrente.

453.—Acção da terra sobre as correntes.—A acção da terra é identica á de uma corrente indefinida parallela ao equador e no sentido de leste para oeste. Assim, 1.º uma corrente vertical movel em torno de um eixo paralelo colloca-se a leste ou a oeste segundo é descendente ou ascendente; 2.º uma corrente horizontal movel em torno de um extremo adquire movimento continuo de rotação de leste para oeste passando pelo norte ou vice-versa, conforme se afasta ou aproxima do eixo; 3.º uma corrente fechada dispõe-se parallelamente ao equador caminhando na parte inferior de leste para oeste.

VII.—Correntes e pilhas thermo-electricas

454.—Correntes thermo-electricas.—Experiencia de Seebeck.— Já vimos (376) que o calor communica as propriedades electricas a certos crystaes: Seebeck, em 1821, demonstrou que o movimento do calor n'um circuito metallico pode dar origem a correntes electricas, as quaes por esse motivo receberam a denominação de *thermo-electricas*.

A experiencia de Seebeck faz-se com o apparelho da fig. 230.

É um circuito formado por uma lamina de cobre *mn*, com os extremos recurvados e soldados a uma lamina de

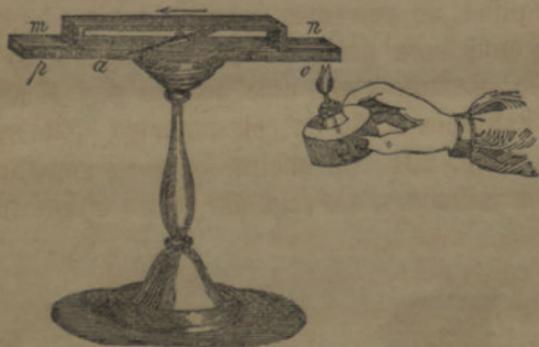


Fig. 230

bismutho *op*, tendo no interior uma agulha magnetica *a* movel sobre um fulcro.

Dispondo o circuito no plano do meridiano magnetico, e aquecendo ou resfriando uma das soldaduras, a agulha desvia-se, demonstrando a existencia de uma corrente da parte quente para a parte fria no cobre.

Todos os melaes em contacto produzem a mesma acção com differença na intensidade, a qual é maxima entre o bismutho e o antimonio.

455.—Pilhas thermo-electricas.—Multiplicando o numero de soldaduras dos dois metaes, e aquecendo só as soldaduras pares ou as impares, consegue-se accumular as tensões thermo-electricas, constituindo assim uma *pilha thermo-electrica*.

A pilha de uso mais commodo é a de Nobili, fig. 231. Consta de muitas series de pares thermo-electricos de bismutho e antimonio, dispostas em planos parallellos, estando o ultimo bismutho da primeira soldado lateralmente ao primeiro antimonio da segunda, e assim successivamente: em cada serie as soldaduras pares ficam de um lado e as impares do lado opposto, como indica a fig. 232: de modo que estabelecendo uma differença de temperatura entre as duas faces da pilha, as correntes sobrepõem-se adquirindo intensidade sufficiente para desviarem a agulha do galvanometro, não obstante cada uma ser de per si muitissimo fraca. Os extremos do fio do galvanometro ligam-se aos botões *m* e *n*, fig. 231, o primeiro dos quaes communica com o primeiro antimonio, e o segundo com o ultimo bismutho.



Fig. 231

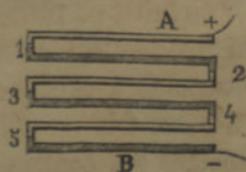


Fig. 232

456.—Pilha de Clamond.—A pilha thermo-electrica mais energica e constante construida até hoje é a de Clamond.



Fig. 233

Cada par d'esta pilha é formado por uma barra *B* da liga de zinco e antimônio, fig. 233, soldada em *s* a uma lamina de ferro *snc*, dobrada em angulo agudo para facilitar a sua dilatação, e ligada em *c* á barra do par immediato. Os pares estão dispostos em circulo, constituindo uma coroa de dez pares reunidos em tensão, tendo as soldaduras pares para o interior e as impares para o exterior; as extremidades d'esta serie reúnem-se a uns botões *b* e *b'*.

A pilha consta de varias coroas sobrepostas, tendo de permeio rodelas de amianto, fig. 234: e apresenta a fôrma de um cylindro cuja parte central, ôca e lutadã com amianto, contém um tubo de terra refractaria *AA* crivado de orificios, para o qual se dirige, pelo canal *T*, o gaz das illuminações. Este gaz é queimado á saida d'aquelles orificios e aquece muito as soldaduras interiores: o ar necessario para

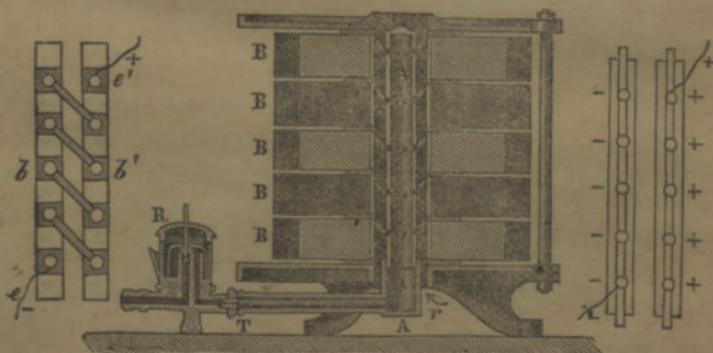


Fig. 234

a combustão entra pelo espaço annular *r* em volta do tubo

AA. Um pequeno regulador R faz com que seja constante o consumo do gaz e independente da pressão.

A fig. 234 representa ao meio o côrte de uma pilha de 5 coroas, e aos lados os cinco pares de botões correspondentes: reunindo-os dois a dois, pelos nomes contrarios, como a figura representa á esquerda, fica a pilha composta de 50 pares todos grupados em tensão; reunindo porém entre si, por meio de reguas verticaes de cobre, todos os botões do mesmo lado, como a figura indica á direita, a pilha fica disposta em quantidade, e consta de 10 pares, cada um de superficie igual a cinco vezes a superficie de um par $Bsnc$, por ex. Com a pilha em tensão, ligando o reophoro positivo em e' e o negativo no 1.º, 2.º, etc. botão da esquerda, tem-se uma pilha de 10, 20, 30, etc. elementos. Com a disposição em quantidade, porém reunindo de cada lado apenas 1, 2, 3 botões, tem-se uma pilha de 10 elementos, cada um com a superficie igual a 1, 2, etc. vezes a superficie de $Bsnc$.

Esta pilha, que o seu inventor denominou *gerador thermo-electrico*, é de uma constancia admiravel, e pode funcionar mezes inteiros sem exigir o menor cuidado; por isso tem sido adoptada em muitas industrias, e especialmente na *galvânoplastica*.

CAPITULO IV

ELECTRO-MAGNETISMO

I.—Acção reciproca das correntes e dos imans

457.—Electro-magnetismo: sua importancia.—Dá-se o nome de *electro-magnetismo* ao ramo da electricidade que trata das acções mutuas das correntes e dos imans.

A *experiencia fundamental* do electro-magnetismo é a experiencia de OErsted (448), que prova a acção directriz das correntes sobre os imans.

Esta acção directriz é reciproca, como veremos: além d'ella ha ainda acção attractiva e repulsiva, analoga á que se demonstrou já entre os imans e entre as correntes.

A importancia do electro-magnetismo resulta, já da ligação intima estabelecida entre a electricidade e o magnetismo, a qual conduziu á verdadeira theoria do magnetismo; já da creação de poderosissimos imans pela acção das correntes, isto é, dos electro-imans; já, finalmente, das importantissimas applicações dos mesmos electro-imans, como são a telegraphia electrica, os electro-motores, campainhas electricas, relogios, etc., etc.

458.—Acção das correntes sobre os imans.—Para estudar esta acção suppõe-se a corrente fixa e o iman movel.

Se o iman é movel sobre um fulcro a acção é apenas directriz, ou de orientação, como se reconheceu na experiencia de OErsted: e se o iman fluctua na agua sobre um pedaço de cortiça, approximando-lhe uma corrente hori-

zontal perpendicular á linha dos polos do mesmo iman, este move-se até que a sua parte média fique no plano vertical da corrente.

Fazendo fluctuar no mercurio um iman convenientemente lastrado na posição vertical, e dirigindo-lhe uma corrente para o seu eixo, directamente por um fio ou indirectamente pelo mercurio, o iman adquire movimento continuo de rotação.

São estas, em resumo, as differentes acções das correntes sobre os imans.

459.—Acção dos imans sobre as correntes.—Tornando movel o circuito, onde passa a corrente, e fixo o iman, observam-se acções perfeitamente analogas ás que foram descriptas no num. antecedente.

Assim, approximando um iman de uma corrente movel ella cruza-se com o iman e de modo que o polo norte fica sempre á esquerda da corrente.

Obtem-se tambem mui facilmente effeitos de translação e de rotação continuos de uma corrente sob a influencia de um iman.

II.—Solenoides. Theoria do magnetismo. Electro-imans

460.—Composição de um solenoide.—Ampère deu o nome de *solenoides* ou de *cylindro electro-dynamico* a uma serie de correntes circulares do mesmo sentido, muito pequenas, muito proximas e todas normaes a uma linha recta ou curva. Realisa-se este systema enrolando um fio de cobre coberto de seda da maneira representada na fig. 235; porque o effeito da corrente sinuosa

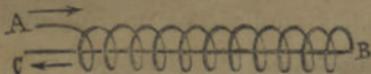


Fig. 235

que vae de *A* para *B* annulla a acção da corrente rectilinea *BC*, e fica só uma serie de correntes circulares eguaes e parallelas, todas perpendiculares á linha *BC*.

461.—Propriedades dos solenoides.—*As propriedades dos solenoides são idênticas ás dos imans.* Assim: 1.º um solenoide suspenso livremente procura o meridiano magnetico onde estaciona; e sendo movel em torno de um eixo horizontal conduzido pelo seu centro de gravidade e perpendicularmente ao meridiano magnetico, dirige-se como a agulha de inclinação; por esse motivo as extremidades de um solenoide recebem os nomes de *polo norte* e *polo sul*. 2.º Uma corrente obriga o solenoide a cruzar-se ficando o polo norte á esquerda. 3.º A extremidade do solenoide que se dirige para o norte, isto é, o seu polo norte, repelle o polo norte de um iman, e attrae o polo sul. 4.º Finalmente, as extremidades dos solenoides exercem entre si as mesmas acções que os polos de dois imans.

462.—Theoria de Ampère sobre o magnetismo.—Sendo os efeitos dos imans idênticos aos dos solenoides, podem explicar-se admittindo, como fez Ampère, que os imans são percorridos em toda a sua superficie por correntes circulares, que constituem muitos solenoides dispostos na direcção do eixo do iman.

Para explicar esta constituição dos imans Ampère admitiu que as moleculas do ferro, do aço, e, em geral, dos corpos magneticos são envolvidas, no estado natural, por correntes preexistentes em quaesquer planos, mas que se annullam, por haver sempre na mesma direcção o mesmo numero de correntes inversas; e que no estado magnetico essas correntes estão orientadas segundo o eixo da barra, constituindo varios solenoides, que pelas suas acções reciprocas se curvam um pouco divergindo a partir do eixo, como se vê na fig. 236. Os polos d'estes solenoides serão os extremos *a, b, c, d, etc.*; e os do iman os dois pontos de applicação das resultantes das forças exercidas pelos solenoides; por conseguinte ficarão a uma certa distancia das extremidades, tanto maior quanto mais grosso for o iman.

A acção da terra sobre as correntes explica-se perfeita-

mente admittindo proximo do equador uma corrente dirigida de leste para oeste (461); e como aquella acção se reconhece em todos os pontos do globo, é preciso que a corrente seja fechada e envolva a terra. Suspendendo portanto um iman por um eixo vertical, e collocando-nos no seu prolongamento de modo a olhar para o polo sul, é evidente que as correntes n'este polo serão no sentido do movimento dos ponteiros d'um relógio, isto é, no sentido directo.



Fig. 236

Ampère, na sua theoria electro-dynamica do magnetismo, admittiu a existencia de correntes electricas circulando continuamente em torno do globo, de leste para oeste, perpendicularmente ao meridiano magnetico.

463.—Magnetisação pelas correntes.—Na theoria electro-dynamica do magnetismo a magnetisação não é mais do que um phenomeno de orientação das correntes moleculares pela acção mechanica das correntes exteriores. A *força coerciva* é portanto a maior ou menor facilidade com que essas correntes moleculares podem mudar de direcção: quer isto dizer, que no ferro macio as correntes são muito moveis, e no aço fixas, ou pelo menos resistem mais energeticamente a toda a acção directriz.

Para magnetisar com as correntes uma barra ou agulha, introduz-se esta n'um tubo de vidro, e enrola-se n'elle um fio por onde se faz passar uma corrente. O fio pode enrolar-se para a direita por cima, como em *D*, ou para a esquerda como em *S*, fig. 237; no primeiro caso a helice diz-se *dextrorsum*, no segundo *sinistrorsum*. Com a primeira o polo norte é a extremidade de saída e com a segunda a de entrada; porque d'este modo as correntes do polo sul são no sentido directo, para o observador collocado no prolongamento do iman e olhando aquelle polo.

Se a helice não for enrolada uniformemente, isto é, se for em parte *dextrorsum* e em parte *sinistrorsum*, haverá varios

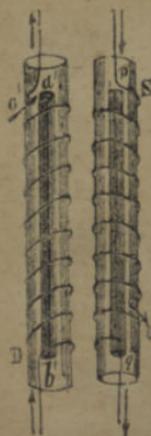


Fig. 237

polos em toda a extensão da barra magnetizada; são os *polos consequentes*, cuja formação se explica por este modo.

464.—Electro-ímans.—Empregando uma corrente intensa e magnetizando uma barra de aço, obtem-se um *íman* muito energico e persistente; porém, se a barra é de ferro macio, a magnetisação dura apenas em quanto passa a corrente, e desaparece tão depressa ella se interrompa. Os ímans temporarios, assim formados, receberam o nome de *electro-ímans* e tem mui util applicação.

Geralmente estes ímans obtêm-se enrolando um fio de cobre coberto de seda sobre uma barra de ferro macio dobrada em fôrma de ferradura. Pondo os extremos do fio em contacto com os reophoros da pilha, reconhece-se que o electro-íman attrae com grande força uma armadura carregada com muitos kilogrammas: interrompendo a corrente a armadura é promptamente abandonada.

A força dos electro-ímans depende das suas dimensões, da intensidade da corrente e do numero de voltas do fio.

Para que os polos contrarios fiquem nas extremidades A e B, fig. 238, o fio enrola-se em sentidos contrarios nos dois ramos M e N.

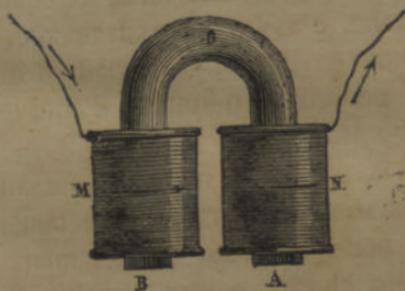


Fig. 238

III.—Campainhas electricas.

465.—A *campainha electrica*, ligada geralmente a uma prancha de madeira, que se suspende na parede, consta, fig. 239, de um electro-iman *e* com a fôrma de ferradura, cujo fio tem uma das extremidades ligada ao botão *n'* e a outra ao parafuso onde se prende a parte superior *a* da haste *am* de um martello, que é uma lamina de aço, funcionando de mola, e levando constantemente a haste contra outra mola *r* em communição com o botão *n*. O corpo principal d'aquella haste, situado em

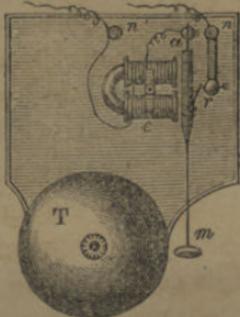


Fig. 239

frente dos polos do electro-iman, é uma barra de ferro macio, que funciona de armadura. Aos botões *n* e *n'* ligam-se os reophoros de uma pilha; de sorte que fechando o circuito, a corrente entra por *n*, por ex., passa de *r* a *a*, circula no electro-iman e fecha-se em *n'*. Então o electro-iman, tornando-se activo, attrae a armadura, e o martello *m* percute o timbre *T*; porém ao mesmo tempo a corrente é interrompida em *r*, a armadura é abandonada e levada pela mola *a* ao contacto com *r*: a corrente torna a fechar-se, ha nova pancada do martello, e assim successivamente.

Em quanto a corrente da pilha está fechada o martello *m* oscilla rapidamente percutindo o timbre: d'aqui lhe veiu o nome de *tremedor*.

466.—Como dissemos, aos botões *n* e *n'* da campainha ligam-se uns fios que partem da pilha, um directamente de um dos polos, outro, por intermédio de um interruptor, que conserva o circuito aberto, e que permite fechal-o quando se quer.

No caso mais ordinario, a corrente fecha-se exercendo

pressão sobre um botão, mantido n'uma certa posição por uma mola, que conserva separadas as duas partes do fio: a mola cede áquella pressão, o circuito fecha-se e a campainha toca, por intermitencias, em quanto não se abandona o botão.

Em vez do botão preso na parede, emprega-se ás vezes um outro ligado a uma pera suspensa por um cordão.

O interruptor pode existir na parte superior d'este cordão, que se puxa á maneira ordinaria, para fechar a corrente. Finalmente, tambem se fecha o circuito puxando um botão, em vez de exercer pressão sobre elle, exactamente como se faz nas campainhas ordinarias.

A pilha mais geralmente adoptada é a de Minotto ou a de Leclanché¹.

467.—Devendo servir a mesma campainha para diversos botões, e convindo saber d'onde se chama, emprega-se um quadro com 2, 4 ou mais numeros, presos a armaduras de outros tantos electro-imans, por onde passam os fios de cada botão. D'este modo, quando se toca, fecha-se o circuito de um d'aquelles electro-imans e apparece o numero correspondente em frente de um orificio do quadro. Exercendo pressão sobre um botão do mesmo quadro, leva-se o numero á posição primitiva.

IV.—Telegraphia electrica

468.—Os *telegraphos electricos* são apparelhos que, por meio da electricidade, transmittem a grandes distancias noticias, avisos ou ordens, por signaes correspondentes ás letras do alphabeto, a palavras ou a algarismos.

¹ Nesta pilha o vaso poroso contém a lamina de carvão e uma mistura de bioxydo de manganez e carvão de coke pulverisado; no vaso exterior, onde está uma vareta de zinco, deita-se agua e sal ammoniaco.

469.—Partes de que consta um systema telegraphico.—A transmissão telegraphica entre dois pontos exige que se possa á vontade fechar ou interromper um circuito produzindo signaes convencionaes. Para isso é necessario: 1.º um fio conductor que ligue os dois pontos, denominado *fio de linha*, ou simplesmente *linha*; 2.º uma pilha; 3.º um apparelho especial, que feche ou corte a corrente, para produzir os signaes na outra estação, denominado *manipulador* ou *transmissor*; 4.º outro apparelho, o *receptor*, destinado a receber n'esta última estação os signaes enviados pela primeira.

Para que uma estação possa receber e transmittir despachos, precisa ter uma pilha, um receptor e um manipulador. As pilhas empregadas hoje entre nós são as de Leclanché.

São accessorios, porém indispensaveis, uma *bussola*, um *despertador*, e um *guarda-raios*. A bussola indica a passagem da corrente, a direcção e quaesquer alterações na sua intensidade. O despertador, que é uma verdadeira campainha electrica, chama a attenção do empregado que deve receber um despacho. O guarda-raios, permittindo a descarga da electricidade, accumulada no fio da linha por influencia da electricidade atmospherica, evita que essa descarga se faça nos apparelhos.

470.—Linhas telegraphicas.—Os fios conductores da corrente são de ferro zincado, isto é, coberto de uma camada de zinco que evita a formação da ferrugem: postes de pinheiro collocados a diversas distancias sustentam os fios por intermédio de uns isoladores de porcellana, ligados aos mesmos postes.

Estas linhas assim dispostas dizem-se *aereas*, para as distinguir das *linhas subterraneas* e *submarinas*, que se empregam tambem ás vezes, as primeiras para evitar os accidentes a que estão expostas as linhas aereas, e as segundas para atravessar o mar e os rios. Tanto umas como outras

devem ser revestidas de uma substancia bastante isoladora, e além d'isso de uma armadura resistente.

Os ultimos *cabos submarinos* foram feitos com sete fios de cobre torcidos juntamente, cobertos de uma substancia isoladora de composição especial e protegidos afinal com uma armadura de fios de ferro.

Para fechar o circuito entre duas estações não são precisos dois fios, um do manipulador de uma estação ao receptor da outra, e outro d'este aquelle: Stenheil demonstrou em 1837, que a terra substitue um d'estes fios, com tanto que se ponham em communicacão com ella, em poços profundos e cheios de agua, o polo negativo da pilha na estação de partida e o extremo da linha na estação de chegada.

471.—Diversos *apparelhos telegraphicos*.—Os *apparelhos telegraphicos* empregados nas linhas aereas podem classificar-se da maneira seguinte:

1.º *Telegraphos de agulhas*, nos quaes se obteem os signaes por desvios de agulhas magneticas submettidas á acção directa das correntes que circulam na linha: este systema é usado principalmente na Inglaterra.

2.º *Telegraphos de mostrador*, nos quaes a corrente da linha actua sobre um electro-iman, que regula o movimento de um ponteiro.

3.º *Telegraphos escreventes*. Em alguns d'estes o despacho é impresso por uma alavanca, cujo movimento se regula com um electro-iman submettido á acção da corrente da linha: n'outros os signaes são impressos pela propria corrente, que actua pelas suas propriedades electrolyticas.

4.º *Telegraphos autographicos*, que reproduzem qualquer fac-simile.

O *apparelho* quasi exclusivamente empregado entre nós é o *telegrapho escrevente de Morse*, de que vamos dar uma noticia.

São verdadeiros *telegraphos fallantes* os *telephomios*, adiante descriptos.

472.—Telegrapho de Morse.—O manipulador d'este telegrapho é o mais simples possível: consta de uma alavanca metallica *ab*, fig. 240, movel em torno de um eixo horizontal e obrigada pcr uma mola a encostar a extremidade *b* a um botão metallico, que recebe o fio do receptor. O fio



Fig. 240

da linha prende-se em *L* e passa para *A* por intermédio do manipulador; com esta disposição o posto recebe um despacho.

Querendo transmitir apoia-se uma das mãos sobre o botão *B* obrigando a estabelecer o contacto com o botão *x*, que communica com a pilha do posto *P*. D'este modo, a corrente d'esta pilha passa no fio *L* da linha e vae fazer trabalhar o receptor da estação a que se envia o despacho.

O receptor consta de um electro-iman *E*, fig. 241, que attrae a alavanca *AB*, quando a corrente passa, e a abandona á acção da mola *r*, quando a corrente é interrompida, o que acontece aliviando a pressão exercida sobre o botão *B* do manipulador.

Na extremidade *B* da alavanca está um estilete metallico, que exerce pressão sobre uma tira de papel *F*, obrigada a passar entre dois cylindros movidos por um systema de relojoaria *R*. A impressão que fica sobre o papel é um ponto ou um traço, conforme a pressão exercida no manipulador é instantanea ou dura algum tempo. A combinação dos pontos e traços constitue o alphabeto de Morse.

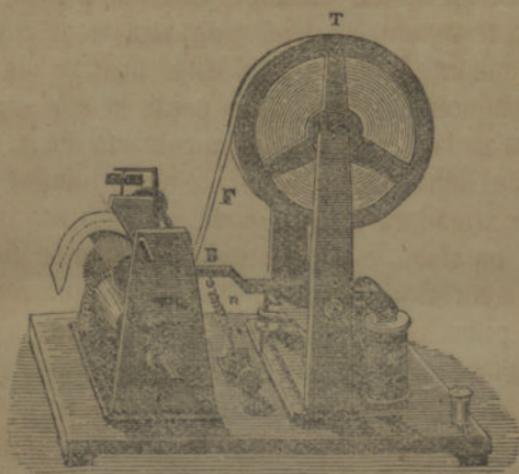


Fig. 241

Para que estes signaes sejam bem distinctos é preciso que o electro-iman attraia com bastante força a alavanca *AB*; e como a corrente da estação que expede tem sido muito enfraquecida pelo longo trajecto que foi obrigada a percorrer, recorre-se a um artificio que tem por fim empregar no serviço do apparelho uma pilha local.

Com esse intuito a corrente da linha não vem ao receptor, mas vae a um eléctro-iman auxiliar *E*, fig. 242, que os

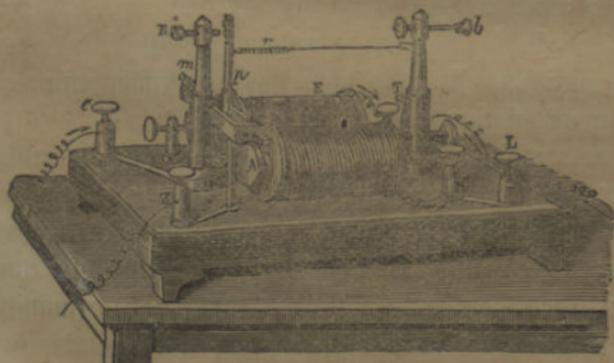


Fig. 242

francezes chamam *relais*, entrando pelo botão *L*, e fechando-se com a terra em *T*, depois de atravessar o electro-iman. Os reophoros da pilha local estão ligados aos botões *I* e *C*, em comunicação com as peças *m* e *p* separadas pela acção da mola *r*, e só postas em contacto em *n*, quando a corrente da linha tornou activo o electro-iman; porque este attrae a armadura *A*, que move a peça *p* e a obriga a encostar ao parafuso *n*. Assim, cada vez que se fecha ou interrompe a corrente da linha, fecha-se ou interrompe-se a corrente da pilha local, que passa no receptor.

O aparelho descripto é de ponta secca; porém tem sido modificado, addicionando-lhe tinteiro e tira-linhas. Entre nós emprega-se o aparelho aperfeiçoado pelo sr. Hermann, no qual a alavanca do electro-iman encosta a fita de papel a um tinteiro terminado em canal conico muito estreito.

CAPITULO V

INDUCÇÃO

I.—Phenomenos geraes

473.— Correntes de indução.—Em geral, denomina-se *inducção* a acção que faz desenvolver electricidade nos corpos a distancia: se a electricidade produzida é estatica, a indução diz-se *electro-estatica*; se é *dynamica* diz-se *electro-dynamica*, e para ella se reserva particularmente a denominação de *inducção*.

Denominam-se *correntes de indução*, ou *correntes induzidas*, as correntes desenvolvidas nos circuitos conductores pela influencia das correntes voltaicas e dos imans.

474.—Inducção pelas correntes.—Demonstra-se a inducção pelas correntes com uma *bobine de dois fios*, que é um cylindro de cartão ou de madeira, no qual estão enrolados dois fios, um grosso e outro muito fino, e cujos extremos estão ligados a botões metallicos: o fio mais grosso recebe a corrente de uma pilha e denomina-se *fio inductor*; o outro, denominado *fio induzido*, põe-se em communição com um galvanometro. No momento de fechar o circuito inductor nota-se no galvanometro uma corrente em sentido contrario, a qual cessa immediatamente: interrompendo o circuito reconhece-se a existencia de uma corrente do mesmo sentido da corrente inductora, e tambem instantanea. Assim: *quando uma corrente voltaica principia ou cessa em um conductor, desenvolvem-se por influencia nos conductores proximos correntes instantaneas, inversas ou directas.*

475.—Inducção pelos imans.—Demonstra-se a inducção pelos imans aproximando ou afastando um forte iman de uma bobine de um só fio posto em communição com um galvanometro: no primeiro caso desenvolve-se uma corrente induzida inversa, e no segundo directa a respeito da corrente, que se imagina no iman considerado como um sole-noide.

476.—Extra-correntes.—Na occasião de fechar e de interromper o circuito de uma pilha desenvolvem-se tambem correntes de inducção no proprio fio, inversas no primeiro caso e directas no segundo; as primeiras enfraquecem por conseguinte a corrente principal, em quanto que as ultimas augmentam-lhe a intensidade. Estas correntes induzidas denominam-se *extra-correntes.*

II.—Machinas de inducção

477.—Denominam-se *machinas de inducção* osapparelhos que utilizam as correntes de inducção: dizem-se *electro-voltaicas* as machinas em que a inducção provém das pilhas; dizem-se *magneto-electricas* aquellas em que a inducção é dos imans; e finalmente dizem-se *dynamo-electricas* aquellas em que as correntes de inducção resultam principalmente do movimento, não havendo portanto n'estas nem pilhas, nem magnetes.

Trataremos do *apparelho de Ruhmkorff*, como exemplo notavel das primeiras; e das *machinas de Gramme*, que são umas magneto-electricas e outras dynamo-electricas.

478.—Bobine de Ruhmkorff.—A machina de inducção de Ruhmkorff, fig. 243, é propriamente uma *bobine* de dois fios

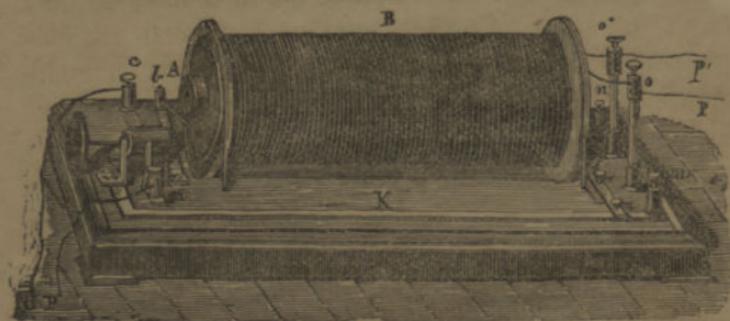


Fig. 243

enrolados um sobre o outro, sendo o primeiro curto e de grande diametro e o segundo muito comprido e fino: aquelle é o inductor, porque recebe a corrente de uma pilha; este é o induzido, porque n'elle se desenvolvem as correntes de inducção. Os fios devem estar completamente isolados um do outro; para isso o primeiro é encerrado n'um cylindro

de vidro ou de cautchuc endurecido. Os fios são de arame de cobre coberto de seda, e as suas voltas isoladas com gomma laca: dois discos de vidro apertam a bobine e conservam os fios isolados.

Como as correntes de indução só se desenvolvem quando a corrente inductora começa ou acaba, os apparatus de indução electro-voltaicos teem todos uma peça importante, denominada *interruptor*, que serve para interromper constantemente aquella corrente. Nos apparatus ordinarios de Ruhmkorff o interruptor é formado por um feixe de fios de ferro macio *A* introduzido no eixo da bobine, e por uma peça tambem de ferro macio *o*, fig. 244, denominada *mar-*

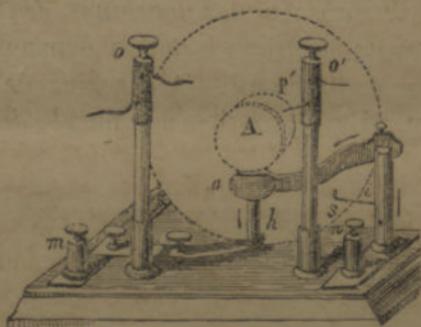


Fig. 244

tello, que uma mola leva de encontro á pequena columna metallica *h*, denominada *bigorna*.

A corrente da pilha, entra pelo fio *P*, fig. 243, passa por um botão e mola metallica para um cylindro de madeira com duas chapas metallicas isoladas uma da outra, mas em communicação com as extremidades de um eixo de rotação. Este cylindro é interruptor e ao mesmo tempo commutador. Se a mola está em contacto com a madeira ha interrupção; porém estando em contacto com uma das chapas a corrente passa para o botão *b*, por ex., ao qual está

ligado um dos extremos do fio inductor. A corrente, depois de percorrer este fio sae em *s*, fig. 244, sobe pela columna *i*, passa para o martello *a*, desce para a bigorna *h* e depois passa para uma fita de cobre *K*, fig. 243, que communica com o reophoro negativo da pilha *N*, por intermédio do commutador, de uma segunda mola e do botão *c*. Fazendo girar o commutador de 180° é claro que a corrente inductora segue o caminho inverso. Uma pequena mola obriga o martello a assentar sobre a bigorna; porém, quando se fecha o circuito, o feixe de fios de ferro *A* magnetisa-se e attrae o martello, interrompendo a corrente: basta isto para se desmagnetisar o feixe e para o martello retomar a posição primitiva; por conseguinte, para restabelecer de novo a corrente, e assim successivamente.

As extra-correntes directas, que se desenvolvem quando se interrompe a corrente inductora, prolongam a duração d'esta corrente e augmentam a faisca produzida entre o martello e a bigorna. Fizeau fez diminuir este inconveniente dispondo na base do aparelho um grande condensador, formado de laminas de estanho separadas por uma de tafetá, e communicando as duas armaduras com o martello e a bigorna por intermédio dos botões *m* e *n*. D'este modo a electricidade da extra-corrente espalha-se nas armaduras do condensador, e, quando os fluidos teem adquirido tensão sufficiente, combinam-se através da bobine e da pilha em corrente inversa, que abrevia por conseguinte a duração da corrente inductora, fazendo desaparecer os inconvenientes apontados.

479.—Effeitos principaes da bobine de Ruhmkorff.—Os effeitos da bobine de Ruhmkorff são, assim como os dos condensadores e das pilhas, physiologicos, physicos, chimicos e mechanicos: porém a sua energia depende das circumstancias particulares ás correntes de inducção.

Assim, no fio induzido caminham correntes directas sempre que se interrompe o circuito inductor, e inversas quan-

do elle se fecha: umas e outras teem a mesma quantidade de electricidade, a qual é proporcional á intensidade da corrente induzida e ao tempo durante o qual se desenvolve; mas as primeiras são mais intensas, porque duram menos tempo em consequencia da extra-corrente, e são as unicas aproveitadas, quando a resistencia a vencer é bastante grande, como acontece interpondo no circuito induzido uma camada de ar de conveniente espessura. Assim, estando fecho o fio induzido, passam n'elle as correntes directas e inversas; porém, estando interrompido em distancia sufficiente, apenas vencem esta distancia as correntes directas, mais intensas e menos duradouras, como dissemos; de sorte que cada uma das extremidades do fio induzido dá electricidade positiva e a outra a negativa, constituindo pois os dois *polos* da bobine.

Trataremos apenas dos effeitos physiologicos e dos physicos, por serem os mais importantes, e que teem applicação.

I.—*Effeitos physiologicos*.—Os effeitos physiologicos das correntes de inducção teem tão grande intensidade, que lembram os da descarga electrica. As commoções da bobine de Ruhmkorff são perigosissimas; basta tocar com um dedo o fio induzido, quando o apparelho funciona, para receber um violento choque, ainda mesmo estando o fio coberto de seda.

Teem-se construidoapparelhos de inducção especialmente destinados para produzir commoções, que a medicina utiliza hoje no tratamento de varias enfermidades. É mais comodo porém e mais geral o emprego de machinas magneto-electricas.

II.—*Effeitos physicos*.—Os principaes effeitos physicos das correntes de inducção são *calorificos* e *luminosos*.

Effeitos calorificos.—Os calorificos não differem dos das outras correntes: os fios metallicos muito finos tornam-se rubros, e podem volatilisar-se: o ether inflamma-se com a faisca de inducção, e o mesmo acontece ás substancias ex-

plosivas, como a polvora, o fulminato de mercurio, etc. Utilisa-se hoje esta propriedade para communicar o fogo ás minas.

Efeitos luminosos.—Estratificação da luz electrica.—Tubos de Geissler.—Os effeitos luminosos variam com a pressão, que pode ser a ordinaria da atmospherá, ou a pressão do ar muito rarefeito, ou de um vapor em mui fraca tensão.

No ar aquelles effeitos consistem n'uma serie de ruidosas faiscas, que podem attingir grande comprimento nas bobinas de avultadas dimensões.

N'uma atmospherá muito rarefeita realisa-se a experiencia no ovo electrico, tendo-lhe feito o vacuo e introduzido depois vapores de alcool, de ether, de therebentina, etc.; reconhece-se assim que a luz se apresenta dividida e interrompida por traços curvos e obscuros, perpendiculares ao eixo do arco, fig. 245. Este phenomeno descoberto por Ruhmkorff



Fig. 245

na luz de inducção, parece produzir-se em todas as descargas electricas: denomina-se *estratificação da luz electrica*, e a sua causa tem sido objecto de muita discussão.

Fazem-se curiosas experiencias de estratificação da luz electrica com os *tubos de Geissler*, a que se dá fórmãs muito variadas, e nos quaes se faz o vacuo barometrico, introduzindo-se-lhes depois um gaz ou vapor em pressão não superior a um millimetro: nas extremidades dos tubos estão soldados fios de platina, que se põem em contacto com os extremos do fio induzido. O aspecto do tubo varia com a sua natureza e dimensões, com a perfeição do vacuo e a natureza do gaz ou vapor. As paredes do tubo apresentam luz phosphorescente.

A fig. 246 representa dois tubos de fórmãs muito diversas: o primeiro, formado de varias espheras ligadas por tubos estreitos, contém hydrogenio na pressão de meio mil-



Fig. 246

limetro; sendo as espheras de vidro de uranio a sua luz phosphorescente é verde claro, e nas partes estreitas do tubo a luz é encarnada. O segundo tubo tem a fórmula para ser applicado a um prisma e se poder analysar a sua luz.

480.—Machina magneto-electrica de Gramme.—Todas as ma-

chinas magneto-electricas e dynamo-electricas construidas até 1871 davam correntes alternativas, isto é, que se succediam em sentidos contrarios. Para certas applicações, como a galvanoplastica e a doiradura, as correntes devem ter um sentido unico, o que se conseguia por meio de commutadores, que não só fazem perder electricidade, mas se deterioram por causa das faiscas.

A machina de Gramme, apresentada á Academia das Sciencias de Paris, em julho de 1871, não tem aquelles inconvenientes; porque por disposição especial fornece sempre correntes do mesmo sentido, dispensando o emprego de commutador.

A machina magneto-electrica de Gramme, fig. 247, consta de um forte iman Jamin *A*, disposto verticalmente e composto de 24 laminas d'aço de um millimetro de espessura,

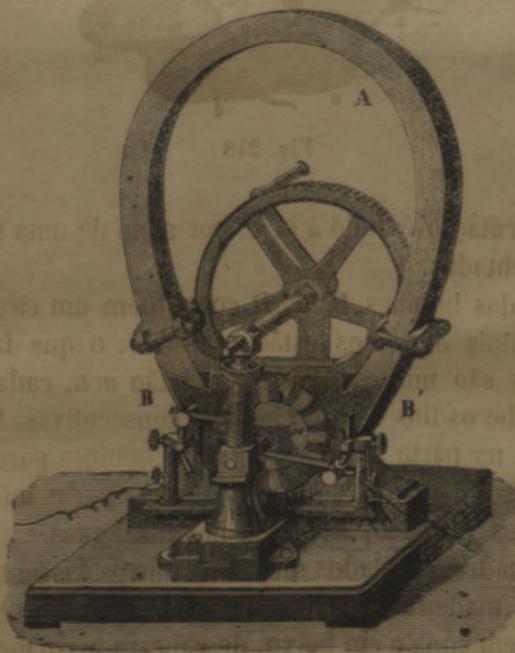


Fig. 247

tendo applicadas aos seus polos duas armaduras *a* e *b*, de ferro macio, magnetisadas por influencia e constituindo os polos efficazes do iman. Entre ellas gira um anel especial formado de 30 bobines, que se distinguem bem na fig. porque estão alternadamente cobertas de fio escuro e claro; ellas estão enroladas transversalmente sobre um feixe circular de fio de ferro macio, de que a fig. 248 representa uma parte, para que se veja, em *F*, a sua secção. O movi-

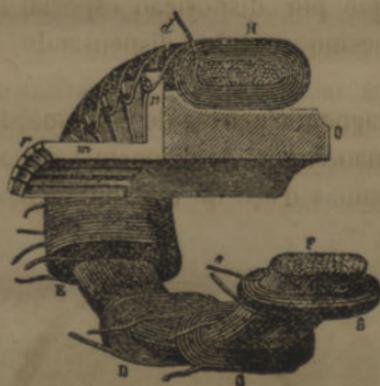


Fig. 248

mento de rotação é dado á mão, por meio de uma manivella e rodas dentadas.

Os fios das bobines *B*, *C*, *D* constituem um circuito unico, cujos dois extremos estão reunidos: o que faz a ligação d'elles são uns esquadros de latão *m n*, cada um dos quaes recebe os fios de duas bobines consecutivas. A fig. 248 representa na parte superior algumas bobines parciaes reunidas aos seus esquadros de latão, e na parte inferior outras bobines *B*, *C*, *D*, *E*, ainda independentes.

Os esquadros, isolados uns dos outros, assentam n'um tambor de madeira *O*, fixo no mesmo eixo de rotação: sobre elles, em cima e em baixo, descançam permanentemente duas especies de escovas de cobre de barbas delgadas e fle-

xíveis, ligadas a dois botões, a que se prendem as extremidades do circuito receptor das correntes, como se vê na parte anterior da fig. 247. A corrente recebida é continua, porque os esquadros estão muito proximos, de modo que as escovas tocam uns poucos simultaneamente.

Com esta disposição, as correntes veem sempre no mesmo sentido ás duas escovas; por conseguinte os botões *c* e *c'*, em contacto com ellas, são dois polos fixos da machina. (Veja-se a theoria da machina no numero seguinte).

481.—Machina dynamo-electrica de Gramme.—A machina, que acabamos de descrever, é propriamente um aparelho dos *curros* ou dos laboratorios, onde substitue com vantagem uma pilha. Quando se pretende uma corrente muito forte e duradoira, emprega-se a *machina dynamo-electrica*.

Esta machina consta, fig. 249, de dois fortes montantes

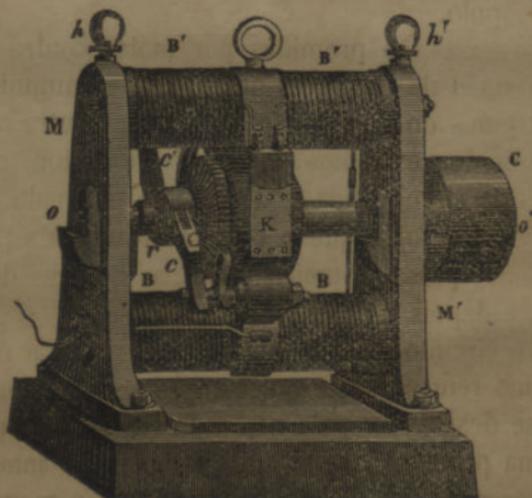


Fig. 249

verticaes *M*, *M'*, que servem de supports a tres arvores horizontaes sobrepostas, fixas as extremas e movel a inter-média, que recebe o electro-iman annular caracteristico das

machinas de Gramme. As arvores fixas teem barras de ferro macio envolvidas por um grosso fio de cobre isolado, constituindo quatro bobines B, B, B', B' , ou antes dois electro-ímans BB', BB' . Estes electro-ímans estão dispostos de maneira que sendo atravessados pela mesma corrente, ficam côm os polos do mesmo nome nas extremidades proximas: assim as duas bobines superiores concorrem para crear entre si um polo unico (norte, por ex.) e as inferiores o polo contrario (o sul).

Uma forte machina de vapor transmite o movimento de rotaçãõ á arvore intermêdia, por meio de uma correia sem fim e um tambor C : áquella arvore está fixo o anel de Gramme, que gira em torno do eixo oo' entre duas peças de ferro macio KK , uma das quaes communica com as bobines B', B' , e por conseguinte com um dos polos, enquanto que a outra communica com as bobines B, B e portanto com o outro polo.

As escovas c, c' são premidas por molas contra os esquadros do anel de Gramme: uma d'ellas communica com um dos extremos do fio dos electro-ímans, a outra communica com um dos extremos do circuito exterior: o outro extremo d'este circuito liga-se á segunda ponta do fio dos electro-ímans. De sorte que a corrente produzida pela rotaçãõ do anel passa primeiramente nas bobines dos electro-ímans, e depois no circuito exterior.

Estando o circuito fechado e começando a girar o anel, o magnetismo remanescente que sempre possui o ferro macio e que se desenvolve pela acçãõ da terra, basta para introduzir uma primeira corrente nas bobines do anel; esta corrente, passando no electro-íman, reforça o magnetismo do ferro macio, que augmenta as correntes induzidas no anel, e assim successivamente.

A machina de Gramme funda-se no seguinte principio.

Se um fio enrolado em helice percorrer um íman de uma das

suas extremidades á outra, desenvolver-se-ha uma corrente no fio, que será d'um certo sentido em quanto permanecer na primeira metade do iman, e de sentido contrario em quanto estiver na outra metade. Resulta d'aqui que, se o mesmo fio percorrer dois imans, em continuação um do outro, e com os polos do mesmo nome em presença, caminhando d'uma extremidade á outra, as correntes são n'um certo sentido em quanto a helice percorre o espaço comprehendido entre as linhas neutras dos dois imans, e de sentido contrario quando a helice occupa as partes restantes dos mesmos imans.

Ora o anel de Gramme constitue evidentemente dois imans unidos pelos polos do mesmo nome, e como nas extremidades do diametro vertical ha sempre dois polos de nomes contrarios, em consequencia da quasi nulla força coerciva do ferro macio, resulta d'aqui que as coisas se passam como se o anel estivesse immovel e fosse percorrido pelas helices em sentido contrario ao movimento que realmente tem.

Todas as helices que, n'um dado instante, occupam uma das metades do anel comprehendida entre as linhas neutras, as quaes se acham evidentemente nas extremidades d'um diametro horizontal, são percorridas por correntes no mesmo sentido, e todas as que occupam a outra metade são percorridas por correntes em sentido contrario do das primeiras, e portanto no mesmo sentido, umas em relação ás outras.

Podemos portanto dizer que o anel de Gramme constitue duas series de elementos ligados em tensão, estando as duas series ligadas em quantidade. Por conseguinte, se nas extremidades d'um diametro horizontal se ligarem dois reophoros, a corrente passará n'elles n'um sentido unico.

482.—Aplicações da machina de Gramme.—O caracter especial das machinas de Gramme de correntes continuas do mesmo sentido, como são as que descrevemos, torna estas machinas eminentemente proprias para substituir as pilhas, com a grande vantagem de estarem sempre promptas a funcionar, de não fazerem despeza quando estão em repouso, e de apenas exigirem um grande dispendio de mo-

tor quando o circúito está fechado. Em quanto o circúito está aberto, os attritos são insignificantes, e a machina move-se com grandissima velocidade: tão depressa se fecha o circúito a velocidade diminue, porque a resistencia ao movimento é consideravel.

Assim, pois, serve a machina de Gramme em muitas experiencias de physica e de chimica, em applicações medicas e industriaes, como nas officinas de galvanoplastica e, particularmente, na illuminação electrica.

III.—Motores electricos

483.—Os *motores electricos* são as machinas em que se utiliza a electricidade como força motriz.

Os primeiros motores electricos empregados fundavam-se na propriedade que teem os electro-imans de se magnetisarem e desmagnetisarem muito rapidamente, quando se fecha ou se interrompe o circúito d'uma corrente electrica. Em uns os electro-imans actuavam sobre imans, em outros, que eram os mais commodos, os electro-imans actuavam sobre armaduras, isto é, sobre barras de ferro macio.

As principaes difficuldades a vencer resultavam da diminuição rapida da attracção quando a distancia augmenta, e da deterioração dos commutadores produzida pela faisca devida á extra-corrente, que se desenvolve em cada ruptura do circúito.

484.—Entre os differentes motores conhecidos desde ha muito tempo, e nos quaes os electro-imans actuam sobre armaduras, citaremos como sendo um dos melhores o de rotação directa, construido por Froment e representado na fig. 250. Consta de quatro possantes electro-imans *A*, *B*, *C* e *D*, fixos n'um suporte de ferro, entre os quaes pode girar um tambor *RR* com oito armaduras de ferro macio

dispostas parallelamente ás suas geratrizes, de modo que passam junto dos polos dos electro-ímans sem os tocar.

Um arco metallico fixo *cc* serve para conduzir a corrente da pilha, que sobe pelo arame *t*, aos diferentes electro-ímans: para esse fim sobre aquelle arco estão presas tres laminas de aço terminadas por pequenos rolos, um dos quaes estabelece a communicação com os dois electro-ímans inferiores, e cada um dos outros com cada um dos electro-ímans superiores, isto por meio de quatro peças de metal

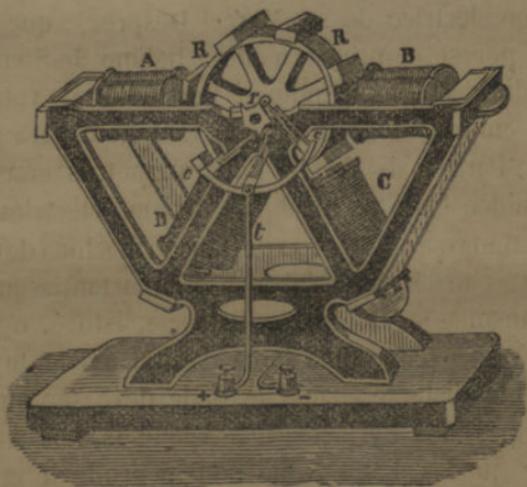


Fig. 250

separadas e fixas sobre uma roda de marfim *r*, movel com o tambor.

A corrente interrompe-se em cada electro-íman exactamente quando uma armadura lhe passa em frente, e dirige-se successivamente para os diversos electro-ímans. Assim elles não se contrariam, e o movimento continua enquanto dura a corrente da pilha, que se fecha no botão negativo em communicação com o extremo do fio dos electro-ímans.

485.—Princípio de reversibilidade applicado aos motores electricos.—O apparelho que acabamos de descrever, e muitos

outros de que nos não occupamos, são considerados no estado actual da sciencia simplesmente como curiosidades de gabinete, pois nenhum d'elles tem fornecido um trabalho superior a quatro kilogrammetros.

Um estudo bastante profundo dos phenomenos produzidos nos motores electricos tem conseguido aperfeçoal-os e augmentar muito o seu rendimento. Teem sido abandonados completamente os motores de movimento de vae-vem, que não dão bom resultado com grandes velocidades, e preferidos os de rotação.

O motor electrico do sr. Marcel Desprez¹, que não descrevemos por se empregar n'elle a bobine de Siemens, não mencionada n'este compendio, é um motor de rotação, que pode ser empregado com grande vantagem para pequenas potencias. Para mais de 10 kilogrammetros empregam-se com magnifico exito as machinas dynamo-electricas de correntes continuas, a cujo grupo pertence a machina de Gramme.

Com estas machinas resolve-se o importantissimo problema da transmissão da força a distancia, isto é, o problema cujo fim é aproveitar uma força natural existente n'um lugar bastante distante d'aquelle onde deve ser empregada. Ha nos Alpes, nos Pyrneos, nos Apeninos, nos Andes, etc. immensas quedas d'agua, que podem produzir grandes effeitos mechanicos e que são completamente perdidos, por não ser possivel aproveitá-los no lugar onde se acham. A transformação da electricidade em força motriz diz-nos hoje já como será possivel um dia utilizar as grandes quedas do Niagara, espalhando por toda a America o trabalho, que continuamente produzem e que é completamente perdido. Se porém ainda hoje se não conseguiu obter uma applicação industrial da electricidade d'uma ordem tão elevada, ainda assim já alguma coisa se tem feito n'este sentido.

¹ Pode ver-se a descripção publicada pelo auctor no n.º 26 do jornal *Sciencia para todos*.



Esta questão, que é do maior interesse industrial, liga-se immediatamente com a transformação da electricidade em trabalho, e deve a sua resolução ao celebre principio de *reversibilidade*, que consiste no seguinte: *Toda a machina que produz electricidade dependendo trabalho, pode, inversamente, produzir trabalho dependendo electricidade.*

Assim, se desenvolvermos electricidade n'uma machina de Gramme, dependendo o trabalho de uma queda d'agua por ex., podemos utilizar a grande distancia este trabalho fazendo passar, a corrente electrica produzida, n'uma outra machina de Gramme collocada no lugar onde se pretende aproveitar o effeito mechanico; porque esta ultima machina entrando em movimento restituirá todo o trabalho que a primeira consumiu.

A primeira tentativa para transportar d'um ponto a outro a força de uma machina dynamo-electrica foi feita na exposição universal de Vienna em 1873, com duas machinas de Gramme distantes entre si de um kilometro, funcionando a primeira como gerador de electricidade, e sendo a segunda encarregada de fazer funcionar uma bomba para elevar a agua. A segunda tentativa teve applicação na lavoira; e, depois dos estudos feitos pela sociedade Gramme na exposição universal de Vienna e dos ensaios sobre a lavoira feitos na officina do fabrico do assucar de Sermaize, chegou finalmente a applicação do transporte da electricidade á tracção dos carros electricos dos srs. Siemens e Halske, experimentados em Berlim em 1881, e que figuraram na ultima exposição de electricidade em Paris, entre a Praça da Concordia e o Palacio da Industria.

A questão pode considerar-se resolvida theoreticamente, dependendo apenas a sua resolução pratica da maneira effizaz de conduzir a corrente electrica á machina dynamo-electrica collocada sobre o carro, que deve transportar os wagons.

São importantes as vantagens da tracção electrica sobre

a tracção por meio do vapor nas grandes cidades; porque produzindo a força por meio de machinas fixas e poderosas, tornar-se-ha mais economica do que com as locomotivas; e porque supprime completamente o fumo, o mau cheiro, que torna insalubre os tunneis nos caminhos de ferro subterraneos, e evita os perigos de incendio nos caminhos de ferro aereos.

IV.—Telephonio e microphonio

486.—Classificação.—Denomina-se *telephonio* todo o aparelho que transmite a distancia um som qualquer, melodia, ruido, canto, voz humana, etc.

Podem classificar-se estesapparelhos em dois grupos:

1.º *Telephonios musicaes*, que transmitem os sons melódicos. Estes apparelhos teem apenas importancia historica, porque são imperfeitos e não satisfazem o seu fim.

2.º *Telephonios de articulação*, ou telephonios propriamente ditos, encarregados de transmittir o som da voz humana, ou de qualquer natureza.

Dividem-se estes ultimos em telephonios sem pilha, ou *telephonios magneticos*, e *telephonios de pilha*. Os telephonios de pilha comprehendem os transmissores de carvão e os *microphonios*.

487.—Telephonios magneticos.—Telephonio de Bell.—Uma das coisas que caracterisam os telephonios magneticos é a identidade do transmissor e do receptor; por conseguinte um systema telephonico completo reduz-se a dois apparelhos, emquanto que nos telephonios de pilha são precisos quatro, dois para cada estação; porque os receptores devem ser telephonios magneticos.

O primeiro e o mais simples dos telephonios magneticos é o de Bell, cuja disposição mais commum é a seguinte, fig. 231: uma pequena caixa circular de madeira con-

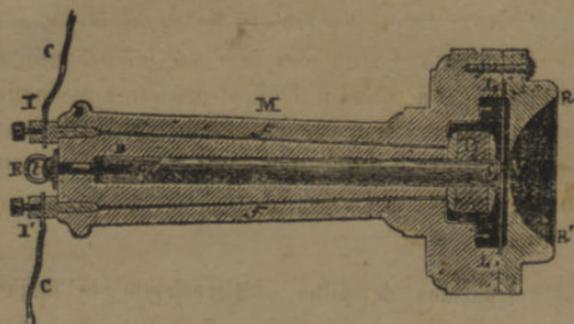


Fig. 251

têm uma bobine *B* com um fio muito fino e fazendo muitas voltas: a uma pequena distancia d'ella fixa-se uma lamina delgada de ferro *LL* por meio de parafusos que ligam duas partes da caixa, sendo a exterior terminada em pavilhão *RR'* com o orificio *V* no centro. A caixa é adaptada por outro lado a uma especie de cabo *M* tambem de madeira, no qual está introduzido um iman *NS*, que atravessa em parte a bobine, ficando com um dos polos bastante proximo da lamina de ferro. Os extremos do fio da bobine communicam com dois botões exteriores *I, I'* por meio de dois arames de cobre *f, f'*.

Fechando o circuito com dois fios *c, c'* presos aos botões de dois telephonios, ou só com um fio e com a terra; fallando junto do pavilhão de um dos apparatus, e applicando o ouvido ao pavilhão do outro, situado a grande distancia, ouve-se distinctamente. Melhor é empregar dois telephonios em cada estação, para que um se conserve junto do ouvido, quando se falla no outro. Ouve-se mais distinctamente applicando um telephonio a cada ouvido.

A theoria do instrumento parece ser a seguinte: os sons produzidos junto da lamina do transmissor communicam vibrações unisonas a essa lamina, a qual aproximando-se ou afastando do polo do iman, desenvolve no fio que o cerca correntes induzidas,

transmittidas pelo fio ao electro-iman do receptor; este electro-iman segue portanto na sua energia o movimento ondulatorio da primeira lamina, e actuando sobre a segunda lamina, imprime-lhe movimento vibratorio unisono com o primeiro. Não ha portanto modificação na altura e timbre dos sons, e apenas a intensidade é muito enfraquecida.

488.—Telephonios de pilha.—Microphonio de Hughes.— Os telephonios de pilha são de invenção muito mais recente. O primeiro transmissor de carvão é devido a Edison, que o construiu em 1876; em 1878 apresentou Hughes o primeiro microphonio.

O microphonio de Hughes, consta de um lapis de carvão C, fig. 252, terminado em pontas, e apoiado entre duas



Fig. 252

pequenas massas de carvão A, B, ligadas a um suporte

de madeira *M* disposto verticalmente sobre outra prancha: das duas massas de carvão partem fios para o receptor, que pode ser o telephonio de Bell *T*; porém no circuito tem-se introduzido uma pilha Leclanché *P* de 1 ou 2 elementos, ou melhor ainda uma pilha de Daniell de 3 elementos com uma resistencia adicional¹.

CAPITULO VI

ILLUMINAÇÃO ELECTRICA

489.—N'um systema completo de iluminação electrica temos a considerar tres partes bem distinctas: a producção das correntes, ou o *gerador*; os *fócos*, e a *distribuição e canalisação da electricidade*.

I.—Geradores

490.—Geradores.—Os geradores adoptados na iluminação electrica são de duas ordens: as *pilhas* e as *machinas de inducção*.

As pilhas empregadas são apenas as hydro-electricas, quasi sempre do systema de Bunsen; por conseguinte dispendiosas, difficeis de armar e de conservar, e sobretudo de manipulação bastante incommoda.

As machinas podem ser *magneto-electricas* e *dynamo-electricas*: as primeiras, e particularmente as machinas Allianças que tão excellentes serviços teem prestado nos pharoes electricos, não são industriaes; porque, para a mesma potencia, são mais pesadas, mais caras e mais embaraçantes

¹ Para mais desenvolvimento vejam-se os artigos do sr. Moraes d'Almeida publicados nos n.º 40 e seguintes da *Sciencia para todos*.

que as outras, visto que os electro-imans são entre 7 e 20 vezes mais energicos que os imans do mesmo peso.

As machinas magneto-electricas applicadas á illuminação são todas de correntes alternativas. As machinas dynamo-electricas são de correntes alternativas e de correntes continuas; geralmente as de correntes alternativas, denominadas *destruidoras*, são animadas pelas de correntes continuas, que se dizem *excitadoras*. Citaremos como exemplos de umas e outras as machinas de Gramme.

II.—Fócos electricos

491.—Em todos os systemas de illuminação a luz electrica é produzida pelo aquecimento devido á passagem da corrente n'um conductor. A natureza d'este conductor estabelece a primeira distincção entre os fócos electricos. Se é gazoso o fóco diz-se *arco voltaico*; se é solido diz-se *de incandescencia*.

(a).—Luz d'arco voltaico

492.—O arco voltaico, nas applicações, obtem-se sempre entre duas hastes de carvão.

Se estas hastes teem os extremos voltados um para o outro, e estão na mesma linha, os apparatus, ou *lampadas electricas*, dizem-se *reguladores*; se estão dispostas parallelamente ao lado uma da outra constituem uma *vela electrica*.

493.—Reguladores.—Em todos os reguladores a propria corrente, variando de intensidade com a mudança de comprimento do arco, actua sobre um mechanismo que determina a approximação ou affastamento dos carvões, afim de que o arco voltaico se mantenha entre os convenientes limites de comprimento.

O regulador diz-se *monophoto* ou *polyphoto*, conforme no mesmo circuito ha um só ou mais fócios.

I.—*Reguladores monophotos*.—N'estes reguladores o systema electro-magnetico, que regula a distancia dos carvões, está no mesmo circuito com o arco; por conseguinte é a intensidade da corrente que actua sobre o systema. Assim, se os carvões estão a distancia conveniente, e a corrente tem bastante intensidade, a força do electro-iman vence a de uma mola antagonista, retém a sua armadura de ferro macio e prende o mechanismo que faz approximar os carvões. Este mechanismo é um systema de rodas dentadas movidas por uma mola ou simplesmente pelo peso da haste, que sustenta o carvão superior.

Gastando-se os carvões, a corrente enfraquece; o electro-iman perde a sua força, cede á mola antagonista, que desprende o mechanismo de approximação dos carvões, e estes caminham um para o outro. Quando se teem approximado sufficientemente, a corrente readquire a sua força, o electro-iman prende o mechanismo, e assim successivamente. Acontece porém que, em virtude da velocidade adquirida, os carvões approximam-se de mais e vão ao contacto; não ha por conseguinte arco voltaico, e para que elle se forme, e a luz não se extinga, é preciso affastar um pouco os carvões. Nos primeiros reguladores isto era feito á mão, o que exigia um individuo junto do aparelho. Este inconveniente não existe nos reguladores mais aperfeiçoados, entre os quaes mencionaremos o de Serrin, empregado nos pharoes electricos.

Nas applicações, em que não se exige uma posição invariavel da luz, dispensa-se o regulador, com muita vantagem, empregando as *velas carbonicas de Jablochkoff*, adiante descriptas.

II.—*Reguladores polyphotos*.—Dois reguladores monophotos collocados no mesmo circuito estariam no fim de pouco tempo em completo desaccordo; porque é impossí-

vel conseguir que os seus carvões se gastem igualmente, e por conseguinte o seu afastamento em um d'elles seria maior que no outro. Mas como a corrente é uma só, os dois electro-imans hão de funcionar simultaneamente; de sorte que se a corrente é fraca os carvões mais afastados aproximam-se o necessario para o arco ter o comprimento conveniente, e os outros vão ao contacto, desaparecendo a luz; se a corrente é forte os carvões afastam-se, e no regulador onde elles estavam mais distanciados, a luz apagar-se-ha, o circuito será interrompido, e o outro candieiro apagado, por conseguinte; isto até que os carvões cheguem ao contacto, porque então ambos os candieiros se accendem.

É preciso pois tornar independentes os reguladores, que funcionam no mesmo circuito: é esse o fim dos *reguladores polyphotos*, que se dividem em duas classes: os *reguladores differenciaes*, e os *reguladores de derivação*.

494.—*Velas electricas*.—As *velas* são fôcos electricos de arco voltaico, nos quaes os carvões estão collocados parallelamente e se mantem em distancia invariavel, dispensando por conseguinte o regulador, o que é de grande vantagem. Em umas os carvões são separados por uma lamina d'ar, como nas de Wild e Jamin; n'outras, como as de Jablochhoff, elles são separados por uma substancia pouco conductora, que se torna incandescente pela passagem da corrente na extremidade da vela.

495.—*Velas de Jablochhoff*.—As *velas electricas de Jablochhoff*, fig. 253, constam de dois lapis de carvão *c* e *c'*, justapostos e solidarios, porém separados um do outro por uma lamina isolante, que se torna ligeiramente conductora quando aquecida: esta substancia foi ao principio o kaolino; hoje é uma mistura de duas partes de sulfato de calcio e uma de sulfato de baryo. As extremidades inferiores dos carvões estão introduzidas em dois tubos de latão, que permitem a fixação da vela contra as pinças *ll'* de um candieiro especial, e a communicação dos dois carvões com os polos da cor-

rente, por meio de dois botões metallicos. Em *s* vê-se a secção da vela, que ajusta perfeitamente nas meias-canãs das peças *l*, *l'* contra as quaes é apertada pela mola *r*.

As extremidades superiores dos carvões reúnem-se com uma pequena mecha, o que se faz simplesmente mergulhando a vela n'uma pasta composta de plumbagina e agua gommada. Com esta disposição consegue-se accender quasi que instantaneamente todas as velas collocadas no mesmo circuito, porque a corrente aquece a mecha, consome-a em muito pouco tempo, aquecendo o isolador, e tornando-o conductor.

Empregando uma corrente continua, deve o carvão positivo ter secção dupla do outro, porque se gasta duas vezes mais depressa; e como esta relação não é sempre a mesma, as velas Jablochhoff não funcionam bem senão com correntes alternativas. Então mudando os carvões de polo continuamente, o seu desgaste é o mesmo. Como porém o emprego das correntes alternativas produz um ruido incommodo, especialmente na illuminação domestica, as velas tendem a ser abandonadas.

Se a illuminação deve durar mais tempo do que o permitido pelo desgaste da vela, emprega-se um candieiro multiplo, com tantas velas quantas sejam necessarias; e com um commutador ordinario faz-se conduzir successivamente a corrente para as diversas velas.

As velas com 30 centimetros de comprimento duram quasi duas horas. Os candieiros recebem geralmente quatro, e por consequencia fornecem luz para oito horas.



Fig. 253

(b).—Luz de incandescencia

496.—A luz por incandescencia de um conductor solido refractario pode produzir-se ao ar livre, e então o corpo incandescente queima-se, concorrendo a combustão para a producção da luz; ou pode produzir-se em vaso fechado e purgado d'ar, por conseguinte o conductor não se queima e deve durar muito tempo.

Temos pois *incandescencia com combustão*, e *incandescencia pura*, ou *sem combustão*.

497.—Incandescencia com combustão—Lampadas Regnier.— Nas primeiras lampadas de incandescencia com combustão a luz era obtida com uma vareta de carvão collocada entre duas massas da mesma substancia; com esta disposição, a vareta adelgaça-se no meio e acaba por se partir, sendo então necessario substituil-a por outra. Regnier remediou este inconveniente fazendo tocar o lapis de carvão por uma das extremidades sobre uma grande massa da mesma substancia, afim de que o desgaste não se fizesse na parte média, mas no ponto de contacto, onde a temperatura é mais elevada. O contacto fixo inferior do carvão foi depois substituido por um contacto girante (um disco de eixo horizontal) que arrasta as cinzas do carvão.

498.—Lampadas de incandescencia pura.— A incandescencia pura é produzida, n'estas lampadas, por um filamento de materia carbonisada collocada n'um globo hermeticamente fechado, no qual se fez o vacuo ou se introduziu uma substancia inerte (o azote, por ex.)

Nas lampadas de Edison emprega-se filamento de bambu carbonisado; nas de Maxin cartão bristol carbonisado, e nas de Swan fio de algodão tambem carbonisado.

III.—Distribuição e canalisação da electricidade

499.—**Canalisação.**—A canalisação da electricidade faz-se por meio de *conductores* de cobre, que não convém suspender no ar, apesar de assim se facilitar o resfriamento, porque elles seriam expostos a muitos accidentes, e a humidade occasionaria grandes perdas pelos supportes.

Por conseguinte, os *conductores* devem ser enterrados no solo, e convenientemente isolados; podem ser simples, isto é, formados de um só fio, bastante grosso; ou multiplos, isto é, cabos de fios finos ligeiramente torcidos.

500.—**Distribuição.**—A distribuição da electricidade é feita hoje dividindo a machina geradora, em muitos geradores distinctos, e dispondo em cada um dos circuitos assim obtidos um numero limitado de fócios, que se regulam por si.

Estes fócios, alimentados pelo mesmo gerador, podem estar collocados uns em seguida aos outros n'um circuito unico com os extremos ligados aos polos da machina; ou podem estar dispostos em circuitos parciaes ligados a dois *conductores* geraes dirigidos dos polos da machina: no primeiro caso os aparelhos estão em *serie* ou em *tensão*; no segundo em *derivação* ou em *quantidade*.

501.—**Contadores d'electricidade.**—O ultimo problema que era preciso resolver consistia em medir a quantidade de electricidade gasta pelos consumidores.

Para este fim imaginou Edison uns *contadores*, nos quaes a medição se faz pelo deposito de cobre effectuado n'um voltmetro de sulfato de cobre.

IV.— Aplicações

502.— Aplicações industriaes da luz electrica.— A primeira applicação importante da luz electrica foi nos pharoes; porém a primeira applicação verdadeiramente industrial foi nos theatros. Ella serve ahi para representar o sol (como no Propheta); para produzir o arco-iris e os relampagos; para esclarecer fortemente um personagem ou um ponto da scena; para illuminar fontes, etc.; finalmente, ella pode servir para substituir o gaz na illuminação da sala.

A luz electrica presta hoje importantes serviços nas construcções, permittindo com vantagem os trabalhos de noite; pode aproveitar-se na arte da guerra para fazer signaes, descobrir os trabalhos do inimigo, illuminar o terreno nos reconhecimentos, etc.

Finalmente, serve já hoje na illuminação publica e particular, especialmente nas grandes officinas.

503.— A luz electrica como meio de illuminação publica.— Tem-se notado como defeito da luz electrica o seu demasiado brilho, que não a deixa encarar, sem grande incommodo, á semelhança do que acontece com a luz solar; porém recebendo-a através de um vidro mais ou menos translucido, remedeia-se aquelle inconveniente: podemos ser esclarecido por aquella luz, mas não convém olhar para ella directamente.

Uma das melhores qualidades da luz electrica comparada com a dos oleos ou do gaz, é não alterar a composição chimica do ar, e não produzir sensivel aquecimento: estas duas coisas estão, na verdade, intimamente ligadas; porque a elevada temperatura communicada ao ambiente pelas luzes de gaz ou de azeite provém da combinação chimica, isto é, da combustão.

Está calculado que uma luz equivalente á de 700 velas de stearina, não aquece mais do que uma unica vela.

Além d'estas vantagens notaremos ainda que a illuminação electrica não apresenta os perigos de explosão, como a illuminação com o gaz.

Estas vantagens são compensadas por varios inconvenientes, entre os quaes mencionaremos o preço que em muitos casos é superior ao da illuminação com o gaz, e a vacillação da luz, que incommoda extraordinariamente os olhos e que resulta não só das irregularidades das machinas productoras das correntes, mas tambem da falta de homogeneidade dos carvões.

Pelo que respeita á despesa diremos que empregando poucos candieiros e de luz muito intensa, como nas praças publicas, em grandes officinas, nas estações do caminho de ferro, etc., a luz electrica pode substituir com vantagem o gaz e até com economia: o contrario acontece, porém, na illuminação particular, em que se precisa de muitos fôcos e pouco intensos.

SEXTA PARTE

METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA

I.—Meteoros aereos

504.—*Meteoros.*—*Meteorologia.*—Denominam-se *meteoros* os phenomenos que se produzem na atmospheria e para que ella contribue; e *meteorologia* a sciencia que estuda os meteoros: esta sciencia tem sido considerada como uma parte da physica.

Classificam-se os meteoros em *aereos*, *aguosos*, *electricos*, e *luminosos*: d'estes ultimos o principal é o *arco-iris*, de que já tratámos (352).

505.—*Meteoros aereos.*—Os *meteoros aereos* são os phenomenos atmosphericos dependentes do movimento do ar. Conforme este movimento é mais ou menos rapido, e acompanhado de outros phenomenos, como *chuva*, *neve*, *trovões*, assim recebe os nomes de *vento*, *tufão*, *tromba* e *cyclone*.

506.—*Vento*: suas causas.—Ventos de aspiração e de insuflação.—O *vento* é o ar em movimento sensivel. Tudo o que produz disequilibrio apreciavel na atmospheria é *causa de vento*. Consideram-se principalmente duas causas: a desegual distribuição do calor na superficie da terra, e a redução rapida de uma grande massa de vapor d'agua a chuva.

Para perceber como a primeira causa produz vento, basta notar que, no lugar mais aquecido pelos raios do sol, o ar recebe mais calor pelo contacto com o solo e com os corpos que estão n'esse lugar, dilata-se, torna-se menos denso e eleva-se; o ar que está sobre os logares contiguos, pre-

cipita-se n'aquelle e produz *vento*, e o mesmo acontece nos logares seguintes, em consequencia do desequilibrio produzido pela rarefacção das camadas do ar. Este vento sopra portanto na direcção contraria áquella em que se propaga, e denomina-se *vento de aspiração*. O ar dilatado, que chega á parte superior, espalha-se para os lados e produz outro vento, em direcção contraria ao primeiro, e que sopra na direcção em que se propaga: esta especie de vento tem o nome de *vento de insufflação*.

Vê-se pois que, em geral, quando ha vento, ha duas correntes em direcções contrarias; uma junto á terra, e outra mais elevada.

Uma experiencia muito simples comprova o que fica dito. Façam-se communicar duas casas, uma quente e outra fria, por uma porta, no vão da qual se tenham previamente collocado duas velas accesas, uma no limiar e outra junto á verga: a chamma d'esta ultima vela inclina-se para a casa fria e indica, portanto, vento da casa quente para aquella; a chamma da vela inferior inclina-se para a casa quente e denuncia vento de aspiração da casa fria para a quente.

Outra causa do vento é a producção rapida e passageira de uma grande quantidade de chuva. Percebe-se bem a razão d'isto, advertindo que a pressão atmospherica é a somma da tensão do ar e da força elastica do vapor d'agua, que com elle existe sempre misturado. Se este vapor desaparece repentinamente, por se reduzir a chuva, ha grande diminuição de pressão no lugar onde ella se formou, e por tanto desequilibrio na atmospherica, isto é, vento.

507.—Direcção dos ventos.—Rosa dos ventos.—Representa-se a direcção dos ventos e ao mesmo tempo denominam-se estes pelos quatro pontos cardeaes: *norte* (N), *sul* (S), *leste* (E), *oeste* (W)¹, os quaes combinados dois a dois

¹ Em conformidade das resoluções do congresso meteorologico de Vienna d'Austria, designa-se a palavra oeste pela letra W.

dão as direcções intermédias *nordeste* (NE), *sueste* (SE), *noroeste* (NW), *sudoeste* (SW); estas oito combinadas duas a duas, tendo o cuidado de pôr sempre em primeiro lugar o nome da direcção principal, dão as outras direcções intermédias, a saber: *nor-nordeste* (NNE), *es-nordeste* (ENE), *es-sueste* (ESE), *su-sueste* (SSE), *su-sudoeste* (SSW), *oes-sudoeste* (WSW), *oes-noroeste* (WNW), *nor-noroeste* (NNW).

Além d'estas 16 direcções, ou *rumos*, consideram-se mais outras 16; todas se representam por outros tantos diâmetros de uma figura circular denominada *rosa dos ventos*, fig. 254.



Fig. 254

Os 16 rumos indicados na figura por pontos denominam-se pelos oito principaes, collocando em primeiro lugar o mais proximo, e depois o mais affastado precedido da fracção $\frac{1}{4}$. Assim, para designar a direcção comprehendida entre N e NNE, emprega-se a expressão $N\frac{1}{4}NE$, que quer dizer *norte quarto nordeste*, e a direcção seguinte comprehendida entre NNE e NE representa-se $NE\frac{1}{4}N$, *nordeste quarto norte*, e assim as outras.

Quando se quer maior precisão representam-se os rumos por graus: assim N.15°E é o rumo que fica a 15° do norte para leste.

508.—Determinação da direcção dos ventos.—Cataventos.—A direcção das correntes atmosphericas elevadas pode conhecer-se pelo movimento das nuvens: a direcção dos ventos que sopram á superficie da terra determina-se geralmente com os *cataventos*. O catavento ordinario é formado por uma haste vertical movel em torno do seu eixo, á qual está fixa superiormente uma lamina metallica e inferiormente no plano d'esta um ponteiro, que indica o rumo do vento sobre um mostrador horizontal.

Ás vezes no campo ou em viagem determina-se a direcção do vento levantando verticalmente um dedo molhado: sente-se frio do lado d'onde sopra o vento, porque d'esse lado a evaporação é activada.

509.—Velocidade e força dos ventos.—Anemometros.—A *velocidade* do vento é o numero de kilometros que percorre em uma hora: a sua *força*, funcção da velocidade, é a pressão, em kilogrammas, sobre a superficie plana de um metro quadrado, que se oppõe á sua propagação.

A formula $F=0,0095 V^2$, que nós propozemos¹, serve para se passar da velocidade para a força, e vice-versa.

Denominam-se *anemometros* os instrumentos que medem a velocidade ou a força do vento.

A fig. 255 representa o anemometro de Robinson, aperfeiçoado por Casella, e empregado nos nossos postos meteorologicos; elle dá a velocidade total no fim de determinado periodo de tempo. Consta de quatro meias espheras ôcas ligadas a quatro braços horizontaes, dispostas cada uma com a convexidade voltada para a concavidade da outra, afim de que o eixo gire sempre no mesmo sentido, qualquer que seja a direcção do vento. A velocidade

¹ Veja-se o nosso *Curso de meteorologia*, pag. 58.

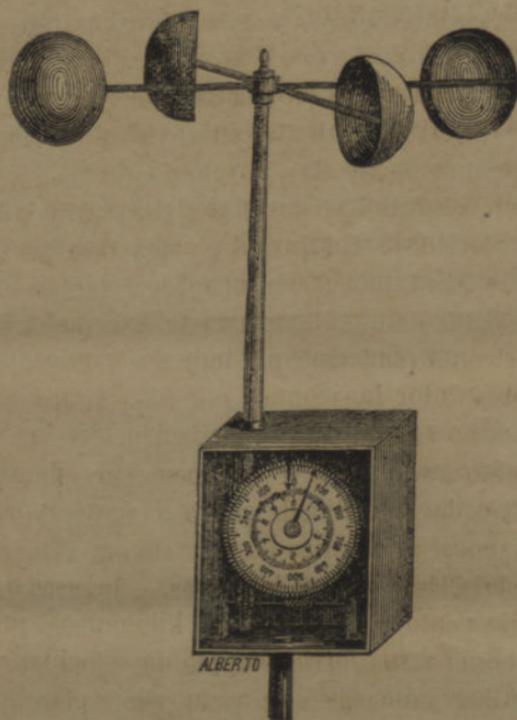


Fig. 255

do vento é tres vezes a d'este eixo e é indicada pelo contador encerrado na caixa do instrumento. Para isso o eixo termina inferiormente em parafuso sem fim, o qual, por intermedio de uma roda dentada e de outro parafuso sem fim, põe em movimento dois discos dentados collocados um sobre o outro: o anterior serve de mostrador e tem 99 dentes, em quanto que o posterior tem 100; com este move-se um ponteiro, que se vê na figura, o qual por conseguinte, recua um dente sobre o mostrador por cada revolução completa d'elle.

O mostrador tem duas escalas compostas de 10 partes eguaes, cada uma subdividida em outras 10 partes. As divisões da escala exterior representam centenas de kilome-

tros e estão marcadas com os numeros: 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900: as subdivisões representam dezenas de kilometros. As divisões da escala interior representam kilometros e estão numeradas com os algarismos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9: as subdivisões correspondem a hectometros.

Por cada 10 kilometros percorridos pelo vento o mostrador faz uma revolução completa, e estas dezenas de kilometros são indicadas pelo ponteiro sobre a escala exterior. As fracções de volta do mostrador, isto é, o numero de kilometros, inferior a dez, e o numero de hectometros, são indicados sobre a escala interior por uma ponta metallica presa na parede superior da caixa.

510.—Classificação dos ventos.—Os ventos classificam-se em *regulares* e *irregulares*.

Os *ventos regulares* são os que sopram em direcções determinadas, constante ou periodicamente, e dividem-se em *constantes* e *periodicos*.

Os ventos *regulares constantes*, isto é, aquelles que sopram todo o anno na mesma direcção, são conhecidos pela denominação de *ventos geraes*. Observam-se principalmente nas regiões equatoriaes, sobre os oceanos Atlantico e Pacifico, e teem a direcção *nordeste* na hemispherio boreal, e *sueste* no austral.

Os ventos *regulares periodicos*, isto é, aquelles que sopram regularmente, ora n'uma direcção, ora na direcção opposta, são as *brisas* e as *monções*.

As *brisas* são os ventos que sopram sobre as costas, do mar para a terra de dia, e da terra para o mar de noite, isto é, da região mais fria para a mais quente.

As *monções* sopram seis mezes n'uma direcção e nos outros seis mezes na direcção opposta. No nosso hemispherio desde abril até setembro sente-se a *monção da primavera*, que sopra para a terra, e de outubro a março sente-se a *monção do outono*, que sopra para o mar; isto por-

que durante os primeiros seis mezes o aquecimento médio da terra é maior que o do mar, em quanto que nos outros seis acontece o contrario.

Os ventos irregulares são os que sopram em qualquer direcção sem uma lei conhecida. Estes ventos não se observam nas regiões equatoriaes, começam a sentir-se nas latitudes de 30° norte e sul, e são maximos perto dos polos.

511.—Qualidades dos ventos.—Os ventos distinguem-se em relação ás suas qualidades, em frios ou quentes, seccos ou humidos.

Estas qualidades do vento dependem do logar onde elle se formou, e dos paizes que percorreu.

Assim, em geral, nos nossos climas os ventos do sul e do mar são quentes e humidos, porque atravessam o oceano; por essa razão fazem baixar o barometro, e produzem chuva quando encontram uma temperatura mais baixa. Os ventos do norte e da terra são frios e seccos, porque atravessam vastos continentes, fazem subir o barometro, e raras vezes produzem chuva.

Os ventos dos desertos da Asia e Africa distinguem-se pela sua alta temperatura, e pela areia que levantam no ar e arrastam comsigo.

512.—Trombas.—Dá-se o nome de tufão a uma forte corrente de ar, que se propaga em linha recta.

Ventos contrarios, ou ventos que se cruzam sob diversos angulos, podem produzir no tufão um movimento giratorio muito rapido, além do movimento geral de translação; n'estas circumstancias o tufão recebe o nome de tromba: no seu trajecto arranca as arvores e deita-as para lados oppostos ou levanta-as no ar com movimento giratorio; torce os ramos das que ficam no seu logar, e fura a terra em circulo até á profundidade de muitos decimetros, o que tudo demonstra o movimento proprio do meteoro.

No mar largo as trombas são acompanhadas de pheno-

menos, que não se sabem explicar completamente. Descem das nuvens columnas negras, em fórma de funil com o collo para baixo, e produzem, quando tocam na agua, uma agitação extraordinaria, que se communica a grande distancia; outras vezes produzem aspirações da agua e arrastam de longe grandes navios.

As trombas podem cortar-se com alguns projecteis de artilheria, e é este o meio recommendado por todos os maritimos para fugir ao perigo que os ameaça. Quasi sempre depois de dissipada a tromba cae uma chuva abundante de agua doce.

As trombas, quasi desconhecidas nas regiões polares, são mais frequentes nos climas quentes que nos temperados: tem-se visto algumas com a atmosphera tranquilla, e são geralmente acompanhadas de meteoros electricos. É n'estas ultimas circumstancias que se funda Peltier, e com elle outros physicos, para considerar a tromba como um meteoro electrico.

As trombas que se observam nos continentes são denominadas *trombas terrestres*, e as outras *trombas marinhas* ou *mangas de agua*: aquellas podem produzir phenomenos muito differentes dos que acompanham estas.

513.—Furacões.—Cyclones.—As grandes tempestades circulares das regiões intertropicaes, que são uma especie de trombas amplificadissimas, receberam de Piddington a denominação de *cyclones*, denominação admittida hoje na sciencia, e preferivel á de *furacões* (*ouragans* e *tornados*), applicada tanto aos grandes redemoinhos de vento, como aos tufões propriamente ditos, isto é, ás tempestades rectilneas de grande força.

Um *cyclone* é um redemoinho de vento de 800 a 900 milhas de diametro, animado de movimento de translação, e acompanhado de grande tensão electrica, de muitas descargas e de grande massa de nuvens produzindo chuva e sa-raiva. O vento augmenta de intensidade da circumferencia

até perto do centro, onde se produz instantaneamente calma e grande rarefacção do ar, denunciada pela descida do barometro. O mar é agitado em todos os sentidos, a tal ponto que tem produzido a perda de muitas riquezas, de muitos navios e de muitas vidas.

É lei geral que, os cyclones giram ao sul do equador na direcção dos ponteiros de um relógio, e ao norte na direcção opposta. Pelo movimento de translação afastam-se do equador segundo uma curva parabolica, cujo vertice, collocado a oeste, é tangente ao meridiano na latitude 30° no hemispherio boreal, e 26° no austral, isto é, no limite dos ventos geraes.

Muitos physicos attribuem este meteoro, como as trombas, á electricidade; porém não explicam bem a maneira como ella contribue para a sua formação.

II.— Meteoros aquosos

514.—Os *meteoros aquosos* são diversas manifestações da *humidade* do ar. Esta humidade é o vapor d'agua, que resulta da continua evaporação na superficie dos rios, dos lagos e dos mares.

A humidade do ar, condensando-se por qualquer motivo, especialmente pelo resfriamento, produz o *orvalho*, as *nuvens*, os *nevoeiros*, a *chuva* e a *neve*.

Antes de darmos idéa d'estes meteoros vamos indicar a maneira de apreciar a humidade do ar.

515.—*Hygrometria*.—A *hygrometria* é a parte da physica que tem por fim medir, em um instante dado, a *humidade* do ar.

A influencia, que o vapor atmospherico tem nas alterações da natureza dos corpos brutos e na hygiene dos seres vivos, depende não da sua quantidade absoluta, mas do estado de saturação em que está.

Este estado depende evidentemente da temperatura: é assim que, por exemplo, no verão o ar parece pouco humido e comtudo a quantidade de vapor que contém é superior á que existe no inverno, em que a humidade parece muito grande.

Dá-se o nome de *estado hygrometrico* do ar, ou de *fracção de saturação*, á relação entre o peso de vapor d'agua contido n'um certo volume d'esse ar e o peso que conteria o mesmo volume d'ar á mesma temperatura se estivesse saturado: esta relação é igual a que existe entre a tensão do vapor atmospherico e a tensão maxima á mesma temperatura.

516.—*Hygroscopios*.—*HygroscoPIO de torsão*.—Denominam-se *hygroscopios* os instrumentos que indicam se a humidade do ar augmenta ou diminue: a sua construcção funda-se na propriedade que tem as *substancias hygroscoPICAS*, de absorver a humidade do ar em que se acham, augmentando ao mesmo tempo de volume, e de a restituir, quando o ar se torna mais secco. Isto succede a quasi todas as substancias animaes e vegetaes: os cabellos allongam-se ou encurtam-se, conforme o ar se torna menos ou mais secco; os corpos compostos de fibras torcidas, como as cordas, incham, encurtam e torcem-se com a humidade, etc.

Aproveitando esta propriedade tem-se construido varios hygroscopios, aos quaes se dão fórmias mais ou menos extravagantes: é muito conhecido o hygroscoPIO com a figura de um frade de capuz, o qual se cobre quando a humidade augmenta, e se descobre quando diminue, isto é, logo que o tempo se torna mais secco. N'estes instrumentos é quasi sempre um pedaço de corda de tripa, torcida e presa por uma das extremidades, que dá movimento na outra.

Qualquer substancia para ser empregada com vantagem na construcção dos hygroscopios deve ser muito sensivel ás variações da humidade, inalteravel com o tempo e com

a temperatura, e de pequena massa, afim de que as suas indicações sejam rapidas. O cabelo satisfaz a essas condições, mas deve ser fino, livre de substancias oleosas, e cortado de cabeça viva e sã. Os hygroscopios de cabelo são os mais perfectos: podem até certo ponto medir o estado hygrometrico do ar, e por isso recebem, ás vezes, o nome de *hygrometros*.

517.—Hygrometro de Saussure.—O hygrometro de Saussure consta, fig. 256, de um quadro metallico, com um cabelo preso superiormente e enrolado na parte inferior em uma roldana muito movel, a cujo eixo está ligado um ponteiro. Na extremidade livre do cabelo está um pequeno peso *p* que o conserva sempre tenso; de modo que quando augmenta a humidade, o cabelo alonga-se e o ponteiro sóbe sobre um arco graduado; no caso contrario desce.

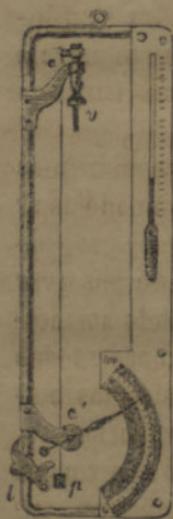


Fig. 256

Para preparar o cabelo, isto é, para o desembaraçar das substancias oleosas, introduz-se em uma dissolução de carbonato de sodio, depois em agua a ferver, e finalmente em agua fria. Consegue-se o mesmo resultado pela immersão do cabelo em ether durante vinte e quatro horas.

Faz-se a escala do hygrometro, marcando 0 no ponto indicado pelo ponteiro, quando o aparelho se introduz em um espaço completamente privado de humidade; 100 no ponto indicado, quando o espaço está saturado de vapor d'agua, e dividindo o intervallo em cem partes eguaes, que são os graus do hygrometro. Estes graus só por si não indicam coisa alguma a respeito da quantidade de humidade; por isso o aparelho é um simples *hygroscopio*, isto é, mostra apenas se a humidade augmenta ou diminue, sem a medir. As indicações do aparelho podem dar o estado hy-

grometrico por meio de uma tabella expressamente construida para esse fim e para aquelle hygrometro.

518.—Orvalho.—Geada.—Dá-se o nome de *orvalho* a pequenas gottas d'agua, que se observam sobre alguns corpos expostos ao frio durante as noites serenas e frias.

O orvalho resulta da condensação do vapor atmosferico, promovida pelo resfriamento devido á irradiação dos corpos para os espaços planetarios. Por esta razão o orvalho deposita-se de preferencia sobre os corpos maus conductores e de grande poder emissivo, porque são os que mais facilmente resfriam, communicando depois o resfriamento ao ar que os cerca. Para que o orvalho se fórme é preciso tambem que o ceu esteja descoberto, a atmosphaera socegada e o corpo distante de obstaculos que lhe encubram o ceu.

Ás vezes, depois de ventos muito frios, apparecem sobre os corpos, que costumam receber orvalho, ligeiras camadas de neve com a fórma crystallina opaca, e ás quaes se dá a denominação de *geada*; provém da congelação immediata do vapor d'agua.

519.—Nevoeiros.—Quando o solo humido está mais quente que o ar, os vapores que se elevam pela evaporação, encontrando uma temperatura mais baixa, condensam-se, perturbam a transparencia da atmosphaera e constituem os *nevoeiros*.

Os nevoeiros raras vezes persistem; quasi sempre se dissipam no mesmo dia em que se formam; comtudo em algumas localidades, como em Londres, são ás vezes persistentes e tão espessos, que é preciso conservar durante o dia illuminadas a gaz as ruas e as lojas.

Os nevoeiros, que se formam depois de nascer o sol e se dissipam até ao meio dia, e os que apparecem ao descair da tarde e desaparecem á noite, prognosticam bom tempo. Tambem prognosticam bom tempo os nevoeiros frios depois de dias chuvosos, porque a sua temperatura indica

que os ventos mudaram do mar para a terra, e os ventos da terra são seccos.

Os nevoeiros espessos e frios, que repetem duas ou tres vezes dão chuva; assim como os nevoeiros densos, quentes e humidos, principalmente se começam de manhã e não se dissipam até ao meio dia.

520.—Nuvens.—Se os vapores enviados da superficie da terra encontram um sufficiente resfriamento nas regiões elevadas da atmospherá, formam as *nuvens*. As nuvens tambem podem provir do encontro de duas massas d'ar em circumstancias diferentes de temperatura e humidade.

As nuvens apresentam fórmás mui diversas; porém todas se reduzem a quatro typos, ou á combinação d'elles: estes quatro typos são os *cumulos*, *cirrus*, *stratus* e *nimbus*, fig. 257.

Os *cumulus* (*C*) ou nuvens de verão, denominadas algo-



Fig. 257

dões pelos marítimos, são nuvens arredondadas com o aspecto de montanhas accumuladas umas sobre as outras. Estas nuvens apparecem mais no verão que no inverno, e sendo formadas de manhã desapparecem geralmente de tarde, ou então multiplicam-se e dão chuva.

Os *cirrus* (*Ci*), denominados *rabos de gallo* pelos marítimos, são pequenas nuvens com o aspecto de filamentos desligados, muito semelhantes á lã cardada. São as nuvens mais elevadas, e por isso consideram-se formadas de particulas de gelo: precedem as mudanças de tempo; annunciam chuva no verão, e frio ou gelo no inverno.

Os *stratus* (*St*) são camadas de nuvens delgadas e continuas, limitadas por planos horizontaes. Observam-se geralmente ao pôr do sol, perto do horizonte.

Os *nimbus* (*Ni*), ou nuvens de chuva, denominadas *aguaceiros* pelos marítimos, não affectam fórma alguma característica; mas distinguem-se bem pela sua côr cinzenta escura e pelos seus bordos franjados.

A altura das nuvens varia entre 1 e 12 kilometros.

521.— *Chuva*.— A *chuva* é a queda da agua em pequenas gottas, provenientes das nuvens, cujas particulas engrossaram pelo resfriamento, ou pela condensação de uma porção de vapor atmospherico.

Ás vezes chove sem haver nuvens. É muito frequente nos paizes humidos e nas tardes calmosas, de ceu descoberto, uma chuva muito fina, a qual se denomina *sereno*: provém das camadas inferiores da atmosphaera, muito carregadas de humidade e resfriadas ao pôr do sol ou depois.

522.— *Udometros*.— *Udometro de Babinet*.— Mede-se a quantidade d'agua, que cae em um logar no estado de chuva, com instrumentos denominados *udometros* ou *pluviometros*.

O *udometro* mais simples é um vaso cylindrico de metal communicando inferiormente com um tubo de vidro graduado, no qual se lê a altura a que a agua sobe dentro d'elle: esta altura representa a espessura da camada li-

quida que adquiriria a agua da chuva se caisse sobre um terreno horizontal e impermeavel, e se não houvesse evaporação; denomina-se por abreviatura *espessura liquida*. Para attenuar quanto possivel a perda pela evaporação, e para facilitar a entrada da agua para o vaso, é este fechado por uma tampa afunilada com um pequeno orificio no centro.

Nos nossos postos meteorologicos, assim como nos observatorios, emprega-se o *udometro de Babinet*, fig. 258: é um vaso cylindrico terminado por duas pyramides conicas, das quaes a inferior tem uma torneira e a superior communica com o recipiente externo de fôrma afunilada. Avalia-se a

espessura liquida recebendo a agua em um vaso cylindrico dividido em 125 partes eguaes, que correspondem a 25^{mm} de chuva; porque cada uma representa uma espessura liquida de 0^{mm},2.

523. — Neve. — Saraiva. — O vapor d'agua, que fôrma as nuvens, pôde congelar-se sem passar pelo estado liquido, encontrando uma camada de ar de temperatura inferior a zero; n'estas circumstancias a agua apresenta-se em finas agulhas grupadas de uma maneira especial, formando flocos regulares de lindas figuras hexaedricas: estes flocos caem para a terra e recebem o nome de neve.

Às vezes a neve precipita-se em grandes massas compactas e transparentes, constituindo a saraiva, que tem ordinariamente o tamanho de uma avelã, mas que chega a adquirir



Fig. 258

muito maiores dimensões e a pesar 300 grammas.

III.—Meteoros electricos

524.—Electricidade atmospherica.—Tem-se reconhecido que na atmospherica existe sempre electricidade, que é positiva quando não ha nuvens, em quanto que o solo tem a electricidade negativa. As nuvens tambem estão sempre electrizadas, umas positiva e outras negativamente.

A electricidade das nuvens, actuando por influencia sobre os corpos collocados dentro da esphera da sua acção, produz phenomenos conhecidos pelo denominação de *meteoros electricos*.

525.—Relampago e trovão.—O *relampago* é a luz viva que acompanha a combinação das electricidades contrarias, das nuvens e da atmospherica. A sua côr é branca nas regiões inferiores da atmospherica, e violacea nas regiões elevadas, onde o ar está muito rarefeito.

O *trovão* é a violenta detonação que segue ao relampago.

É simultanea a producção do relampago e do trovão, contudo para nós este é posterior áquelle, porque a velocidade do som é pequenissima em relação á da luz. Calcula-se aproximadamente a distancia que nos separa da nuvem tempestuosa contando o numero de segundos decorridos desde a apparição do relampago até á percepção do trovão, e multiplicando esse numero por 340^m, porque é este o caminho que o som percorre em um segundo.

A causa do trovão é, como o ruido da faisca electrica, o abalo produzido pela descarga electrica nas camadas do ar e da nuvem; se este está proximo ouve-se um som unico de curta duração; se está longe ouve-se uma serie de sons.

526.—Raio.—Choque reflexo.—O *raio* é a descarga electrica entre uma nuvem e o solo: carrega-se este por in-

fluencia da nuvem, e quando a tensão é sufficiente apparece a fuisca, e o *raio cae*, como se diz vulgarmente.

O raio cae de preferencia sobre os melhores conductores mais proximos; por esse motivo são maus abrigos as arvores, essencialmente impregnadas de seiva e de liquidos bons conductores, as egrejas e edificios elevados. Dentro de casa deve-se fugir das peças metallicas, das janellas e das chaminés, e, em geral, de quaesquer aberturas que facilitem a passagem da electricidade: não convém approximar das paredes, dos cantos das casas e de outras pessoas.

Os effeitos dos raios são analogos aos das baterias electricas, porém muitissimo mais energicos. Caindo sobre os animaes, isto é, fazendo-se a descarga da nuvem através d'elles, pode matal-os, feril-os ou apenas assombral-os.

Muitas vezes os animaes são fulminados a grandes distancias do ponto onde cae o raio. É isto resultado da influencia electrica sobre esses animaes, a qual os carrega de fluido contrario ao da nuvem; de maneira que, descarregando-se esta contra um edificio ou contra qualquer objecto, cessa a influencia sobre os animaes, perde-se instantaneamente o seu fluido no solo e são fulminados indirectamente. Denomina-se esta especie de *fulminação, choque indirecto* ou *reflexo*.

327.—*Guarda-raios*.—O *guarda-raios*, inventado por Franklin, é um instrumento muito util, que tem por fim descarregar as nuvens facilitando o esgoto da electricidade contraria accumulada por influencia sobre os edificios. Consta principalmente de uma *haste* e de um *conductor*. A *haste*, elevada sobre o edificio, é de ferro e termina em ponta de platina, de prata ou de cobre. O *conductor* é um cabo de fios de ferro ou de cobre, ou um varão continuo de ferro, ligado invariavelmente ao pé da haste e descendo ao longo do edificio até ao solo, com o qual deve communicar bem, o que se consegue dirigindo a extremidade para o fundo de um poço ou para vallas cheias de carvão. Para evitar

descargas lateraes, convém communicar com a haste do guarda-raios todas as partes metallicas importantes do edificio.

Funda-se o emprego do guarda-raios no poder das pontas e na influencia electrica.

Demonstra a experiencia que a haste de um guarda-raios protege efficazmente um espaço circular de raio duplo da altura d'aquella haste. Deve-se attender a esta circumstancia para conhecer o numero de guarda-raios que precisa receber qualquer edificio, notando que a haste não deve ter mais de dez metros de altura.

528.—Auroras polares.—As *auroras polares*, *boreaes* ou *austraes* conforme o polo em que se observam, são para assim dizer, o sol das altas latitudes e das regiões polares, que alumiam na sua noite de muitos mezes.

Quando são completas apresentam tres partes distinctas, o *arco*, os *raios* e a *coróa*. O arco, fig. 259, é a primeira



Fig. 259

parte que se observa; os seus extremos apoiam-se sempre no horizonte e o seu plano é perpendicular á direcção da agulha de inclinação. Eleva-se parallelamente a si mesmo, apoiando-se no horizonte, e fixa-se quando o seu vertice está no prolongamento da agulha de inclinação.

Á medida que se eleva lança de todas as partes *raios* luminosos, que parecem dirigir-se para um ponto do ceo collocado no prolongamento da agulha de inclinação.

Estes raios e o arco transformam-se, ás vezes, na parte superior, n'uma cupula de fogo, que é a *corôa*, a qual annuncia o fim do phenomeno.

A corôa é movel e formada de varias curvas, que apresentam uma especie de enroscamento da serpente.

As auroras são um meteoro electrico; attribuem-se a descargas lentas de grandissimas quantidades de electricidade, que partem do solo para se neutralisarem com a electricidade da atmosphaera. Se nas nossas regiões não se produz o phenomeno, é provavelmente porque o sol mantém separados os fluidos contrarios do ar e do globo, e porque, ainda que se faça a combinação, a tensão dos fluidos é muito pequena para produzir luz.

IV.—Climatologia

529.—Temperaturas médias do ar livre.—A *temperatura média de um dia* obtem-se tomando a média ás temperaturas observadas em diferentes horas do dia; porém alcança-se um valor bastante aproximado tomando a média ás temperaturas *maxima* e *minima* do dia¹. A *temperatura de um*

¹ Ainda se consegue um resultado mais exacto tomando a média a estas duas temperaturas e ás temperaturas das 9 horas da manhã e das 9 da noite; e é assim que se procede em alguns dos nossos postos meteorologicos.

mez é a média das temperaturas de todos os dias d'esse mez, e a de um anno é a média das médias dos 12 mezes. A *temperatura de um logar* é a média das médias annuaes de muitos annos.

A temperatura média de Lisboa e de Coimbra é de 15° e uma fracção.

Todas as temperaturas mencionadas são do *ar livre* e não do solo. Para determinar com rigor a temperatura do ar livre é indispensavel que os thermometros estejam á sombra, em sitio bem arejado, mas ao abrigo da chuva e da irradiação dos corpos circumvisinhos, do ceu e das nuvens.

530.—*Marcha da temperatura durante o dia e o anno.*—A temperatura é minima, em Lisboa, ás 6 horas da manhã, termo médio, e maxima ás 3 horas da tarde.

Nos nossos climas a temperatura minima durante o anno observa-se no meiado de janeiro, e a maxima em julho ou agosto.

Explica-se esta marcha regular da temperatura durante o dia pela distancia do sol ao horizonte nas diversas horas; durante o anno pela differente posição d'este astro, quando passa pelo meridiano, e pelas mudanças de grandeza dos dias e das noites.

531.—*Causas que influem sobre a temperatura da atmospha.*—As causas que influem sobre a temperatura do ar são principalmente a latitude, a altitude, a direcção dos ventos e a proximidade dos mares.

1.º *Influencia da latitude.*—A obliquidade dos raios influe muito na porção absorvida pelos meios atravessados por elles; por esta razão a temperatura é maxima no equador e decresce até aos polos; e, se não influisse outra circumstancia na temperatura, podiamos dizer, em attenção á figura da terra, ao seu movimento em torno do sol e á ordem regular das estações, que todos os pontos da mesma latitude deviam ter a mesma temperatura.

A grandeza dos dias, nas zonas temperadas e glaciaes,

compensa em parte, no estio, a baixa temperatura que resulta da fraca absorpção dos raios solares. É por isso que a temperatura pouco varia no equador, onde os dias não variam; em quanto que nas regiões septentrionaes, onde os dias são muito deseguaes, varia muito, subindo no estio, às vezes, quasi tanto como no equador.

É mui pequena a variação da temperatura com o augmento de latitude, e não segue uma lei conhecida: depende principalmente da latitude considerada. Nas nossas regiões é preciso caminhar mais de 180 kilometros para o norte para reconhecer o resfriamento de 1° na temperatura média do ar.

2.º *Influencia da altitude.*—A temperatura do ar diminue muito mais rapidamente com a altitude; o que provém principalmente da diminuição de densidade e humidade do ar, e de ser este corpo diathermico, isto é, deixar-se atravessar pelos raios do calor sem os absorver: na parte inferior da atmosphaera o aquecimento é mais intenso, não só pelo augmento da densidade e da humidade, mas ainda pelo contacto com o solo.

Póde-se dizer que nos nossos climas a temperatura do ar diminue de 1° por cada 180^m de differença de altitude. Até um certo limite, não superior a tres kilometros, admite-se que a temperatura diminue proporcionalmente á altitude.

3.º *Influencia da direcção dos ventos.*—A temperatura do vento communica-se necessariamente ás porções da atmosphaera que elle percorre, e como ella depende das regiões atravessadas pelo vento, comprehende-se como influa para cada logar a direcção dos mesmos ventos.

Assim, para nós, os ventos do norte e nordeste fazem baixar a temperatura, porque vem das regiões mais frias; e os do sul e sueste são quentes, pela razão contraria.

4.º *Influencia da proximidade dos mares.*—A proximidade dos mares concorre para elevar a temperatura do ar;

por isso que nas zonas temperadas e ainda mais nas glaciaes a temperatura dos mares é sempre mais elevada do que a da atmosphaera. Além d'isto, nas regiões temperadas, a differença entre a temperatura maxima e a minima de um dia não excede, no mar, 2 ou 3 graus, emquanto que sobre os continentes attinge 12 a 15 graus: por conseguinte, a proximidade dos mares deve ter ainda outra influencia, que é uniformisar mais a temperatura do ar. É o que se reconhece nas ilhas.

532.—Linhas isothermicas, isothericas e isochiménicas.—Denominam-se linhas *isothermicas* aquellas que passam pelos pontos cuja temperatura média é a mesma. Estas linhas seriam parallelas ao equador, se a temperatura de um lugar dependesse unicamente da obliquidade dos raios solares, isto é, da latitude; porém, como aquella temperatura depende de muitas outras circumstancias, são mais ou menos sinuosas.

Para caracterisar um clima, não basta conhecer a temperatura média do lugar, mas importa principalmente comparar o seu valor com o das temperaturas médias do verão e do inverno. Traçando linhas pelos pontos que teem a mesma média estival, e outras pelos que teem a mesma média invernal obteem-se as linhas *isothericas* e *isochiménicas*.

533.—Clima.—Dá-se o nome de *climatologia* á sciencia dos climas. Sob a denominação de *clima* de um lugar comprehende-se o complexo de todos os phenomenos atmosphericos, que influem sobre os seres organisados. Já se vê por tanto, que não é só a temperatura, a feição que determina os climas; é necessario attender tambem á humidade do ar, á quantidade e frequencia das chuvas, ao numero das tempestades, á direcção, intensidade e frequencia dos ventos, á natureza do solo, etc., o que faz com que a determinação de um clima seja estudo bastante complexo.

Como não tem sido possivel ainda submetter a leis conhecidas e simples a influencia, que os differentes pheno-

neros atmosphericos exercem sobre os seres organisados, principalmente sobre os vegetaes, é muito difficil caracterisar bem qualquer clima: não se resolve a questão, posto que se simplifique muito, definindo os climas pelas *temperaturas médias* do ar livre.

534.—Classificação dos climas.—Distinguem-se os climas uns dos outros pela temperatura média e pela differença entre as médias do verão e do inverno.

Em attenção á temperatura média os climas tomam as denominações seguintes:

Clima ardente.....	de 28° a 25°
» quente	» 25 a 20
» suave	» 20 a 15
» temperado	» 15 a 10
» frio.....	» 10 a 5
» muito frio.....	» 5 a 0
» glacial.....	abaixo de 0

Em attenção á differença entre as médias do verão e do inverno, os climas classificam-se em *constantes*, quando aquella differença não excede 6° a 8°; *variaveis*, quando aquella differença chega a 16° ou 20°; *excessivos*, quando a differença é superior a 20°. O clima de Lisboa é variavel, porque aquella differença é de 10°.

Como os climas das ilhas e das costas maritimas são geralmente pouco variaveis, e o contrario acontece aos climas dos continentes, os climas constantes recebem tambem a denominação de *climas insulares* ou *maritimos*, e os variaveis a de climas *continentaes*.

535.—Temperatura do mar.—Consideraremos em separado a temperatura da superficie, nas diversas profundidades, e no fundo.

1.º Como a agua tem um grandissimo calor especifico e está em continua agitação, a temperatura da superficie dos

mares eleva-se menos que a dô solo, e mui lentamente: o resfriamento, pelo mesmo motivo, e porque as camadas resfriadas descem e são substituídas por outras mais quentes, é também menor e muito lento. D'isto resulta uma grande uniformidade na temperatura dos mares, e portanto do ar em contacto com elles: assim se explica a constancia dos *climas maritimos*.

A temperatura da superfície dos mares diminue, em geral, com o augmento de latitude. Assim, entre os tropicos o seu valor maximo é 30° e o minimo 25° a 20°: conserva-se sensivelmente constante até á latitude de 27°. Nos mares polares, ainda mesmo no verão, poucas vezes é superior a 0°. A 50° de latitude o mar gela parcialmente junto das costas; só na latitude de 80° é que se encontram os gelos fixos.

2.º Nas zonas torrida e temperadas a temperatura dos mares diminue com a profundidade, tanto menos quanto maior é a latitude, mantendo-se em grandes profundidades entre 1°,7 e 3°,5. A baixa temperatura das camadas inferiores explica-se pelo effeito das correntes sub-marinhas, ou do fundo, que levam para o equador a agua fria dos mares polares.

N'estes mares tem-se observado um accrescimo de temperatura com a profundidade; porém parece que só no inverno, e que no verão se verifica a lei geral.

3.º Admittiu-se durante muito tempo que no fundo dos mares havia, como no dos lagos, uma camada com a temperatura invariavel de 4°, por causa do maximo de densidade; mas em primeiro logar a temperatura do maximo de densidade da agua do mar é —3°,7, inferior ao seu ponto de congelação; e em segundo logar as ultimas sondagens mostraram que tanto nas regiões tropicaes como nas temperadas, a temperatura média dos dois oceanos, a grandes profundidades, era de 2°,6.

536. — Correntes maritimas. — A desigual repartição do calor

sobre a superficie da terra determina nas aguas, que revestem mais das suas duas terças partes, uma circulação análoga á que a mesma causa produz na atmosphera, e que já estudámos com a denominação de *ventos*. Estes dois effeitos da mesma causa teem, além d'isso, influencia incontestavel um sobre o outro.

No equador, a agua mais quente eleva-se e corre para os polos; a esta corrente corresponde outra inferior, de agua fria, que vae aquecer-se no equador para seguir depois em sentido contrario, na parte superior, etc. Assim se originam as grandes *correntes maritimas*, a mais importante das quaes é a *Gulf Stream* (corrente do golfo) descoberta por Maury. É uma grande corrente de agua, de muitas centenas de leguas de largura e de mais de sete mil de comprimento, que fórma como que um grande rio no meio do mar, do qual differe pela temperatura, pela côr e pelo grau de salgado. A sua temperatura, de 30°, excede 15 a do mar; a sua côr é azul anilado, emquanto que a do mar é verde. A velocidade d'esta corrente é de 8 kilometros por hora. Nasce no golpho do Mexico, dirigindo-se para o norte, e na altura da Terra Nova muda rapidamente para leste biforcando-se; o ramo ascendente caminha para o norte, adoçando o clima da Irlanda e da Norwega; o ramo descendente banha as costas de Inglaterra e segue para o equador, sem se afastar muito das costas de França e de Portugal.

Outra corrente, tambem muito importante mas menos conhecida, sae do golfo de Bengala para atravessar os mares da China, o Oceano Pacifico, entrando afinal no Oceano Glacial pelo estreito de Behring. As aguas quentes d'esta corrente fazem com que uma parte dos mares polares não gele nunca, e permitem sobre certas costas proximas do polo uma vegetação muito florescente, e a vida de numerosas especies de animaes.

O descobrimento das correntes maritimas não só teve a vantagem de explicar a doçura e uniformidade de certos

climas, como a de indicar á navegação derrotas maritimas muito mais curtas que as antigas, prestando-lhe assim um grande serviço.

Não é só a differença de temperatura, e portanto de densidade das aguas quentes dos mares tropicaes e das aguas frias dos mares polares, que determina as correntes maritimas; n'ellas influem tambem a direcção dos ventos, a configuração das costas e os grandes accidentes do fundo. De mais é claro que as correntes só podem formar-se nos mares que, como o Oceano Atlantico e o Pacifico, se estendem de um polo a outro, e nunca n'aquelles que, como o Mediterraneo, são quasi completamente cercados de continentes.

537.—Temperatura dos lagos e das fontes.—A temperatura dos lagos é muito mais variavel que a dos mares; pois que a sua superficie pode gelar no inverno e aquecer-se até 20 ou 25 graus no verão. No fundo, pelo contrario, a temperatura conserva-se a 4°, que é a do maximo de densidade.

A agua da chuva, que se infiltra no solo até maior ou menor profundidade, deve apresentar uma temperatura pouco variada e pouco differente da do terreno com que esteve em contacto durante algum tempo: por conseguinte, quando chega á superficie da terra, constituindo as fontes, a sua temperatura depende da profundidade a que chegou. Se esta profundidade é muito grande, a temperatura da agua excede muitos graus a do ar n'esse lugar, e as fontes denominam-se *thermaes*.

A sua elevada temperatura permite-lhes dissolver muitas substancias mineraes, que encontram no seu trajecto; e por isso se designam tambem pelo nome de *aguas mineraes*.

538.—Oceano.—Dá-se este nome á immensa extensão de agua salgada que cobre a maior parte do globo. Divide-se em cinco grandes bacias: o grande Oceano, ou o Oceano Pacifico; Oceano Atlantico; o Indico; o Glacial Arctico e o Glacial Antartico.

Na opinião de alguns geologos o Oceano primitivamente

cobria toda a superficie; depois, tendo abatido uma parte d'esta superficie, o Oceano desceu, descobrindo os continentes.

Os grandes continentes estão grupados em volta do polo boreal; emquanto que o hemispherio austral é quasi que um Oceano. Parece pois que primitivamente as aguas correram do polo sul para o polo norte.

A profundidade média dos oceanos é de quatro a cinco kilometros: admite-se que a profundidade maxima não excede nove kilometros.

No fundo a pressão será por conseguinte muito consideravel, e por isso se suppoz que cessaria ahi a vida animal; porém as sondagens teem provado o contrario, porque tem trazido á superficie muitos animaes inferiores, notaveis pelas suas fórmãs, pela sua côr e pela sua intensa phosphorescencia.

Nos grandes oceanos, nos espaços comprehendidos entre as correntes maritimas, onde as aguas estão em repouso, os mares em grandissimas extensões apresentam a superficie coberta de uma vegetação abundante e de hervas fluctuantes, em tão grande quantidade que retardam a marcha dos navios. A esses mares dá-se o nome de *mares de Sargassa*. Está hoje demonstrado que as plantas, que os cobrem, nascem e vivem á superficie da agua.

O Oceano fornece pela evaporação, determinada pelo sol, as aguas das chuvas, as quaes, assim purificadas, correm nos rios, e em parte infiltram-se no solo constituindo as fontes.

Entre os diversos phenomenos do Oceano mencionaremos as *marés*, que tambem se observam no Mediterraneo, porém com muito menor amplitude, e as *correntes maritimas*, de que já tratámos.

V.—Previsão do tempo

539.—Observatorios meteorologicos e sua importancia actual.—Cartas synopticas.—Muitos observatorios meteorologicos espalhados pela Europa, incluindo o do Infante D. Luiz estabelecido na Escola Polytechnica, correspondem-se telegraphicamente com o observatorio de Paris, e transmittem-lhe todos os dias as observações das 8 horas da manhã, relativas ao estado do ceo, á pressão atmospherica, á temperatura e á direcção e força do vento.

Todas estas indicações servem para formar uma *carta synoptica*, na qual se representa graphicamente o estado da pressão e dos ventos da Europa: todos os pontos da mesma altura barometrica são ligados por uma curva continua, que ás vezes é uma curva fechada; a força e direcção dos ventos é dada por varios signaes convencionaes. Do estudo da carta synoptica concluem-se as probabilidades do tempo para o dia seguinte, as quaes são transmittidas até á 1 hora da tarde n'um *boletim meteorologico internacional* a todos os portos do mar a que interessam.

O estudo das cartas synopticas fez descobrir ao sr. Marié Davy a origem das tempestades da Europa. Aquelle sabio director do observatorio de Montsouris reconheceu que as tempestades vem das regiões intertropicaes e são quasi sempre *cyclones*, que se propagam até á Europa: muitas observações feitas no mar confirmaram esta opinião e mostraram que era principalmente sobre o Gulf Stream que as tempestades nascem com a fórma de *furacões* e *cyclones*.

Assim, pois, comparando as cartas synopticas de muitos dias successivos e estudando as mudanças continuas das curvas de igual pressão, pode-se descobrir a marcha das depressões barometricas, e prever com alguns dias de an-

tecedencia o estado do tempo nas regiões para onde caminham aquellas depressões.

Este serviço está hoje muito bem organizado. Não só se previnem os portos do mar, mas até os campos, com grandissima vantagem para a agricultura; e faz-se isto pelo telegrapho, que annuncia os temporaes com mais rapidez do que aquella com que elles caminham.

Fica assim demonstrada a importancia actual dos observatorios meteorologicos, que constituem uma vasta rede ligada por fios telegraphicos. Em cada um d'elles é possível seguir simultaneamente sobre uma vasta extensão do globo as grandes correntes atmosphericas e prever com alguns dias de antecedencia, os paizes para onde ellas se dirigem.

540.—*Dos prognosticos.*—Muito tempo antes de se organizar o serviço da *previsão do tempo* já se tratava de concluir por signaes observados na localidade as mudanças provaveis do tempo. Alguns *prognosticos* tiram-se da manifestação de certos animaes, da altitude das folhas, de certas flores, etc.; outros, de mais valor, deduzem-se do aspecto do ceo, da direcção do vento, e principalmente das indicações dos principaes instrumentos meteorologicos.

Os signaes que mais convém consultar são, a direcção do vento e a altura do barometro. Como já dissemos, o estudo dos ventos é a base das previsões fornecidas pelos observatorios.

541.—*Prognosticos tirados do barometro, do thermometro e do hygrometro.*—As indicações do barometro, que fazem conhecer o estado de uma vasta região, são muito mais valiosas que as do thermometro e do hygrometro, apenas dependentes do estado do ar no local da exposição. Comtudo, para estabelecer um prognostico com certas probabilidades de exactidão, é preciso consultar simultaneamente o barometro, o thermometro e o hygrometro: nos nossos climas se o barometro sobe e o thermometro e o hygrometro des-

cem ha probabilidade de bom tempo; se o barometro desce e o thermometro e o hygrometro sobem deve receiar-se a chuva. Isto resulta de que geralmente o barometro está mais alto com os ventos do norte, frios e seccos, porque atravessam os continentes, e mais baixo com os do sul, quentes e muito carregados de humidade, porque atravessam o Oceano.

O barometro só por si é um instrumento que muito convém consultar: as suas indicações são muito provaveis quando sobe ou desce lentamente, durante dois ou tres dias; no primeiro caso indica bom tempo, porque é signal que os ventos do norte, muito seccos, substituem os do sul, mais humidos; no segundo caso annuncia chuva: os movimentos rapidos, tanto de descida como de subida, presagiam mau tempo.

Note-se que um vento humido não produz immediatamente chuva, se encontra uma atmosphaera quente e secca; mas a chuva apparece se aquelle vento presiste. E um vento secco e frio pode dar chuva se penetra n'um região quente e saturada de humidade; porém presistindo esse vento a chuva cessa.

542.—*Prognosticos tirados do estado do ceo.*—A chuva é provavel quando a atmosphaera está muito pura e as estrelas scintillam; porque isso prova a existencia de muita humidade e agitação nas regiões elevadas da atmosphaera. Tambem devemos esperar chuva quando o sol no occaso é vermelho intenso; porque essa côr é devida á absorpção dos outros raios pelos vapores de agua em precipitação na atmosphaera. Pelo contrario, podemos esperar bom tempo no dia seguinte, quando o sol se esconde n'um ceo puro e alaranjado.

Os *cumulus* annunciam quasi sempre bom tempo, porque os seus contornos indicam um ar secco, no qual elles se dissolvem: os *cirrus* annunciam chuva, porque apparecem geralmente com os ventos do sul e sudoeste.

543.—Prognosticos tirados dos movimentos da agulha magnetica.—Hoje parece provado que os movimentos irregulares da agulha magnetica accusam, quasi sempre, e com antecedencia de muitos dias, a passagem de uma borrasca forte no noroeste do Atlantico, ou a chegada de ventos chuvosos.

544.—Advinhação do tempo.—Influencia da lua.—Não concluiremos sem fazer notar que o serviço da previsão do tempo, tão bem organizado como está hoje, nada tem de commum com os prognosticos de longo praso, com a *advinhação do tempo*, podemos assim dizer, e que tanto preocupa os organizadores de *almanachs*, que não assentam em dado algum certo, e que todavia tanto credito merece geralmente do povo.

É principalmente nas phases da lua que se baseiam quasi todas as *previsões do tempo* a longo praso: porém a lua não podia actuar senão pelo aquecimento dos seus raios, aquecimento que é inappreciavel; ou pela attracção exercida sobre a atmospherica, e que origina marés analogas ás que a lua e o sol determinam no Oceano; porém Laplace demonstrou que essas marés apenas produziam sobre a altura barometrica uma variação de $\frac{1}{60}$ do millimetro.

De mais, a influencia lunar, fazendo-se sentir egualmente sobre muitos paizes, devia determinar n'elles o mesmo estado atmospherico, ou mudanças de tempo no mesmo instante, e isso não acontece. Assim, um cyclone, que percorre a sua immensa trajectoria ás vezes em mais de 20 dias, atravessa successivamente regiões que estão submettidas n'uma dada occasião á mesma phase da lua.

Portanto, em conclusão, é só no globo e na sua atmospherica que devemos procurar a causa das mudanças do tempo.

INDICE

INTRODUCCÃO

	PAG.
CAPITULO I.— NOÇÕES PRELIMINARES.— OBJECTO DA PHYSICA . . .	5
CAPITULO II.— PROPRIEDADES DOS CORPOS E DA MATERIA.	
I.— Extensão	13
II.— Impenetrabilidade	15
III.— Divisibilidade	16
IV.— Porosidade	17
V.— Compressibilidade	21
VI.— Elasticidade	22
VII.— Mobilidade	23
VIII.— Inercia	24
CAPITULO III.— NOÇÕES ELEMENTARES DE MECHANICA	
I.— Noções sobre o movimento	27
II.— Noções sobre as forças	30
III.— Noções sobre os machinas	46

PRIMEIRA PARTE

Gravidade. Propriedades dos corpos nos tres estados de aggregação

CAPITULO I.— DA GRAVIDADE	
I.— Attracção universal e attracção molecular	50
II.— Gravidade: noções geraes	53
III.— Centro de gravidade. Equilibrio dos corpos pesados	57
IV.— Balanças	62
V.— Leis da queda dos corpos. Intensidade da gravidade. Pendulo	68

	PAG.
CAPITULO II.—PROPRIEDADES PARTICULARES DOS SOLIDOS	79
CAPITULO III.—DOS LIQUIDOS	
I.—Propriedades geraes dos liquidos.....	84
II.—Equilibrio dos liquidos.....	85
III.—Pressões exercidas pelos liquidos.....	97
IV.—Equilibrio dos corpos mergulhados e fluctuantes nos liquidos.....	102
V.—Determinação da densidade dos solidos e dos li- quidos. Areometros e densímetros.....	108
VI.—Capillaridade. Osmose.....	116
CAPITULO IV.—DOS GAZES	
I.—Propriedades particulares dos gazes.....	120
II.—Pressão atmospherica.— Barometros.....	121
III.—Compressibilidade dos gazes. Manometros.....	137
IV.—Machinas de rarefazer e comprimir os gazes....	142
V.—Pressões supportadas pelos corpos mergulhados no ar.— Aerostatos.....	149
VI.—Esgoto dos fluidos.....	153

SEGUNDA PARTE

Acustica

I.—Noções geraes.....	161
II.—Propagação do som. Intensidade.....	164
III.—Theoria physica da musica.....	172
IV.—Phonographo.....	179

TERCEIRA PARTE

Calor

CAPITULO I.—NOÇÕES PRELIMINARES.—THEORIAS DO CALOR ..	183
CAPITULO II.—MEDIÇÃO DAS TEMPERATURAS. THERMOMETROS..	186
CAPITULO III.—DILATAÇÃO	
I.—Dilatação dos solidos.....	196

	PAG.
II.—Dilatação dos líquidos e dos gases	197
III.—Aplicações e importancia pratica dos coefficients de dilatação ..	199
CAPITULO IV.—MUDANÇA DE ESTADO DOS CORPOS	
I.—Da fusão	202
II.—Da solidificação	205
III.—Da vaporização.....	207
IV.—Fabrico do gelo	223
CAPITULO V.—MACHINAS DE VAPOR.....	228
CAPITULO VI.—PROPAGAÇÃO DO CALOR.	
I.—Conductibilidade dos corpos para o calor.....	234
II.—Irradiação do calor e suas leis: equilibrio movel de temperatura.....	236
III.—Reflexão, emissão e absorpção do calor.....	239

QUARTA PARTE

Luz

CAPITULO I.—NOÇÕES PRELIMINARES.—PROPAGAÇÃO DA LUZ.	
I.—Noções preliminares.....	243
II.—Propagação da luz nos meios homogeneos.....	246
CAPITULO II.—REFLEXÃO DA LUZ.—ESPELHOS.	
I.—Noções geraes sobre a reflexão da luz	253
II.—Espelhos planos.—Luz diffusa.....	255
III.—Espelhos curvos.....	260
CAPITULO III.—REFRACÇÃO DA LUZ.—PRISMAS E LENTES.	
I.—Leis geraes.—Reflexão total	266
II.—Prismas	276
III.—Lentes.....	277
CAPITULO IV.—DISPERSÃO DA LUZ.....	283
CAPITULO V.—INSTRUMENTOS D'OPTICA.	
I.—Microscopios	296
II.—Oculos e telescopios	298
III.—Instrumentos de projecção	301

QUINTA PARTE

Electricidade e magnetismo

	PAG.
CAPITULO I.—ELECTRICIDADE ESTATICA.	
I.—Noções preliminares.—Theorias da electricidade.	304
II.—Origens da electricidade estatica.....	310
III.—Variação e distribuição das acções electricas....	311
IV.—Influencia electrica.—Machinas electricas.....	313
V.—Condensação da electricidade.....	323
VI.—Efeitos da electricidade estatica.....	330
CAPITULO II.—MAGNETISMO.	
I.—Propriedades dos imans.....	334
II.—Magnetismo terrestre.....	338
III.—Processos de magnetisação.....	344
CAPITULO III.—ELECTRICIDADE DYNAMICA.	
I.—Correntes hydro-electricas.—Pilhas.....	347
II.—Efeitos das correntes.—Efeitos physiologicos e calorificos.....	355
III.—Efeitos luminosos.—Luz electrica.....	357
IV.—Efeitos chimicos.....	360
V.—Efeitos magneticos das correntes.....	363
VI.—Efeitos mechanicos.—Principios fundamentaes da electro-dynamica.....	366
VII.—Correntes e pilhas thermo-electricas.....	368
CAPITULO IV.—ELECTRO-MAGNETISMO.	
I.—Acção reciproca das correntes e dos imans.....	372
II.—Solenoides.—Theoria do magnetismo.—Electro- imans.....	373
III.—Câmpainhas electricas.....	377
IV.—Telegraphia electrica.....	378
CAPITULO V.—INDUCÇÃO.	
I.—Phenomenos geraes.....	383
II.—Machinas de indução.....	385
III.—Motores electricos.....	396
IV.—Telephonio e microphonio.....	400

	PAG.
CAPITULO VI.—ILLUMINAÇÃO ELECTRICÁ.	
I.—Geradores	403
II.—Fócos electricos.....	404
III.—Distribuição e canalisação da electricidade	409
IV.—Aplicações.....	410

SEXTA PARTE

Meteorologia e climatologia

I.—Meteoros aereos	412
II.—Meteoros aquosos	420
III.—Meteoros electricos	427
IV.—Climatologia	430
V.—Previsão do tempo.....	439



BIBLIOTECA NACIONAL
ESTADO DE CALHOUN





RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329659025

