

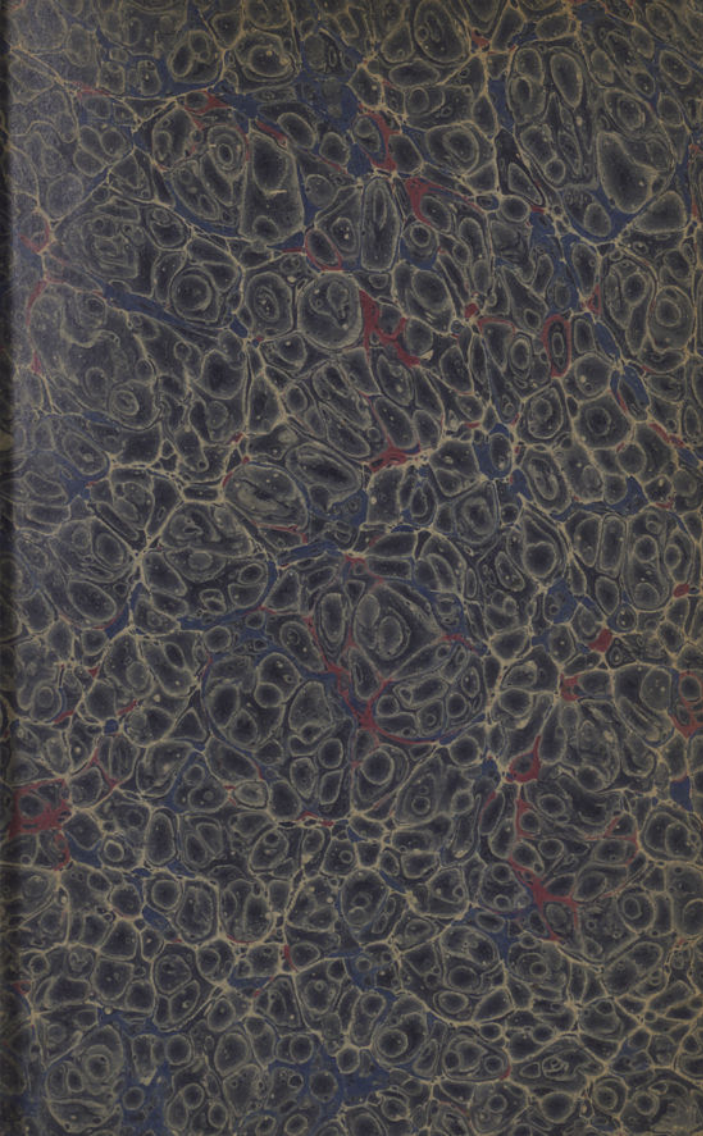


~~Sala A~~

~~Est. 4~~

~~Tab. 6~~

~~N.º 4-2~~





Est. 5 Tab. 2 N.º 25

CURSO  
DE  
PHYSICA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO NACIONAL  
MUSEU NACIONAL DA CIÊNCIA  
E DA TÉCNICA

N.º 1054 = 819



COMPRA

Est. 1880 N.º

GRS0

# PHYSICA

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO NACIONAL  
MUSEU NACIONAL DE CIÊNCIAS  
E DA TÉCNICA

N.º 1024 = 219



COMPRAR

INV. - Nº 859  
CURSO

DE

# PHYSICA

com suas principaes applicações  
á meteorologia, ás artes  
e á medicina,

COORDENADO POR

*João Felix Pereira*

MÉDICO, CIRURGIÃO, ENGENHEIRO CIVIL,  
E AGRONOMO,  
PELAS ESCHOLAS DE LISBOA



CRISTO CIENCIA VIVA  
FOMULO DE CRIVALHO

RC  
MNCI  
53  
CUR  
819

TOMO IV

LISBOA

TYPOGRAPHIA DE JOSÉ DA COSTA NASCIMENTO CRUZ  
69, RUA DO ARCO DA GRAÇA. 73  
(ao hospital de S. José)

—  
1866





## SECÇÃO SEPTIMA

### ELECTRICIDADE

#### CAPITULO I

##### PRELIMINAR

A luz e o calor são agentes, que se achão universalmente diffundidos; temos orgãos, que a cada instante nos fazem conhecer a existencia d'elles: não podiamos, pois, deixar de conhecer estes agentes; é, para assim dizer, desde o berço, que apprendemos a distinguir seos effeitos. Nesta secção, vamos estudar as propriedades d'outro agente natural, desconhecido durante muitos seculos e ainda hoje ignoto ao vulgo, mesmo nos paizes mais adiantados nas artes e nas sciencias. Este agente recebeu o nome de electricidade; é necessario, como a luz e o calor, para a existencia dos corpos organizados; e se o homem levou tanto tempo a distinguir seos effeitos, é porque não possui orgão especial, destinado a apreciar-os. Estes effeitos manifestão-se, é verdade, em certas circumstancias; mas são tão vagos e tão faceis de confundir-se com ou-

tras impressões, que, ao principio, não houve idea de referil-os a uma causa particular. O trovão é, com effeito, como veremos, uma grandiosa manifestação da electricidade; mas, ácerca da causa d'este importantissimo phenomeno, voga-rão as mais disparatadas opiniões. Assim, o trovão foi um attributo da divindade; foi um espirito; foi o resultado do encontro de certas influencias sideraes; foi o effeito do choque reciproco das nuvens; foi a inflamação de certas exhalções terrestres; foi a reacção d'uma mistura de nitro, enxofre, ferro, espiritos acidos, oleos essenciaes, existentes nas regiões superiores da atmosphaera.

Durante muito tempo se admittiu a existencia d'outro agente, chamado magnetismo, que servia para explicar uma classe inteira de phenomenos. Tudo, porém, leva a crer, que o magnetismo não é senão uma modificação particular da electricidade. Quanto mais progride a sciencia, mais se arraiga esta crença.

Os phenomenos, conhecidos de ha mais tempo, concernentes ao agente electrico, são, a attracção, que o alambre, depois de esfregado, exerce sobre os corpos leves, e a que o iman exerce sobre o ferro. Estes phenomenos são uma prova da importancia, que nas sciencias tem os mais insignificantes factos. Aquellas experiencias, porém, que parecião não ser mais do que um divertimento de creanças, excitárão a curiosidade d'alguns espiritos penetrantes; novos phenomenos se descobrirão, leis notaveis sairão

de investigações seguidas com perseverança, a sciencia se locupletou com descobertas numerosas e interessantissimas; e hoje a electricidade e o magnetismo tem maravilhosas applicações, entre as quaes citaremos a telegraphia electrica, applicações, que estudaremos no decurso d'esta secção.

## CAPITULO II

### PHENOMENOS ELECTRICOS EM GERAL

#### § II

#### QUIESCENCIA ELECTRICA. CAUSAS DE EXCITAÇÃO DA ELECTRICIDADE.

#### DIFFERENTES ESPECIES DE PHENOMENOS ELECTRICOS

A electricidade é um agente, capaz de impressionar todos os nossos sentidos e de produzir os mais variados phenomenos por sua influencia sobre todos os corpos, que se achão espalhados na superficie do nosso planeta. Em geral, a sua presença não é perceptivel; e então diz-se, que os corpos se achão no estado de *quiescencia electrica*: mas se este estado se perturba, a presença da electricidade se denuncia, e diz-se, que os corpos, assim excitados, estão electrizados.

As principaes causas conhecidas de excitação electrica são, a fricção e o contacto de substancias heterogeneas, a mudança de temperatura,

a acção vital, os phenomenos atmosphericos, a pressão e ruptura dos corpos, o magnetismo, as acções chymicas. Faraday demonstrou, que a electricidade, excitada por qualquer d'estes modos, é essencialmente a mesma; e que a differença, que resulta dos diversos methodos de obtel-a, consiste principalmente em que, por uns, se obtem pouca electricidade, mas de grande intensidade, emquanto que, por outros, se obtem muita, mas de pouca intensidade.

Todos os phenomenos electricos podem incluir-se nestas cinco especies, phenomenos mechanicos, luminosos, calorificos, chymicos e physiologicos.

## § II

### DESCOBERTA DA ELECTRICIDADE

No sexto seculo antes da era christan, o philosopho Thales de Mileto havia notado, que o succino ou alambre (ambar amarello) gozava da propriedade de, quando esfregado, attrahir os corpos leves. Os gregos davão a esta substancia o nome de *electron*, d'onde se derivou o de electricidade, que depois se deu á causa d'aquelle phenomeno. Plinio, que floresceu no primeiro seculo da era christan, diz, falando do *electron*, que, quando a fricção lhe dá calor e vida, attrahe fragmentos de palha, como o iman attrahe o ferro. Eis a que se reduzem os conhecimentos dos antigos ácerca da electricidade.

No fim do seculo decimo sexto, Gilbert, me-

dico da rainha de Inglaterra, fez ver, que outros corpos possuem a mesma propriedade do alambre; mas ainda por longos annos a sciencia da electricidade permaneceu na infancia: no meado do seculo passado não era mais do que, como se exprime Delarive, um modesto capitulo dos tractados de physica. A garrafa de Leyde acabava, é verdade, de ser descoberta; já se podia entrever a potencia da faísca electrica: mas ainda Franklin não havia estabelecido a identidade entre o raio e a electricidade. Apenas se sabia, que certos corpos se tornão capazes, depois de esfregados, de exercer attracção á roda de si; que ha substancias conductoras e substancias não conductoras da electricidade; que os phenomenos electricos são devidos a dous principios, que se attrahem ou se repellem, segundo são contrarios ou semelhantes; que a combinação dos dous principios oppostos dá logar a faíscas, cuja potencia pode adquirir alto grau de energia por meio de apparatus particulares. Eis a que se reduzia, em 1750, a sciencia da electricidade. Ninguem pensaria então, que a meteorologia viria encontrar na electricidade a causa dos grandes phenomenos da atmosphaera; que o calor tiraria d'ella seos instrumentos mais perfeitos e os meios de evidenciar suas leis mais importantes; que a chymica lhe deveria a descoberta de novos elementos, a formação de novos compostos, seos mais poderosos meios de analyse e synthese e suas theorias mais satisfactorias; que a mineralogia e a geologia acharião na electri-

cidade, em grande parte, a explicação da origem de seos crystaes e de suas camadas; que a physiologia tiraria d'ella conhecimento mais intimo das forças, que regem a materia organica, e o segredo de operar sobre esta materia, quasi como a vida; que a medicina encontraria nella recursos contra doenças, tidas até então por incuraveis; que as artes metallurgicas descobrião nella processos novos, para extrahir, amoldar e applicar os metaes; que, finalmente, a electricidade forneceria á mechanica uma força, que, prompta como o pensamento, independente do tempo e do espaço, permittisse, que a intelligencia saísse de seo envolucro limitado, para se lançar á vontade de seos desejos, com a rapidez do relampago, nas regiões mais longinquas.

Taes são, todavia, as maravilhas, que a electricidade executou em menos d'um seculo; taes são os laços, que a unem hoje, d'um modo indissolúvel, com todas as outras partes das sciencias physicas. Por isso, o seo estudo se tem tornado indispensavel a todos, que cultivão estas sciencias; ao chymico e ao physico, ao geologo e ao physiologista, ao engenheiro e ao medico. Todos encontrão a electricidade no caminho de suas investigações; todos tem, portanto, necessidade de se familiarizarem com ella.

Os progressos successivos da electricidade nos ultimos oitenta annos são verdadeiramente prodigiosos. Ao mesmo tempo que Coulomb proseguiu na indagação das leis, a que a ele-

ctricidade se acha submettida, Galvani perscrutava os mysterios da electricidade animal, e Volta imaginava a construcção da pilha, que, segundo a expressão de Arago, é o instrumento mais maravilhoso, que os homens tem inventado, sem exceptuar o telescopio e a machina de vapor. Pouco depois, enquanto Coulomb procura comprehender os bellos calculos, sobre que Poisson\* funda as theorias da electricidade, Davy, empregando a pilha de Volta, chega a resultados tão magnificos como imprevistos.

O anno de 1820 abriu nova era nos annaes dos conhecimentos humanos. Oersted fundou então o novo ramo das sciencias phisicas, denominado electro-dynamica, o qual comprehende as leis geraes da electricidade em movimento. E ao mesmo tempo que Arago, Ampère, Faraday, fecundão com seu genio creador a nova sciencia, outros sabios dão a conhecer factos d'outra ordem. Seebeck descobre as correntes thermo-electricas; Becquerel e Nobili analysão estas correntes e ao mesmo tempo fundão a electro-chymica; Marianini, Matteucci, Dubois-Reymond, tornão a estudar os trabalhos de Galvani e de Volta sobre a electricidade animal, e dão a esta parte da physiologia tal desenvolvimento, que ameaça invadil-a toda.

Muitos phisicos, Ohm, Pouillet, Fechner, Faraday, Delarive, se tem illustrado por seus trabalhos sobre a theoria da pilha e seus effeitos. É uma successão não interrompida de novas indagações sobre os phenomenos magneticos, chy-

nicos, caloríficos e luminosos, produzidos pelas correntes e pelas descargas electricas, bem como sobre as applicações, de que estas propriedades da electricidade são susceptiveis. Todos os dias, novos nomes vem trazer o seo contingente de descobertas á sciencia da electricidade, e nomes antigos não cessão de lhe ministrarem o seo. Becquerel reapparece a cada instante com os resultados, tão variados como numerosos, por elle obtidos com o seo galvanometro; Faraday descobre as correntes de inducção, o diamagnetismo e outros factos importantissimos.

### § III

#### ELECTRIZAÇÃO POR ATTRITO

Uma vareta de vidro, esfregada com um panno de lan, adquire a propriedade de attrahir os corpos leves, como boccadinhos de papel ou de rama de penna, fragmentos de palha, serradura, poeira: o enxofre, o alambre, o lacre e outras muitas substancias, adquirem a mesma propriedade pela fricção. Este phenomeno de attracção é devido a um agente particular, o qual, como dissemos, se chamou electricidade, d'uma palavra grega, que significa *alambre*, por ser nesta substancia, que a propriedade attractiva foi observada pela primeira vez.

Não é preciso nenhum apparelho particular, para reconhecer a electrização por attrito, quando os corpos se carregão muito de electricida-



de; mas ha precisão de apparatus assaz sensíveis, quando estão fracamente electrizados. Estes apparatus denominão-se *electroscopios*. Neste paragrapho, não falaremos senão do mais simples, que é o chamado *pendulo electrico*, *fig. 13*, que não é mais do que uma pequena esphera de medulla de sabugueiro, suspensa na extremidade d'um fio de seda. Um corpo está electrizado, se attrahe a bolinha de sabugo; não está electrizado ou possui mui pequena quantidade de electricidade, se não a attrahe. Podêmos verificar facilmente, por meio do pendulo electrico, que as attracções electricas dependem da distancia: são tanto menores, quanto mais distantes os corpos electrizados estão dos corpos, que elles attrahem. As attracções electricas são tanto mais fortes, quanto mais rapida é a fricção, e mais extensas são as superficies esfregadas.

#### § IV

#### BONS E MAOS CONDUCTORES DA ELECTRICIDADE

O estado electrico d'um corpo pode ser temporario; isto é, um corpo electrizado pode, depois de decorrido mais ou menos tempo, perder sua electricidade, e tornar ao estado de quiescencia. Diz-se então, que o corpo *se descarregou*. O tempo necessario para isto depende da natureza dos corpos, que estão em contacto com a superficie do corpo electrizado, e da facilidade, com que recebem a electricidade,

que se acha livre neste corpo. Todas as substancias podem apropriar-se a electricidade livre dos corpos, com que estão em contacto. Diz-se neste caso, que os corpos se electrizão *por condução*. Conforme o tempo gasto em se produzir este phenomeno, os corpos se dividem em *bons conductores* e *maos conductores* da electricidade.

Bons conductores são os corpos, que instantaneamente se electrizão em toda a sua extensão, quando a electricidade lhes é communicada em qualquer ponto de sua superficie. Estes corpos perdem com a mesma promptidão a electricidade, que se apropriarão, se uma de suas extremidades se liga á terra por meio d'um bom conductor. A propriedade characteristic dos bons conductores é, pois, *ser nelles a electricidade promptamente excitada, e, depois de excitada, ser livremente propagada*.

Maos conductores são os corpos, que possuem propriedades inversas das dos bons conductores; isto é, conduzem a electricidade livre, mas vagarosamente, quando nelles toca um corpo electrizado; ou, se seo estado de quiescencia electrica se perturba em um ponto, se electrizão neste ponto sómente; e se, estando excitada toda a sua superficie, nelles toca algum bom conductor, que vá communicar-se com a terra, perdem a sua electricidade livre no ponto de contacto sómente. A propriedade characteristic dos maos conductores é, pois, *ser nelles retida por algum tempo a electricidade livre, e ser embaraçado seo movimento*.

Entre os melhores e os peores conductores, está a infinita variedade dos corpos da natureza com todos os graus de conductibilidade.

Até 1727, pensou-se, que só os corpos maos conductores se podião electrizar, e que os outros não possuíam electricidade. D'aqui veio o nome de *idielectricos* (*idios* proprio), dado aos primeiros, e o de *anelectricos* (*alpha privat.*), applicado aos segundos. Naquelle anno, Gray, physico inglez, depois de ter electrizado um tubo de vidro, tapou-o com uma rolha de cortiça e ligou a esta um longo fio de metal: viu então, que este fio gozava da propriedade de atrahir os corpos leves. Ficou, pois, demonstrado, que o metal tinha a propriedade de conduzir a electricidade.

Os principaes corpos bons conductores são, os metaes, o carvão vegetal bem queimado, a graphite, as terras, muitos saes e muitos liquidos. Entre os liquidos, os acidos distinguem-se por sua excellente conductibilidade; seguem-se as soluções aquosas dos acidos e dos saes. Todos os corpos solidos, quando humidos, são bons conductores: neste caso, estão todos os animaes e vegetaes. A chamma, o fumo, o vacuo, são bons conductores.

Entre os maos conductores, devemos contar: o vidro, as pedras preciosas, particularmente o diamante, os metalloides, particularmente o enxofre, os oxydos metallicos, os mineraes combustiveis, a cera, o assucar, a gomma, a lan

secca, os oleos gordos, o ether, as pennas a seda, o gelo, os gazes seccos.

A atmospherá é o mais extenso e o mais importante de todos os corpos maos conductores. Se o ar fosse bom conductor, não presenciaremos os phenomenos electricos.

### § V

#### CIRCUMSTANCIAS, QUE INFLUEM NA CONDUCTIBILIDADE DOS CORPOS

A conductibilidade ou força conductriz dos corpos depende, não só da natureza d'estes, mas tãobem de suas dimensões e temperaturas. Assim, d'entre os metaes, são a prata e o cobre, que tem mais alto grau de conductibilidade; são o chumbo e o mercurio, que o tem mais baixo: d'entre os liquidos, são os acidos nitrico e sulphurico, que o tem mais alto; são a agua e o alcool, que o tem mais baixo.

A conductibilidade de todos os corpos diminue com o seo comprimento e cresce com suas dimensões transversas. A conductibilidade dos metaes decresce, quando a temperatura cresce; a de todos os outros corpos, particularmente de muitos liquidos, cresce, quando a temperatura cresce. Substancias ha, que, dotadas de pequena conductibilidade no estado solido, ganhão grande poder conductor, quando fundidas. H. Davy observou, que o vidro, o lacre, o pez, o ambar, o enxofre, a cera, quando fundidos, adquirem alto grau de conductibilidade.

§ VI

RESERVATORIO COMMUM

Pondo em contacto com um corpo electrizado uma esphera metallica, notámos, que esta esphera enfraquece as propriedades electricas do corpo, tanto mais, quanto maior é o volume d'ella; de maneira que, se o volume da esphera é incomparavelmente maior que o do corpo electrizado, a virtude electrica d'este se torna insensivel. Ora a terra é composta de substancias conductrizes; logo, se está em communição, por uma serie de corpos conductores, com um corpo electrizado, acontece, como se este ultimo estivesse em contacto com um reservatorio de infinita capacidade, e toda a sua virtude electrica deve desvanecer-se. E' por esta razão, que á terra se dá o nome de *reservatorio commum*.

§ VII

CORPOS ISOLADORES

Podêmos interromper a communição d'um corpo electrizado com o reservatorio commum, pondo entre elles um ou mais corpos maos conductores, aos quaes, por isto, se dá tãobem o nome de *isoladores*. Dispostos d'este modo, todos os corpos electrizados sustentão durante certo tempo suas virtudes electricas; perdem lentamente sua electricidade, porque o ar é

mao conductor; mas quanto mais vapor de água contêm, mais conductor se faz. Por este motivo, é quasi impossivel obter signaes permanentes de electricidade nos dias muito quentes de verão; emquanto que as experieneias sobre electricidade correm muito bem nos dias frios de inverno.

Eis ahi, porque os metaes parecião incapazes de se electrizarem pelo atrito, antes da experiencia de Gray. Tendo-os na mão, sem ser por intermedio de algum corpo isolador, a electricidade, nelles desenvolvida, corre, através do nosso corpo, immediatamente para o reservatorio commum. Se, porém, lhes pegarmos com um cabo de vidro ou de qualquer outra substancia isoladora, obteremos, esfregando-os, manifestos signaes de electricidade.

*Banco electrico.* O *banco electrico* é uma pequena mesa com pés de vidro. Uma pessoa, collocada sobre este aparelho e tocando com a mão no conductor d'uma machina carregada de electricidade, electrizar-se-á instantaneamente; sentirá na cara uma impressão, como se lhe applicassem uma teia de aranha; os corpos leves se precipitarão sobre ella; o cabello se lhe arripiará; e de seo corpo se poderão tirar brilhantes faiscas. Este estado cessa, logoque a pessoa desce do banco e se põe em communicção com o solo. Então, a electricidade da machina atravessa o corpo, e se diffunde pela massa do globo.

§ VIII

COMMUNICAÇÃO DA ELECTRICIDADE

Um corpo, electrizado por qualquer meio, pode transmittir uma parte de sua electricidade a outro corpo, que se aproxime mais ou menos de sua superficie. Se considerâmos dous corpos maos conductores, a electricidade não pode transmittir-se senão por meio do contacto immediato; a electricidade, que passa, é sómente a que se acha no poncto de contacto; só neste poncto fica electrizado o corpo, que o não estava. Se os dous corpos são bons conductores, a comunicação da electricidade d'um para o outro pode ter logar pelo contacto ou em distancia; e nestes dous casos o corpo electrizado perde electricidade em todos os ponctos de sua superficie, do mesmo modo que o outro a recebe em todos os seus ponctos. No caso d'um corpo bom conductor e d'um corpo mau conductor, o primeiro toma ou perde electricidade em todos os seus ponctos, entretanto que o outro não a toma ou não a perde senão no poncto de contacto. Finalmente, no caso de corpos dotados de conductibilidade intermedia, tomão ou perdem a electricidade em uma extensão tanto maior, quanto melhores conductores são.

Quando a electricidade atravessa o ar, para ir d'um para outro corpo, a passagem annuncia-se ordinariamente por um ruido secco e por uma viva luz, que se chama *faisca electrica*.

Esta faisca é tanto mais forte, quanto mais consideravel é a carga electrica do corpo electrizado, mais perfeita a conductibilidade dos dous corpos e mais extensa a sua superficie.

## § IX

### DUAS ESPECIES DE ELECTRICIDADE

Os corpos electrizados operão sempre por attracção sobre os corpos no estado natural, isto é, sobre os corpos não electrizados; mas operão, ora por attracção, ora pela repulsão, sobre os corpos, que já possuem electricidade.

Demonstra-se esta propriedade por meio do pendulo electrico. A bolinha de sabugo é primeiramente attrahida por um corpo electrizado, e, depois de ter tocado nelle, é vivamente repellida. A repulsão não pode provir senão da electricidade, que a bolinha tomou do corpo; continúa, enquanto ella a conserva; mas logo que a restituimos a seo estado natural, tocando-lhe com um corpo conductor, outra vez se dirige para o corpo electrizado, rouba-lhe nova quantidade de electricidade e é novamente repellida. Vemos, assim, que dous corpos se repellem, quando um foi electrizado pelo outro, e, por consequencia, quando possuem a mesma electricidade. A repulsão não tem logar, se a pequena esphera de sabugo não está isolada, ou se o ar está muito humido, porque a electrici-



dade, que toma ao corpo, passa rapidamente para o solo ou para a atmosphaera.

Se aproximâmos successivamente differentes corpos electrizados, vemos, que é attrahida por uns e repellida por outros. Por ex., se a pequena esphera tomou electricidade d'uma vareta de vidro, esfregada com um panno de lan, é repellida por esta vareta e attrahida por um pao de resina, esfregado com uma pelle do gato; e se tomou electricidade d'um pao de resina, esfregado com pelle de gato, é repellida por este pao de resina e attrahida pela vareta esfregada com o panno de lan.

A diversidade de acções, que os corpos electrizados exercem sobre um mesmo corpo já electrizado, induz a admittir differentes especies de electricidade. O vidro, esfregado com um panno de lan, deve, por ex., possuir uma electricidade differente da que possui a resina esfregada com uma pelle de gato. Estas duas especies de electricidade devem, pois, ter nomes differentes. Dá-se o nome de *electricidade positiva* ou *resinosa* á que se desenvolve no vidro esfregado com um panno de lan, e o de *electricidade negativa* ou *vitrea* á que se desenvolve na resina esfregada com uma pelle de gato. Os outros corpos não podem adquirir pelo attrito senão uma d'estas electricidades; adquirem a electricidade positiva, se repellem o pendulo electrizado pelo vidro, ou se attrahem o pendulo electrizado pela resina; adquirem electricidade negativa, se repellem o pendulo ele-

ctrizado pela resina, ou se attrahem o pendulo electrizado pelo vidro. Ha, pois, duas especies de electricidade.

Das experiencias precedentes se deduz, que dous corpos se repellem ou se attrahem segundo contêm electricidade da mesma especie ou de especies differentes.

### § X

#### DESENVOLVIMENTO SIMULTANEO DAS DUAS ESPECIES DE ELECTRICIDADE

Os estofos de lan e todas as substancias, de que se usa, para desenvolver a electricidade nos corpos maos conductores, adquirem, como o corpo friccionado, uma das duas especies de electricidade: tomão electricidade positiva, se o corpo toma electricidade negativa, e reciprocamente, de sorte que é impossivel desenvolver uma d'ellas no corpo esfregado, sem desenvolver ao mesmo tempo a outra no corpo esfregante. A electrizaçãõ do corpo esfregante se reconhece por meio do pendulo, como a do corpo esfregado; mas é necessario isolal-o, se é bom conductor.

A electricidade, que se desenvolve em um corpo, depende da natureza d'elle e do corpo esfregante. O vidro, por ex., friccionado com lan ou com seda, adquire electricidade contraria á que lhe communica uma pelle de gato ou uma pelle de lontra. A resina pode tãobem to-

mar electricidade d'uma ou d'outra especie, segundo a natureza da substancia; com que se esfrega. Este resultado, que se applica egualmente a todos os corpos, mostra a necessidade de precisar a natureza do corpo friccioneante na denominação das duas especies de electricidade. Assim, diremos, que a electricidade vitrea é a que se desenvolve no vidro, que é friccioneado com panno de lan, e a resinosa é a que se desenvolve na resina, que é friccioneada com pelle de gato, lan ou seda.

Tãobem podêmos desenvolver electricidade pela fricção de dous corpos da mesma natureza; e neste caso a especie de electricidade, que um dos corpos adquire, depende de sua côr, do grau de polimento, do sentido da fricção e d'outras circumstancias, que muitas vezes é difficiloso reconhecer. O vidro polido, por ex., electriza-se positivamente, quando é esfregado com um vidro despolido; uma fita de seda preta electriza-se negativamente, quando é esfregada com uma fita branca; e de duas fitas da mesma peça, esfregadas em cruz, a que se conserva immovel, adquire electricidade positiva. A especie de electricidade, que os corpos tomão, depende tãobem de sua temperatura; tornão-se mais positivos pelo frio e mais negativos pelo calor.

Faz-se muitas vezes, nos cursos de *physica*, uma experiencia curiosa, fundada no desenvolvimento das duas especies de electricidade. Duas pessoas se collocão sobre bancos electricos, e uma bate na outra com uma pelle de gato bem

secca. Ambas ficão electrizadas, a primeira com electricidade positiva, a segunda com electricidade negativa. Se a atmosphaera está bem secca, se os pés dos bancos são de substancia bem isolante, e se as fricções são assaz numerosas, as duas pessoas se electrizão, a ponto de fornecerem faiscas, ao aproximar-se d'ellas um corpo conductor.

### § XI

#### HYPOTHESES PARA EXPLICAR OS PHENOMENOS ELECTRICOS

Por tres hypotheses se tem querido explicar os phenomenos electricos, a de Dufay e de Symmer, a de OËpinus e de Franklin e a de Pelletier.

*Hypothese de Dufay e de Symmer.* Estes dous physicos admittião, que todos os phenomenos electricos procedião da acção de dous fluidos espalhados por todo o universo. Estes dous fluidos são extremamente raros, imponderaveis e dotados do mais alto grau de expansibilidade. Em virtude d'esta ultima propriedade, as particulas de cada um d'elles se repellem mutuamente, e nisto são perfeitamente eguaes os dous fluidos; mas as particulas d'um d'elles attrahem as do outro, e se combinão, quando nenhum obstaculo se oppõe. A um d'estes fluidos derão o nome de *electricidade resinosa*, ao outro o de *electricidade vitrea*. São duas *electricidades antagonistas*; e a esta opposição se chama *polariza-*

*dade.* Se os dous fluidos são em egual quantidade, combinão-se: neste caso nenhuma acção electrica se manifesta, o corpo fica no estado de quiescencia. A esta combinação dos dous fluidos dá-se o nome de *fluido neutro*, ou *electricidade natural*.

Um corpo pode apresentar-se electrico de dous lados oppostos, apresentando-se d'um lado electricidade vitrea, d'outro resinosa. Este estado electrico se manifesta, se uma porção de sua electricidade neutra se decompõe, accumulando-se a electricidade vitrea em uma extremidade e a resinosa na outra. Se a causa, que perturbou o estado de quiescencia, deixa de obrar, os fluidos se recombinação, e o corpo torna ao estado de quiescencia. Finalmente, nesta hypothese, todos os phenomenos electricos são devidos á tendencia, que tem os fluidos antagonistas, para se combinarem em quantidades eguaes, e á propriedade, que tem as particulas de cada um d'elles, de se repellirem mutuamente.

*Hypothese de Æpinus e de Franklin.* Estes dous physicos admittião um só fluido, cujas particulas se repellem mutuamente, são attrahidas pelas substancias ponderaveis, e, quando combinadas com ellas, deixão de se repellir. Todos os corpos terrestres contêm este fluido, mas sua capacidade para elle varia: quando qualquer corpo contêm a quantidade de fluido, correspondente á sua capacidade, nenhum phenomeno electrico se manifesta, e o corpo se acha em estado de indifferença electrica; o que se exprime por

este symbolo  $\pm E$  ou  $O.E.$  Se, porém, o fluido é em excesso ou em defeito, esta quiescencia se perturba e o corpo se electrizza.

Quando o fluido é em excesso, diz-se, que o corpo se electrizza positivamente; quando é em defeito, diz-se, que se electrizza negativamente. Estes dous estados electricos se symbolizão assim,  $+E$  e  $-E$ . Um corpo pode, pois, electrizar-se, augmentando ou diminuindo a sua electricidade; ou accumulando-se o fluido em direcção tal, que haja excesso numa parte e defeito noutra. Os corpos positivamente electrizados tendem a largar aos outros corpos o excesso de sua electricidade; os que estão negativamente electrizados, tendem a roubar aos outros o fluido, que lhes falta.

As denominações de *positiva e negativa*, nesta hypothese, correspondem ás de *vitrea e resinosa* na hypothese antecedente.

*Hypothese de Pelletier.* Este physico rejeitou as duas hypotheses precedentes, e admittiu, que a causa dos phenomenos electricos era, como a da luz e do calor, uma modificação do fluido universal, que enche o espaço. Para Pelletier, os nomes, positivo e negativo, não tem nenhum dos sentidos, que lhes attribuem as hypotheses, que os creárão: servem para indicar os differentes graus d'um mesmo estado, a partir d'um poncto dado de equilibrio, privado de manifestação electrica. Elle considerou o estado resinoso, como o phenomeno electrico real,

não sendo o estado vitreo senão a sua ausencia ou diminuição.

## § XII

### DISPOSIÇÃO DA ELECTRICIDADE SOBRE OS BONS CONDUCTORES

Poderíamos pensar, que a electricidade se reparte por todos os pontos dos corpos bons conductores, do mesmo modo que os gases nos espaços vãos; mas não é assim: a electricidade não se dispõe senão á superficie dos corpos, formando uma camada mais delgada do que todas as que podemos apreciar. Podemos demonstrar esta disposição, por meio das seguintes experiencias.

1.<sup>a</sup> *experiencia*. Cobrimos um globo isolado, *fig. 2*, com dous hemispherios de folha de ouro, os quaes podemos pôr e tirar á vontade, por meio de dous cabos de vidro. O globo, depois de coberto, electrizámo-lo; e derepente afastámos os dous hemispherios: o globo, assim despojado de seo envolvero, tãobem fica completamente despojado de sua electricidade.

2.<sup>a</sup> *exp.* Electrizámos uma esfera oca, de latão, isolada e munida d'uma pequena abertura; depois introduzimos por esta abertura uma pequena esfera de metal, fixada na extremidade d'uma vareta de vidro, e pomol-a em contacto com a superficie interior da esfera. Em seguida tirámo-la rapidamente, de modo que lhe não toquem os bordos do orificio. Reconhecemos, então,

por meio do pêndulo, que a pequena esfera de metal não possui nenhum vestigio de electricidade, entretanto que adquire uma carga bastante forte d'este fluido, quando a pomos em contacto com a superficie exterior.

3.<sup>a</sup> *exp.* Electriza-mos duas esferas metallicas, A e B, de igual raio, pondo-as em contacto com uma machina electrica; depois fazemos-las communicar entre si para lhes dar exactamente a mesma carga, e logo as separamos. Em seguida, tocamos em uma d'ellas com uma esfera metallica massiça e na outra com uma esfera de resina, coberta com folha de ouro, tão delgada, quanto seja possivel. Depois do contacto achamos, que as duas esferas A e B actuão com a mesma força sobre um mesmo pendulo, e, por consequencia, conservarão a mesma quantidade de electricidade, com tanto que a esfera de resina tenha raio igual ao da esfera metallica, e o contacto tenha tido logar no mesmo instante. D'aqui se segue, que a esfera de resina, coberta com folha de ouro, adquiriu tanta electricidade, como a esfera metallica massiça. Ora, como a esfera não pode conter electricidade senão na folha de ouro, que a cobre, a espessura da camada de electricidade, que a esfera de metal, massiça, contém, não pode ser maior que a espessura da folha.

Devemos admittir, como consequencia das experiencias precedentes, que a electricidade não reside nunca nas camadas centraes dos corpos bons conductores, e que se dirige sempre para



a superficie, formando aqui uma camada extremamente delgada. As moleculas d'esta camada tendem constantemente a sair do corpo, em virtude de sua força repulsiva: é unicamente a pressão do ar, que as mantem á superficie.

*Experiencia.* Podêmos demonstrar experimentalmente este principio por meio do *globo electrico, fig. 3*. Este aparelho consta d'um balão de vidro, munido d'um pé metallico e atravessado por uma aste de cobre com um gancho. Fazemos o vacuo no balão, depois fechámos a torneira e aproximámos a esphera exterior do conductor d'uma machina electrica. A electricidade sae então da esphera interior e se precipita sobre o pé do globo, enchendo o aparelho de viva luz. O fluxo de electricidade se produziria ainda, se do balão não tirassemos senão uma parte do ar; mas seria necessario, empregar uma machina tanto mais forte, quanto maior quantidade de ar ficasse. Esta experiencia deve ser feita em uma casa escura.

A pressão do fluido electrico sobre o ar, e, por conseguinte, sua força ou sua tensão, é a mesma em cada um dos ponctos d'uma esphera electrizada, attenta a symmetria d'este corpo á roda de cada um dos seus diametros. Mas já não é assim, nos corpos de fôrma diferente: por exemplo, a pressão é muito mais forte nos vertices mais alongados do que nos vertices mais arredondados d'um ellipsoide; no vertice d'um cone é tão grande, que a pressão do ar

não basta para equilibrá-la. Adiante falaremos do *poder das pontas*.

### § XIII

#### PERDA DA ELECTRICIDADE

Os corpos electrizados perdem a pouco e pouco sua electricidade, e, depois de certo tempo, não possuem nenhum vestigio d'ella. Esta perda pode attribuir-se a tres causas, que vem a ser: transmissão ao solo através da camada de humidade, que reveste os apoios; transmissão ao solo através da mesma substancia dos apoios; transmissão ao ar por causa da conductibilidade maior ou menor d'este fluido.

A perda, devida á primeira causa, observa-se principalmente no vidro, na seda e em outros corpos, que absorvem com a maior facilidade o vapor de agua da atmospherá. Podêmos evital-a quasi de todo, cobrindo os apoios com uma camada de sebo ou de resina laca.

A perda, devida á segunda causa, varia com a natureza dos apoios; o vidro isola menos do que a seda, e a seda menos do que a resina laca. Qualquer que seja o apoio empregado, sempre podêmos dar-lhe comprimento sufficiente, para isolar perfeitamente. Como a resistencia, que elle offerece ao fluxo da electricidade, cresce com seo comprimento, e a repulsão, que as moléculas electricas do corpo isolado exercem sobre as moléculas transmittidas ao apoio, de-

crece com a profundidade, a que a transmissão tem logar, concebe-se, que ha sempre um comprimento, para o qual a resistencia se equilibra com a repulsão, e para o qual o isolamento é completo. O comprimento minimo, que um apoio deve ter, para isolar completamente um corpo, depende da carga electrica do corpo; é tanto maior, quanto mais forte é esta carga.

A perda, devida ao ar atmosphérico, provém principalmente do vapor aquoso contido nelle; porquanto cresce com seo estado hygrometrico. Todavia, o ar secco tãobem rouba alguma electricidade. Quando a atmosphaera está muito humida, os corpos perdem sua electricidade, á medida que a recebem, e então é impossivel, fazer experiencias sobre electricidade. Conseguise, comtudo, diminuir um pouco a perda, aquecendo bem o ar; porque seo estado hygrometrico se torna um pouco menor.

#### § XIV

##### ELECTRICIDADE ESTÁTICA E ELECTRICIDADE DINAMICA

O estudo da electricidade pode dividir-se em duas grandes secções; uma, comprehendendo os phenomenos, que apresenta a *electricidade estatica* ou em repouso; outra, abrangendo os phenomenos, que apresenta a *electricidade dinamica* ou em movimento. No estado estatico, a electricidade tem por causa principal a fricção; accu-

mula-se então á superficie dos corpos, e se mantem aqui em equilibrio num estado de *tensão*, que se manifesta por attracções e por faiscas. No estado dynamico, a electricidade é devida, principalmente, a acções chymicas, e atravessa os corpos debaixo da forma de *corrente*, com velocidade comparavel á da luz. Distingue-se, então, da electricidade estatica, particularmente, por phenomenos chymicos e por suas relações com o magnetismo.

## § XV

### TENSÃO E CORRENTE ELECTRICAS

Os estados, em que o fluido electrico livre exerce o seu poder, são, o estado d'equilibrio, chamado *tensão electrica*, e o estado de movimento, chamado *corrente electrica*. E' o que acima chamámos electricidade estatica e electricidade dynamicas.

*Tensão electrica.* Tensão electrica é a tendencia das electricidades livres, positiva e negativa, para se combinarem entre si, readquirindo d'este modo seu estado de quiescencia. O effeito fundamental, produzido por esta tendencia, é, attrahir todos aquelles corpos, que, perdendo sua propria electricidade, podem contribuir para restabelecer o estado de equilibrio. Assim, os corpos electrizados attrahem todos os outros não electrizados, e tendem a saturar-se de sua electricidade opposta. Se o corpo attrahido não

possue a quantidade de fluido, necessaria para saturar o corpo attrahente, a electricidade livre, que sobra, lhe é transmittida, de maneira que ambos os corpos apresentam egual tensão, e o corpo, que era attrahido, é repellido. Por analogas razões, um corpo electrizado attrahe todos os corpos dissimilhanemente electrizados. Se dous corpos contêm quantidades eguaes de electricidade dissimilhanes, saturão-se mutuamente, logoque o contacto se estabelece, e adquirem o estado de indifferença electrica. Se as quantidades dos fluidos antagonistas são deseguaes, os corpos continuão a estar electrizados depois do contacto, contendo a electricidade do corpo, que, antes do contacto, encerrava maior quantidade. Todos os corpos, similhanemente electrizados, se repellirão, porque as particulas dos fluidos electricos similhanes exercem entre si uma força repulsiva.

Do exame d'estes phenomenos se deduziu a seguinte lei da polaridade electrica: *Electricidades similhanes* (+E e +E, —E e —E) *repellem-se*; *electricidades dissimilhanes* (+E e —E) *attrahem-se*; e se as quantidades das electricidades similhanes são exactamente eguaes, *neutralizão-se*, isto é, *produzem o estado de indifferença electrica* (O.E). Esta lei da polaridade electrica tem grande analogia com a da polaridade magnetica.

*Corrente electrica.* O estado de tensão transforma-se em corrente, se ao corpo electrizado se offerece occasião para se combinar com sua

electricidade antagonista. Esta condição se preenche, estabelecendo immediato contacto entre este corpo e outro dissimilhanamente electrizado, ou fazendo communicar os dous corpos por meio d'um conductor, ou fazendo communicar um d'elles com a terra. Por qualquer d'estas fórmas, os fluidos dissimilhanes correm um para outro e mutuamente se neutralizão na passagem, que lhes offerece o conductor intermedio. Se ao fluido se apresentão duas passagens, escolherá aquella, onde encontrar menos resistencia; e, se os conductores forem dotados do mesmo grau de conductibilidade, escolherá o mais curto.

O tempo, que dura uma corrente de electricidade, depende da força retardatriz do conductor e da quantidade de fluido, que tem de se descarregar: se esta é pequena, e se a causa, que produziu o estado de tensão, é temporaria, a duração da corrente é inapreciavel em um bom conductor, e a corrente diz-se *momentanea* ou *instantanea*: se, pelo contrario, a causa, que desenvolveu a tensão, continúa a obrar por algum tempo, a corrente dura, enquanto se gera electricidade livre, e neste caso diz-se *permanente*. E' a electricidade friccional, que geralmente produz as correntes momentaneas; é a electricidade, excitada pelo contacto, pelo calor e pelo magnetismo, que produz as correntes permanentes.

Os efeitos, devidos ás correntes electricas, são differentes. Uma corrente momentanea, em alto grau de tensão electrica, faz-se geralmente

conhecer por intensos phenomenos luminosos, pela ruptura, combustão, incandescencia e fusão dos corpos, por violentas convulsões de nervos. Tãobem ostenta influencia chymica e magnetica, postoque fraca. Uma corrente electrica permanente, pelo contrario, distingue-se pela sua poderosa influencia chymica, pela intensa e permanente excitação de calor, e por suas propriedades magneticas. A corrente electrica permanente ostenta influencia luminosa menos intensa, e obra levemente sobre o systema nervoso.

A explicação, acima dada, funda-se na theoria dos dous fluidos. Segundo a hypothese de Franklin, é só a electricidade positiva, ou o excesso de fluido, que se põe em movimento, indo este excesso para o corpo negativo, isto é, para o corpo, que tem menos electricidade do que a quantidade normal.

### § XVI

#### ATMOSPHERA ELECTRICA. INDUCÇÃO.

Os corpos electrizados tãobem decompõem, em seos elementos, positivo e negativo, a electricidade neutra dos corpos não electrizados, quando estes se aproximão d'aquelles. A distancia, a que o corpo electrizado estende sua influencia, é a sua *atmosfera electrica*. Esta excitação electrica varia, conforme o corpo excitante se acha em estado de tensão ou emite uma corrente de electricidade. No primeiro caso, os corpos, introduzidos na esphera de sua influencia, tãobem



bem se põem no estado de tensão; no segundo, sua electricidade se descarrega em corrente. Os corpos não electrizados, postos, assim, em estado de actividade electrica, recuperão sua primitiva quiescencia, logo que se retirão da atmosphera do corpo excitante. A electricidade, assim excitada, chama-se *induzida*, e o processo denomina-se electrização por *inducção* ou por *influencia*.

### CAPITULO III

#### MACHINAS ELECTRICAS E ELECTROSCOPIOS

##### § I

#### DESCRIPÇÃO GERAL DAS MACHINAS ELECTRICAS

As peças principaes d'uma machina electrica são, corpo mão conductor, almofadas e collector.

*Corpo mão conductor.* Esta peça, que é ordinariamente de vidro, é destinada a produzir fricção. Por meio d'uma manivella, communicase-lhe movimento rotatorio continuo á roda d'um eixo horizontal fixo.

*Almofadas.* Esta peça, feita de substancia branca e elastica e de fraco podêr conductor, é destinada a ser esfregada pela peça de vidro. Emquanto gyra, a fricção perturba a quiescencia electrica das almofadas, electrizando-se uma positiva, outra negativamente.

*Collector.* Esta peça, tãobem chamada *conductor*, consta de dous cylindros ocos, de metal,



de grande força conductriz, arredondados nas extremidades. Estes cylindros estão situados sobre columnas de vidro, que os isolão: um d'elles recolhe a electricidade positiva, o outro a negativa.

*Machina de cylindro.* Nesta machina, o corpo mau conductor é um cylindro de vidro, ou co, collocado em posição horizontal. A almofada, posta por baixo, cobre a sexta parte, pouco mais ou menos, da superficie do cylindro, contra o qual está apertada por meio d'uma mola de aço. Para que a electricidade livre, que se accumula no cylindro durante a fricção, se não disperse pelo ar, uma pouca de seda se applica á parte superior da almofada e se estende até ao collector, ao qual conduz a electricidade, que ella tira do vidro. Para que a electricidade livre se accumule na almofada, deve esta pôr-se isolada sobre columnas de vidro.

O collector, destinado a receber a electricidade do cylindro de vidro, chama-se *collector positivo*. Sua fôrma, como dissemos, é ordinariamente cylindrica, e sua posição é geralmente horizontal, formando angulos rectos com o eixo do cylindro de vidro. Para que o collector possa receber a electricidade de toda a superficie do vidro sujeito á fricção, uma de suas extremidades corresponde exactamente ao meio do cylindro de vidro, e sustenta um cylindro metallico mais pequeno, situado ao longo d'este, e guarnecido de dentes ou pontas, cujas extremidades toçao, quasi, no cylindro de vidro.

O collector da almofada, se o ha, chama-se *collector negativo*: é, geralmente, uma esphera ouca, de metal, ligada á almofada por um fio de metal.

A *fig. 3* representa uma machina electrica, munida de todas as peças, que acabámos de descrever: *VV* é o cylindro de vidro, *A* a almofada, *S* um pedaço de seda,  $+C$  o collector positivo,  $-C$  o collector negativo, *P* as columnas ou pilares isoladores.

*Machina de disco ou de prato.* Nesta machina, a peça de vidro é um grande disco ou prato, que gyra entre dous pilares verticaes. As almofadas, sobre que ambas as faces do disco se esfregão, estão fixadas entre os dous pilares. D'uma das extremidades do collector se desta-cão dous braços, em cujas extremidades estão pequenos cylindros dentados, que se aproximão das faces do disco. Se se quer dar a esta machina um collector negativo, põe-se na parte superior dos pilares uma esphera oca, de metal, que se faz communicar com as almofadas.

A *fig. 4* representa uma machina electrica de disco: *VV* é o disco de vidro, *AA* as almofadas, *SS* pedaços de seda,  $+C$  o collector positivo,  $-C$  o collector negativo.

As machinas de cylindro, de igual superficie exposta ao attrito, occupão menos campo do que as de disco: os cylindros são mais baratos do que os discos, estão menos expostos a fracturar-se, e o machinismo todo é de mais simples construcção. Por estas razões, em Ingla-

terra e Allemanha, usa-se mais das machinas de cylindro: em França, porém, são de uso mais geral as de disco: estas são mais efficazes.

Usa-se das machinas electricas, todas as vezes que se tem precisão de grandes quantidades de electricidade. D'entre os seus effeitos mais notaveis citaremos a *faisca electrica*, a qual se produz, quando aproximâmos do conductor um corpo em communicação com o solo. É pelo comprimento e grossura da linha luminosa, que julgâmos da potencia e bom estado da machina.

## § II

### CUIDADOS RELATIVOS ÀS TRES PEÇAS PRINCIPAES DAS MACHINAS ELECTRICAS

*Peça de vidro.* É da peça de vidro, que depende principalmente a efficaçia da machina. A experiencia directa tem mostrado, que o melhor vidro, para excitar a electricidade, é o que for mais branco, mais transparente, mais duro, mais livre de bolhas e contiver maior quantidade de silica. Tãobem se tem averiguado, que não deve ser demasiadamente espesso, para que o fluido se excite depressa. A boa qualidade do vidro torna muitas vezes as machinas de notavel efficaçia.

*Almofada.* Da natureza e construcção da almofada depende tãobem a prompta excitação da electricidade. Faz-se de linho, que se appli-

ca sobre lan, e enche-se de crina ou de limalha metallica. O grau e a uniformidade da pressão, que se devem exercer sobre a superficie do vidro, dependem da almofada, em cuja parte posterior está uma mola de aço, para garantir esta pressão. O fluido neutro do vidro decompõe-se mais rapidamente a favor d'um amalgama de estanho e zinco, misturado com alguma substancia unctuosa. Este amalgama pulveriza-se muito bem e espalha-se sobre a almofada, a qual depois se cobre com seda.

*Collector.* O tamanho dos collectores deve estar em proporção com a quantidade de electricidade, que elles tem de receber. Os melhores são feitos de laminas de cobre. A fórma cylindrica é a mais conveniente, pelo menos, para o collector positivo, que é o mais usado. Para que a electricidade se não derrame na atmosphera, o collector não deve ter arestas nem pontas. As pontas ou dentes, de que estão guarnecidos os pequenos cylindros annexos aos collectores, servem para tirar mais facilmente a electricidade do vidro, e transmittil-a ao collector.

### § III

#### INVENÇÃO E MODIFICAÇÕES DA MACHINA ELECTRICA

*Invenção da machina electrica.* Otto de Guericke, inventor da machina pneumatica, o foi tãobem da machina electrica. Esta machina consistava d'um globo de enxofre, a que se com-

municava movimento de rotação bastante rápido, e sobre o qual se apoiavam as mãos para produzir a fricção. Pelo meado do seculo passado, Winkler substituiu ás mãos uma almofada de coiro; e, em 1766, Ramsden substituiu ao globo de enxofre um disco de vidro.

*Machina de Ramsden.* Esta machina é, com mui pequenas modificações, a que acima descrevemos com o nome de machina de disco. Ramsden fez communicar a almofada com o solo, perdendo-se assim o fluido negativo, de modo que esta machina tem sómente collector positivo.

*Machina de Van Marum e de Cuthbertson.* Esta machina é ainda uma modificação da machina de disco, acima descripta. Suas peças estão combinadas de maneira que se pode obter a electricidade positiva sómente ou sómente a negativa ou ambas ao mesmo tempo.

*Machina de Nairne.* Esta machina é a que acima descrevemos com o nome de machina de cylindro. Por ella se podem obter as duas electricidades; e, quando só d'uma se tem precisão, faz-se communicar com o solo o conductor, para onde a outra se dirige, a fim de augmentar a decomposição, produzida pela fricção.

*Conductores secundarios.* A quantidade total de electricidade, que os conductores recebem, depende, sendo todas as outras circumstancias eguaes, da extensão de sua superficie. Quando queremos accumular muita electricidade, pomol-os em communicação com outros conductores,

que se suspendem por cordões de seda, e que se chamão *conductores secundarios*. A experiencia provou, que cylindros estreitos e muito compridos recolhem mais electricidade, sendo as superficies eguaes, do que os cylindros mais grossos.

As machinas mais fortes, que existem, são as de prato. Algumas ha, que produzem efeitos extraordinarios. Citaremos a do museo Teyler, em Harlem, que foi construida em 1785 por Cuthberston. Esta machina é no systema de Van Marum e tem dous pratos parallelos de 1<sup>m</sup>,62 de diametro, que exigem quatro homens, para pol-os em movimento: dá faiscas da grossura d'um cano de penna, e do comprimento de 65 centimetros, produzindo uma verdadeira detonação. Na distancia de mais de 12 metros, o pendulo electrico se desvia. Esta machina fornece outros resultados intensos, de que faremos menção, quando falarmos dos efeitos da descarga electrica. Citaremos ainda a machina maior que existe, que é a do Instituto Polytechnico de Londres: seo prato tem 2<sup>m</sup>,27 de diametro, e é posta em movimento por uma machina de vapor.

#### § IV

#### MACHINA HYDRO-ELECTRICA

Em 1840, um operario do caminho de ferro de Newcastle a Carlisle viu sair d'um jacto de vapor da locomotiva um poncto brilhante, quan-

do por acaso aproximou a mão d'aquelle fluido. Armstrong pretendeu saber a causa d'este curioso phenomeno, e as suas investigações juntamente com as de Faraday levárão a construir uma nova machina, que se denominou *machina hydro-electrica*.

Esta machina consta d'uma caldeira de vapor, *a*, *fig. 5*, d'uma caixa refrigerante *b*, de tres tubos *c*, e d'um conductor *d*. A caldeira é de foco interior, e *f* é a porta do foco, *g* a chaminé: está isolada sobre quatro columnas de vidro, *v*: *s* é uma valvula de segurança; *r*, uma torneira para dar saída ao vapor. Quando se abre esta torneira, o vapor passa primeiramente para o tubo *t*, e d'alli se distribue pelos tres tubos, que atravessão em linha recta a caixa refrigerante.

A caixa refrigerante *b* contém agua na temperatura ordinaria, cujo nivel não toca nos tubos de vapor; mas umas torcidas de algodão, postas sobre estes tubos e mergulhadas pelas duas extremidades na agua da caixa, se molhão por capillaridade, e assim resfrião em certo grau os tubos e o vapor, a que dão passagem. Os vapores, que se produzem na caixa, se encaminhão para a chaminé pelo tubo *g*'.

Os tubos *c* terminão por tubos additionaes de fôrma particular, representados em maior escala á esquerda do desenho. O interior d'estes tubos additionaes é de madeira rija e tortuoso, como a flecha indica; o que augmenta a fricção.

Algumas gottas de agua, que são produzidas

pelo resfriamento, são levadas pelo vapor; e é o attrito d'estas gottas contra a madeira rija, que desenvolve a electricidade, como demonstrou a analyse, que Faraday fez d'estes phenomenos. Assim, as gottas de agua formão o corpo esfregante, as paredes do tubo addicional o corpo esfregado, e o vapor não é mais do que o agente ou o motor, que determina uma fricção rapida. O conductor *d* recebe a electricidade do vapor; está isolado, e é da esphera *k*, que tirámos a faisca.

O que, principalmente, distingue as machinas hydro-electricas das machinas ordinarias, é a grande quantidade de electricidade de alta tensão, que ellas produzem. A certos respeito, estas machinas parecem reunir as vantagens das machinas ordinarias de tensão forte e as dos apparatus voltaicos, de que havemos de falar, e cujos effeitos dependem, principalmente, da quantidade de electricidade desenvolvida em cada instante. As circumstancias atmosphericas não as influenceião no mesmo grau que as machinas ordinarias: pelo contrario, o calor, que emana do foco e da caldeira, torna mais isolantes os apoios de vidro.

Ao lado d'estas vantagens, as machinas hydro-electricas tem o inconveniente de não podêrem servir para os usos quotidianos; porque exigem, para dar effeitos seguros e energicos, preparações e cuidados particulares.

Para levar o vapor à pressão requerida de 5 a 6 atmospheras, é forçoso, entreter o aqueci-



mento durante muitas horas: é necessario tirar todas as impurezas do interior do aparelho, fazendo previamente aquecer nelle uma solução de potassa, que se deixa escapar através dos tubos: os tubos addicionaes deteriorão-se rapidamente.

§ V

EXPERIENCIAS FEITAS COM A MACHINA ELECTRICA

**Apparelho para a saraiva.** Colloquem-se sobre um disco de metal, que communique com o solo, pequenas espheras de sabugo ou de cortiça, *fig. 6*; cubra-se tudo com uma campanula de vidro, cuja parte superior seja aberta e muni-da d'uma caixa de coiro, através da qual passa uma aste, que tem na extremidade inferior um disco de metal, semelhante ao primeiro, do qual dista de 10 a 20 contímetros. Façamos commu-nicar a aste e por consequencia o disco supe-rior com o conductor d'uma machina electrica em actividade. A electricidade positiva attrahe as pequenas espheras de sabugo, que, pondo-se em contacto com a face inferior do disco, con-stantemente positivo, se descarregão da electri-cidade negativa, que tinhão adquirido por in-fluencia, e tomão a positiva por communicação; o que faz, que immediatamente repellidas tor-nem a cair sobre o disco inferior, que, commu-nicando com o solo, lhes rouba a electricidade

positiva. Voltando ao estado natural, sua electricidade é outra vez decomposta, são attrahidas e repellidas ainda: executão, assim, por todo o tempo que a electricidade da machina chega ao disco superior, estes movimentos alternativos, encontrando-se de mil maneiras. Esta experiencia, que não parece ser mais do que um objecto de curiosidade, deve a celebridade, de que tem gozado, a ser a origem d'uma theoria da saraiva, imaginada por Volta, a qual theoria será exposta noutro logar.

**Theatro electrico.** As espheras de sabugo podem ser substituidas por pequenas figuras humanas, feitas da mesma substancia ou de cortiça. Basta neste caso pôr dous discos, um dos quaes communique com o conductor da machina e o outro com o solo, parallelamente um ao outro, na distancia de 20 centimetros pouco mais ou menos, mas que pode ser maior ou menor conforme a força da machina. O movimento opera-se entre estes dous discos.

**Carrilhão electrico.** Um apparelho, que tem alguma importancia, por servir em muitos paizes para accusar a presença d'uma nuvem electrizada é o *carrilhão electrico*, *fig. 7*. Uma pequena esphera metallica, fixada na extremidade d'uma cordão de seda, cuja outra extremidade está presa a um apoio horizontal, que faz parte do apparelho, se suspende entre uma campainha, que communique com o solo, e outra semelhante, que se põe em communicação, por seu apoio, com o conductor da machina

electrica. A pequena esphera oscilla entre as duas campainhas, como a esphera de sabugo entre os dous discos, e, por seos choques repetidos, faz ouvir uma serie de sons musicaes. O mesmo apparelho tem ás vezes muitas espheras de metal, semelhantes á precedente e similhantemente suspensas, assim como o numero de campainhas necessario, para que os movimentos de vai-vem possam operar-se. Dispõe-se tudo de maneira que haja alternativamente uma campainha e uma esphera de metal, e uma das duas campainhas, entre as quaes cada esphera se acha, communique com o solo, e a outra com um apoio isolado, que lhe transmitta a electricidade.

## § VI

### ELECTROSCOPIOS

A tensão electrica tem muitas vezes tão pouca energia, que sua existencia não é accusada por nenhum dos effeitos já mencionados. Em taes casos devemos lançar mão dos instrumentos, chamados *electroscopios* e *electrometros*. Os primeiros indicão, se um corpo se acha em estado de tensão electrica, e se a electricidade, que elle possui, é positiva ou negativa; os segundos medem a intensidade da tensão. A parte mais essencial d'uns e d'outros é um corpo bom conductor, que promptamente se move, quando é attrahido ou repellido.

Podêmos dividir estes instrumentos nas se-

guintes classes: 1.<sup>a</sup> Electros copios, em que um unico bom conductor, movel, leve e isolado, é primeiramente attrahido, depois repellido: 2.<sup>a</sup> Electros copios, em que dous corpos bons conductores se repellem, depois de se terem impregnado da electricidade do corpo, que se examina: 3.<sup>a</sup> Electros copios, em que sómente um dos conductores se move, quando é attrahido ou repellido pelo outro, que é fixo: 4.<sup>a</sup> Electros copios, em que um conductor movel e isolado se colloca entre um corpo electrizado positivamente e outro electrizado negativamente, de modo que, quando adquire a electricidade do corpo, que se examina, é attrahido pelo que tem electricidade contraria.

Em todos estes instrumentos, que tem de funcionar como electrometros, deve haver uma escala, que indique o grau de tensão electrica.

**Electros copios da 1.<sup>a</sup> classe.** Os electros copios d'esta classe mais usados são, o *pendulo electrico* e a *agulha electrica* de Haüy.

*Pendulo electrico.* Este electros copio consta, como já dissemos, d'uma pequena esphera de medulla de sabugueiro, suspensa na extremidade d'um fio de seda. E' um instrumento muito simples, mas pouco sensivel.

*Agulha electrica de Haüy.* Este electros copio, *fig. 8*, consta d'uma agulha apoiada no poncto *a*. A parte *b* da agulha é de vidro, e termina em uma pequena esphera de medulla de sabugueiro: a parte *c* serve para estabelecer o equilibrio e pode ser de cobre. Este electros copio é muito mais sensivel do que o antecedente.

**Electroscopios da 2.<sup>a</sup> classe.** Os electroscopios d'esta classe, os quaes podem também funcçãoar como electrometros, são o de Cavallo, o de Volta e o de Bennet.

*Electrometro de Cavallo.* Este instrumento, *fig. 9*, consta de duas espheras de cortiça ou de sabugo, ligadas a fios metallicos muito finos, que estão presos a um conductor, que lhes traz a electricidade.

*Electrometro de Volta.* Os fios do electrometro precedente são, neste, substituidos por fios de palha. No mais o electrometro de Volta não differe do de Cavallo.

*Electrometro de Bennet.* Este electrometro, *fig. 10*, differe dos dous antecedentes, em serem os pendulos feitos de tiras muito estreitas e delgadas de folha de ouro.

Para preservar das agitações do ar os pendulos de todos estes electrometros, encerrão-se em cylindros de vidro. Para medir o grau de repulsão, que tem logar entre os pendulos, ha uma escala graduada como se vê na *fig. 11*.

O electrometro de Cavallo é, dos tres acima descriptos, o menos sensivel; é o de Bennet é tão delicado, que denuncia graus muito baixos de tensão electrica.

**Electroscopios da 3.<sup>a</sup> classe.** Pertencem a esta classe o electrometro de Henley e o de Coulomb, também chamado balança de torção.

*Electrometro de Henley ou electrometro de mostrador.* Este instrumento, *fig. 12*, serve para

medir a força repulsiva das tensões electricas poderosas; pelo que se usa d'elle, collocado sobre o conductor das machinas electricas. Consta d'uma aste vertical, de cobre ou de madeira, tendo d'um lado um mostrador graduado, de cujo centro pendem um fio e uma esphera de cortiça ou de sabugo. Quanto maior é a tensão, que se transmite ao longo do conductor, maior é o arco do mostrador, que a esphera descreve.

*Electrometro de Coulomb.* A balança de torsão, inventada por Coulomb, é um excellente electrometro. Para adaptar este aparelho, que já descrevemos, á medição das attracções e repulsões electricas, suspende-se na extremidade inferior do fio uma agulha horizontal de resina laca, em cujo extremo se fixa uma pequena esphera de sabugo; e se dispõem as cousas de maneira, que quando o circulo superior, que pelo seo movimento torce o fio, marca zero, a ponta da agulha, terminada pela esphera de sabugo, se dirige sobre o zero da escala horizontal da caixa. Na face superior da caixa da balança, e por cima do zero da escala, ha uma abertura, pela qual se introduz outra esphera de sabugo, que, suspensa por um cabo isolante, vem pôr-se em contacto com a primeira.

Se então, por qualquer meio, electrizarmos as espheras, a repulsão manifestar-se-á, e a esphera movel se afastará da fixa, até que a força de torsão, que o seo desvio produzir no fio, se equilibre com a força repulsiva; e a força de torsão, neste caso, será dada pelo grau da

escala da caixa, a que corresponder a agulha; visto serem as forças de torsão proporcionaes aos angulos da mesma.

Voltemos então o micrometro, torcendo o fio, para obrigarmos a esphera movel a retroceder até uma distancia da esphera fixa, egual a metade da primeira, e leamos sobre o micrometro, quanto se torceu o fio: junctando a esta torsão a distancia angular das duas espheras, teremos o valor da torsão, que neste caso se equilibra com a repulsão, e por conseguinte o valor da força repulsiva. Comparando por este meio as distancias e as forças repulsivas, que lhes correspondem, poderemos investigar a lei, segundo a qual estas forças varião com a distancia, como veremos no capitulo seguinte.

**Electroscopio da 4.<sup>a</sup> classe.** Esta classe comprehende sómente o electroscopio de Bohnenberger. Este instrumento, *fig. 13*, aperfeiçoado por Becquerel, consta d'uma pequena pilha secca *ab* de quinhentos a oitocentos pares: os fios, que se curvão, para ficarem por cima da pilha, terminão em duas laminas, *p* e *m*, parallelas e oppostas uma á outra. Uma d'estas laminas electriza-se positiva, a outra negativamente: por entre ellas passa uma folha de ouro muito fina, *dq*, que se prende ao conductor, *cd*, de fio de cobre. Suspendendo exactamente a folha de ouro entre as duas laminas, ella é egualmente attrahida por ambas, e conserva-se, por consequencia, no estado de repouso. A campanula tem na parte superior

uma abertura, por onde passa o fio de cobre *cd*; o qual, a fim de ficar isolado, é encerrado em um tubo de vidro. O fio de cobre está em comunicação com uma esphera ou com uma lamina, a que se transmite a electricidade, que queremos examinar, a qual é conduzida pelo fio de cobre até a folha de ouro. Esta immediatamente se dirige para a lamina, cuja electricidade é opposta á sua.

Este electroscopio é um dos mais sensiveis.

### CAPITULO III

#### AVALIAÇÃO DAS FORÇAS ELECTRICAS

##### § I

#### 1.<sup>a</sup> LEI DAS ATTRACÇÕES E REPULSÕES ELECTRICAS

O estudo da electricidade, qual foi feito por Coulomb, e coroado pelos trabalhos theoricos e analyticos de Poisson, nos apresenta um exemplo dos mais completos do methodo, que se deve applicar ao estudo da physica. Nos trabalhos de Coulomb e de Poisson acharemos um systema de observações e experiencias, sempre ordenado, sempre conducente ao fim proposto: veremos nas experiencias a maior delicadeza e exacção de processos, a mais clara e lucida discussão na interpretação de cada uma d'ellas. Por esta maneira acharemos demonstradas as



leis das attracções e repulsões electricas, as que determinão a distribuição da electricidade em um corpo ou em um systema de corpos conductores. Finalmente, o genio de Poisson, partindo d'estes dados experimentaes, como em outro tempo Newton partira das leis observadas por Kepler, nos apresentou uma theoria tão simples e tão clara dos phenomenos electricos, que todos são consequencias necessarias d'um pequeno numero de propriedades invariaveis.

Coulomb principiou por buscar a lei, segundo a qual as forças, attractiva e repulsiva, da electricidade, varião com a distancia, e empregou para este estudo a balança de torsão. Tirou d'este apparelho a esphera de sabugo, que, como dissemos, se introduz pela abertura praticada na parte superior, e a electrizou, pon-do-a em contacto com uma machina electrica; e tornou a mettel-a no apparelho. Ao principio, a esphera movel foi attrahida; mas depois de electrizada pelo contacto, foi repellida; e depois d'algumas oscillações, parou na distancia de 36° da esphera fixa. Chamando 1 esta distancia, temos

distancia das espheras... 1      força repulsiva... 36

Coulomb voltou então o micrometro, até que a distancia das espheras foi 18°, e achou, que o micrometro tinha andado 126°, os quaes, junctos a 18°, distancia entre as espheras, dão para valor da torsão

$$126^\circ + 18^\circ = 144^\circ;$$

logo teremos

dist. entre as esferas... $\frac{1}{2}$       força repulsiva...144

Coulomb reduziu ainda a distancia a 9, e para isto voltou o micrometro  $567^{\circ}$ , que, junctos aos 9, distancia das esferas, dão, para valor da torsão, 576: logo teremos

dist. entre as esferas... $\frac{1}{4}$       força repulsiva...576

Reunindo estas tres observações, temos

distancias entre si como.....	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
forças repulsivas correspondentes..	36	144	576
como os numeros.....	1	4	16

D'estas experiencias, repetidas sobre ambos os principios electricos, concluiremos com Coulomb, que *as repulsões electricas varião na razão inversa do quadrado das distancias.*

Determinada a lei, segundo a qual as repulsões electricas varião com a distancia, Coulomb tractou de achar a lei, segundo a qual, com as mesmas distancias varião as attracções. Para este fim, fazendo gyrar o micrometro, collocou a esphera movel da agulha na distancia angular  $a$  da esphera fixa, e electrizou as duas esferas com principios oppostos. Em virtude da attracção, a esphera movel fixou-se, depois d'algumas oscillações, na distancia  $a'$  da esphera fixa: então o angulo  $a - a'$ , sendo a medida de torsão

que se equilibra com a força attractiva, será o valor d'esta força na distancia  $a—a'$ : fazendo, por meio do micrometro, variar a distancia entre as espheras, até que seja dupla, quadrupla, etc., Coulomb achou, que as torsões correspondentes, isto é, as forças attractivas, que estas torsões representam, se tornavão,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{16}$ , etc., da força attractiva primitiva.

D'estas experiencias se conclue, como nas repulsões, que *as attracções são na razão inversa dos quadrados das distancias*.

Devemos advertir, que, para que a observação da lei das attracções electricas possa fazer-se da maneira indicada, é indispensavel, que a carga electrica das espheras seja muito fraca; alias, crescendo a attracção mui rapidamente com a diminuição da distancia, a resistencia da torsão, que cresce menos acceleradamente, se tornaria inferior á força attractiva, e desde então as espheras se precipitarião uma sobre outra, e a experiencia não poderia ter logar.

Este simples raciocinio faz ver esta verdade; mas o calculo seguinte a demonstra com todo o rigor.

Chamemos  $F$  a força attractiva das espheras na distancia  $l$ , força, que pode ter quaesquer valores, cada vez maiores, augmentando-se a carga das espheras: como as attracções electricas são reciprocas aos quadrados das distancias, a força attractiva das espheras, na distancia  $a$ , será

que se equilibra com força attractiva  $\frac{F}{a^2}$

Chamemos  $d$  a distancia entre as esferas, antes de electrizadas, distancia determinada pelo zero de torsão, na posição, que demos inicialmente ao micrometro superior. O angulo de torsão do fio, quando as esferas se acharem na distancia  $a$ , será,  $d - a$ : e por conseguinte, como as forças de torsão varião na razão directa dos angulos da mesma, a força de torsão, neste caso, será

$$m(d - a)$$

sendo  $m$  um coefferente constante, dependente do comprimento e grossura do fio da balança, e do comprimento da agulha. Para que haja equilibrio, é necessario, que a força de torsão do fio na distancia  $a$  seja egual à attracção electrica das esferas na mesma distancia; condição, que nos dá a equação

$$\frac{F}{a^2} = m(d - a)$$

ou  $F = m(d - a) a^2 \dots (1)$

Ora  $F$  pode tomar todos e quaesquer valores, variando a carga das esferas: para que o equilibrio possa sempre ter lugar, é necessario, que o segundo membro possa tãobem tomar quaesquer valores, e como este membro en-

cerca a única variável  $a$ , é preciso, que, crescendo  $a$ , cresça também este segundo membro. Mas, se neste segundo membro fizermos

$$a = 0 \text{ e } a = d$$

em ambos os casos o reduziremos a zero: logo, este segundo membro tem um máximo, e, por consequência, além de certa carga eléctrica, que produza um  $F$  igual a este máximo, o equilíbrio não é possível, e a experiência não pode fazer-se.

Para achar este máximo, diferenciaremos a equação, em cujo segundo membro só  $a$  é variável, e teremos

$$dF = 2m da - 3ma^2 da$$

ou 
$$\frac{dF}{da} = 2m d - 3ma^2;$$

egualando a zero, e dividindo pelo factor common  $ma$ , temos

$$0 = 2d - 3a$$

d'onde 
$$a = \frac{2}{3} d$$

Logo, o máximo valor de  $F$ , que a experiência admite, é

$$F = m(d - \frac{2}{3}d) \cdot \frac{4}{9}d^2 = \frac{4}{27}m d^3 \dots (2)$$

Na practica, a fim de evitar, que as esphe-

ras, no acto de as electrizarmos, se precipitem uma sobre outra, o que forçosamente teria logar, logoque a força attractiva excedesse o limite indicado na expressão (2), pega-se com cera, ás faces superior e inferior da caixa, um fio de retroz, que, ficando situado verticalmente entre a agulha e a esphera fixa, impede a reunião das espheras, e permite voltar o micrometro, até que  $d$  seja assaz consideravel, para que a torção possa equilibrar-se com a attracção.

## § II

### VERIFICAÇÃO

Admittamos a precedente lei, segundo a qual a força, com que as duas espheras se attrahem e se repellem, é na razão inversa do quadrado das distancias. Represente  $F$  a intensidade d'esta força na unidade de distancia: será  $\frac{F}{D^2}$  na distancia  $D$ , e se exercerá segundo a corda  $ab$ , *fig. 14*, que une as duas espheras.

Esta força  $\frac{F}{D^2}$ , actuando em uma direcção obliqua a  $cb$ , deve ser decomposta em outras duas forças, uma perpendicular a  $cb$  e outra na direcção  $cb$ . Esta ultima é destruida pela resistencia do poncto  $c$ : podêmos desprezal-a.

A primeira, a unica, que faz equilibrio á força de torsão, é igual a

$$\frac{F}{D^2} \cos \frac{1}{2} C \text{ ou } \frac{F}{D^2} \cos \frac{1}{2} C;$$

e designando por  $C$  o angulo  $acb$ , teremos

$$\frac{F}{D^2} \cos \frac{1}{2} C$$

para a força empregada em repellir as duas espheras. Tirando a perpendicular  $ch$  do centro  $c$  sobre a corda  $ab$  e designando por  $r$  o raio  $cb$ , teremos

$$D = 2r \operatorname{sen} \frac{1}{2} C,$$

e substituindo  $D$  por este valor, a expressão da força de torsão será

$$\frac{F \cos \frac{1}{2} C}{4 r^2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} C}$$

Seja  $B$  o numero total de graus de torsão do fio no caso de equilibrio: a força de torsão é proporcional a este arco e pode ser representada por  $mB$ ; sendo  $m$  um coefferente, que é particular ao fio empregado, ou a força correspondente a um grau de torsão, ha egualdade entre estas duas forças, visto que supponho o equilibrio estabelecido: teremos pois

$$\frac{F \cos \frac{1}{2} C}{4 r^2 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} C} = m B;$$

d'onde  $\frac{F}{4 r^2 m} = B \frac{\text{sen}^2 \frac{1}{2} C}{\text{cos} \frac{1}{2} C} = B \text{sen} \frac{1}{2} C \text{tg} \frac{1}{2} C$

Ora, o primeiro membro d'esta equação  $\frac{F}{4 r^2 m}$  é

todo formado de quantidades numericas: logo, o segundo membro deve ser constante em todas as experiencias, se é verdadeira a lei, em que se funda todo este calculo. Com effeito, a seguinte tabella mostra, que esta expressão conserva sensivelmente o mesmo valor.

	C	B	$B \text{sen} \frac{1}{2} C \text{tg} \frac{1}{2} C$
1. <sup>a</sup> experiencia	36	36	3,614
2. <sup>a</sup> »	48	144	3,568
3. <sup>a</sup> »	9	576	3,557

### § III

#### 2.<sup>a</sup> LEI DAS ATTRACÇÕES E REPULSÕES ELECTRICAS

As attracções e repulsões electricas não varião somente com a distancia; varião tãoobem com a carga electrica dos corpos, isto é, com a quantidade de electricidade livre, nelles existente. Para achar a lei d'esta variação, Coulomb procedeu da maneira seguinte. Electrizou, do modo acima indicado, as duas espheras, fixa e movel, da balança, e notou a torsão, a que a repulsão fazia equilibrio. Para reduzir agora a metade a carga da esphera fixa, Coulomb refle-



ctiu, que, se se tocar nesta esphera com outra esphera conductriz, isolada, em tudo igual á primeira, a simples razão de symmetria basta para fazer ver, que a carga electrica se dividirá igualmente por ambas: e assim retirando a segunda, a carga da primeira ficará reduzida a metade do que antes era. Tocando, pois, na esphera fixa da balança com uma esphera igual, e retirando a esphera tocante, Coulomb reduziu a metade a carga da esphera fixa; em consequencia do que as espheras se aproximárão. Destorcendo o fio com o micrometro superior, Coulomb chamou a esphera movel á mesma distancia inicial, e achou, que a torsão, que neste caso se equilibrava com a repulsão, era metade da torsão primitiva. Reduzindo a carga successivamente a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , etc., e praticando sempre do modo indicado, achou, que as torsões se tornão  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , etc.

Procedendo do mesmo modo para as attracções que para as repulsões, Coulomb achou, que a cargas, entre si como 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , etc., correspondião forças attractivas como 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ , etc.; e ficou portanto demonstrado, que as *attracções e repulsões electricas são proporcionaes ás cargas electricas, existentes nos corpos.*

§ IV

OBJECÇÕES Á GENERALIDADE DAS LEIS  
DE COULOMB

A generalidade das duas leis, achadas por Coulomb, foi contestada por Harris, physico inglez. Este sabio fez numerosas experiencias com um apparelho, semelhante á balança de torsão, mas em que a agulha movel está suspensa por dous fios de seda parallellos, muito proximos um do outro e em egual distancia do centro de gravidade da agulha. Tanto que a agulha movel é repellida de sua posição de equilibrio, os dous fios não podem conservar sua posição vertical e se inclinão em sentido opposto mais ou menos, conforme a intensidade da força, que repelle a agulha; de que resulta, que esta se eleva. A nova posição, que a agulha toma, é, pois, aquella, em que ha equilibrio entre a força electrica e a força, com que a gravidade tende a reconduzila á sua posição normal, força, que é facil calcular. A gravidade substitue, no apparelho de Harris, a força de torsão da balança de Coulomb.

Harris se serviu tãobem d'uma simples balança muito sensivel, em que, por meio de pesos lançados em um dos pratos, fazia equilibrio ás attracções electricas, que actuão sobre um disco fixado no outro prato.

É com estes apparelhos e variando muito suas experiencias, que Harris achou, que a lei da razão inversa do quadrado das distancias não

se mantem exactamente senão quando as espheras estão carregadas de egual quantidade de electricidade, quando esta quantidade não é demasiadamente fraca e quando a distancia angular, que as separa, é superior a  $90.^{\circ}$  Fóra d'estes casos a força é inversa da simples distancia entre certos limites. As mesmas causas modificão egualmente a segunda lei, que estabelece a relação, que existe entre as quantidades de electricidade e as forças repulsivas ou attractivas.

Estas excepções ás leis de Coulomb são mais apparentes do que reaes; procedem da influencia, que os dous corpos electrizados exercem entre si, influencia, que tende a decompor o fluido neutro, mas que deixa de ser apreciavel, quando os dous corpos estão bastante afastados: as leis de Coulomb não são rigorosamente applicaveis senão a pontos mathematicos, e por consequencia não podem verificar-se senão em corpos de muito pequenas dimensões.

É o que confirmão as experiencias de Marié Davy, que, havendo repetido as de Harris, reconheceu, que a lei das distancias se verifica muito proximamente em duas espheras eguaes, distantes mais de 9 ou 10 vezes o seo raio.

## § V

### PLANO DE PROVA

Para estudar experimentalmente a lei da distribuição da electricidade livre na superficie

dos corpos de qualquer figura, Coulomb usou d'um pequeno circulo de folha de ouro, preso com resina laca à extremidade d'um tubo de vidro; instrumento, a que chamou *plano de prova*, *fig. 15*. Se applicâmos o pequeno circulo a um ponto do corpo, que queremos explorar, podêmos suppor, que se confunde com o elemento correspondente da superficie, e que, retirando-o, traz a electricidade, que estava neste elemento.

Com effeito, a experiencia mostra, que a electricidade, tirada por um disco de folha de ouro, pode representar a que se achava no lugar, em que o disco foi applicado. Communica-se certa carga de electricidade a um corpo isolado *A*; e depois de ter applicado o plano de prova a um ponto da superficie, põe-se no lugar da esphera fixa da balança de torsão. O disco movel, a que se tem previamente communicado o principio electrico da mesma natureza que o do plano de prova, afasta-se e para em uma posição de equilibrio. A força de torsão, correspondente a esta posição, faz conhecer a força repulsiva, e, por conseguinte, a energia electrica, que se deseja medir. Toca-se depois o corpo *A* com outro corpo *A'*, semelhante ao primeiro e no estado natural, a fim de tirar d'este primeiro metade de sua electricidade. O corpo conductor *A'* pode ser concavo ou cheio, da mesma natureza que *A* ou de natureza differente; uma vez que tenha a mesma fórma e o mesmo volume, os resultados são identicos. Effeituado o contacto e

apartado o corpo  $A'$ , torna-se a levar o plano de prova à balança de torção, para recommençar a experiencia; e acha-se então, que a energia electrica é metade menor que no primeiro caso.

O plano de prova pode, pois, considerar-se como um elemento destacado do corpo, e as relações das tensões electricas, por elle indicadas na balança, quando se tiver successivamente collocado em differentes pontos da superficie d'um corpo electrizado, farão conhecer as relações das espessuras da camada electrica nestes mesmos pontos.

## § VI

### MODO DE USAR DO PLANO DE PROVA

Como a electricidade, accumulada na superficie dos corpos, com o tempo se diffunde na atmosphera em maior ou menor copia, parece indispensavel, corrigir os resultados obtidos em differentes tempos com o plano de prova, quando se comparão entre si as quantidades do fluido desenvolvidas na superficie do mesmo corpo. Dispensâmos, porém, esta correcção, combinando as observações do modo seguinte:

É licito suppor, que, num tempo muito curto, a dissipação da electricidade é proporcional a este tempo. O erro, commettido por esta suposição, é tanto menor, quanto mais curto é o tempo.

Applica-se o plano de prova a um ponto  $P$

d'um corpo isolado, leva-se á balança de torção, e nota-se a energia electrica  $e$ , que lhe corresponde. Passado muito pouco tempo,  $t$ , applica-se o plano de prova a outro ponto  $P'$  do mesmo corpo; leva-se á balança e marca-se a energia  $E$ . Finalmente, passado egual intervallo de tempo,  $t$ , torna-se a applicar em  $P$  o plano de prova. A energia electrica,  $e'$ , indicada por esta nova prova no mesmo ponto, será menor do que  $e$ . Tomaremos, pois, para relação das espessuras da camada electrica em  $P'$  e  $P$ , no mesmo instante, a relação de  $E$  para a media  $\frac{e + e'}{2}$ .

Posto isto, o modo geral de observação é o seguinte. Applicâmos successivamente o plano de prova a differentes pontos,  $P, P', P, P', P, P'', P, \dots$  do corpo explorado, com intervallos de tempo muito curtos, mas eguaes. De cada vez levâmos o plano á balança, para avaliar, por meio da torção, a energia repulsiva,  $e, E, e', E', e'', E'', e''', \dots$  da electricidade livre, que elle contém. Os numeros,  $e, e', e'', e''', \dots$  que representam o estado electrico em  $P$ , no fim dos tempos,  $0, 2t, 4t, 6t, \dots$  fórmão uma serie decrescente: tomão-se então os nu-

meros,  $1, \frac{2E}{e + e'}, \frac{2E'}{e' + e''}, \frac{2E''}{e'' + e'''}, \dots$ , para

representar as relações das espessuras da camada electrica nos pontos,  $P, P', P'', P''', \dots$

Applicando este methodo, Coulomb chegou aos seguintes resultados:

1.º Na esphera, a espessura electrica é a mesma em todos os pontos.

2.º Em uma lamina prismatica, a espessura electrica é sensivelmente constante desde o meio até á distancia de 25<sup>mm</sup> das extremidades; depois cresce até ás extremidades e mesmo nas extremidades é proximamente dupla da espessura no meio. Estes resultados applicão-se tãobem aos cylindros.

3.º Em um ellipsoide, a espessura nos vertices é proporcional á grandeza dos eixos, que terminão nestes vertices.

4.º Em um cone, a espessura electrica augmenta rapidamente da base ao vertice, e no vertice é tão grande, que a resistencia do ar não é já sufficiente, para obstar ao corrimento do fluido.

## § VII

### MEDIÇÃO DA PERDA DE ELECTRICIDADE PELO AR

Coulomb serviu-se tãobem da balança de torção, para medir a perda de electricidade no ar atmospherico. Consideremos, por exemplo, a esphera fixa da balança e busquemos a relação da electricidade, que ella perde em um dado tempo, com a electricidade media, que ella contém durante este tempo. Levâmos esta esphera á balança, depois de a ter electrizado, e notâmos a repulsão, que ella exerce sobre a esphera

movel. Supponhamos, que é preciso fazer andar o micrometro  $240^\circ$ , para manter esta esphera na distancia de  $20^\circ$  da esphera fixa, e que a torsão, que se equilibra com a força repulsiva nesta distancia, é, pois,  $260^\circ$ . A força repulsiva diminue a pouco e pouco por causa da perda de electricidade, e, por conseguinte, a esphera se aproxima a pouco e pouco da esphera fixa. Supponhamos, que, ao cabo de certo tempo, um minuto, por exemplo, é necessario destorcer o fio  $8^\circ$  ou dar-lhe somente um torsão de  $252^\circ$ , para manter as espheras em sua posição primitiva. A relação da electricidade perdida durante um minuto para a electricidade media do corpo durante este minuto é evidentemente  $\frac{8}{256}$  ou  $\frac{1}{32}$ . Se quizessemos procurar a perda, soffrida por qualquer corpo, usariamos do plano de prova e procederiamos do mesmo modo.

Coulomb, por uma serie de experiencias analogas, chegou aos resultados seguintes: 1.º A perda cresce com o grau de humidade do ar; muitas vezes não é senão  $\frac{1}{60}$  ou  $\frac{1}{70}$  da electricidade total em tempo secco; chega a  $\frac{1}{20}$  em tempo humido. 2.º A perda, em intervallos de tempo muito curtos e eguaes entre si, é, para um mesmo corpo, proporcional á quantidade de electricidade, que elle contém, ou, o que é o mesmo, a relação da electricidade perdida para a electricidade total não depende da quantidade de electricidade do corpo. Esta lei é analogá á lei de Newton sobre o resfriamento;



suppõe, que o estado hygrometrico do ar soffre poucas variações.

§ VIII

PODER DAS PONTAS

Se collocâmos uma ponta sobre o conductor da machina electrica, a tensão electrica faz-se tão forte na extremidade, que a resistencia do ar é por ella vencida, e a electricidade se perde na atmosphera. A esta propriedade deu Franklin o nome de *poder das pontas*. Segundo as antigas ideas, as pontas tinham a faculdade de attrahir a electricidade; mas é o contrario que tem logar: as pontas tem a propriedade de deixar correr o fluido, de que estão carregadas. Em virtude do poder das pontas, concebe-se facilmente, que quando uma ponta faz parte do systema dos conductores d'uma machina electrica, a carga não pode adquirir intensidade igual á que teria, se a ponta fosse tirada.

1.<sup>a</sup> *experiencia*. Fixando um electrometro de Henley sobre a machina, observa-se, que a mesma velocidade do prato dá logar a um desvio maximo do pendulo, muito differente; o que é devido á presença ou ausencia d'uma ponta no systema dos conductores.

2.<sup>a</sup> *exp.* Ponha-se na presença dos conductores da machina uma ponta communicando com o solo por uma cadeia conductriz: a intensidade da carga será menor que se a ponta não existisse. Neste caso, a electricidade desenvolvida na machina, obrando em distancia, re-

pelle para o solo o fluido do mesmo nome e attrahe para a ponta o fluido contrario; o qual adquire tensão sufficiente para vencer a resistencia do ar e vir neutralizar uma parte da electricidade da machina. A acção das pontas produz-se ainda a cinco ou seis metros de distancia. Vê-se, que por meio d'uma ponta podemos descarregar inteiramente os conductores; e vê-se tãobem, quão grande cuidado se deve ter em que todas as pontas sejam afastadas dos conductores, que queremos electrizar.

3.<sup>a</sup> exp. Uma pessoa electrizada, pondo-se sobre um isolador e agitando um fio metallico terminado em muitas pontas, dá logar a uma luz fluctuante, chamada *borboleta electrica*.

4.<sup>a</sup> exp. Duas ou mais pontas, collocadas, perto umas das outras, sobre um conductor, se prejudicão mutuamente: se estão livres, divergem. Este effeito é attribuido á repulsão mutua das moleculas do fluido do mesmo nome, accumulado em logares proximos.

5.<sup>a</sup> exp. Uma corrente de electricidade, que sae por uma ponta, agita o ar, que se oppõe à sua saída. Colloque-se sobre um isolador uma pessoa electrizada com uma ponta metallica na mão. Aproximando a ponta da outra mão ou da cara, sente vento fresco. A proximidade da mesma ponta enruga a superficie da agua d'um vaso, apaga a luz d'uma vela e espalha os corpos leves.

6.<sup>a</sup> exp. Suspenda-se, por seo centro, sobre um fulcro metallico fixado á machina electrica,

um systema de fios metallicos horizontaes, dirigidos segundo os diametros d'um circulos e terminados em pontas, curvadas em angulos rectos, em direcções oppostas nas duas extremidades de cada fio, *fig.* 16. Este systema tomará movimento de rotação, o qual se explica do mesmo modo que o do torniquete hydraulico. Com effeito, a camada de ar, que envolve um corpo conductor electrizado, emquanto é impermeavel ao fluido electrico, soffre, nos diferentes pontos da superficie de contacto, pressões analogas ás exercidas pela agua sobre as paredes dos vasos, que a contém: a resultante d'estas pressões é nulla em geral, menos no caso, em que influencias exteriores alterão a distribuição, que o fluido tende a tomar segundo a forma do corpo. Mas se o conductor tem uma ponta, pela qual corra o fluido, é como se o vaso fosse furado neste logar: a camada de ar, soffrendo então do lado opposto uma repulsão, que não é destruida, move-se no sentido d'esta força, e a pressão atmospherica obriga o corpo a segui-la.

§ IX

THEORIA MATHEMATICA DA ELECTRICIDADE

Applicando o cálculo á hypothese fundamental dos dous fluidos, diffundidos em quantidades eguaes nos corpos no estado natural, repellindo suas proprias moleculas e attrahindo-se mutuamente na razão inversa do quadrado das distan-

cias, Poisson chegou a consequencias notaveis, em tudo conformes com os resultados das experiencias de Coulomb, sobre a distribuição da electricidade á superficie dos corpos conductores, cuja forma é susceptivel de definição simples e rigorosa.

Poisson achou, que a electricidade livre, derramada em um corpo conductor, deve accumular-se na superficie. Este theorema, para o caso da esphera, demonstra-se por um raciocinio muito simples. Quando todos os pontos d'um envolvero espherico actuão por attracção ou repulsão sobre um ponto interior, segundo a lei inversa do quadrado da distancia, é sabido, que a resultante de todas estas acções é nulla. Posto isto, se imaginarmos um fluido electrico livre, diffundido por camadas esphericas homogeneas, no interior d'uma esphera, todas as moleculas da mesma camada serão repellidas pelas camadas esphericas interiores, sem que as exteriores possam contrariar esta repulsão. Todas as camadas deverão, pois, estender-se, crescendo seu raio, e vir successivamente sobrepor-se juncto da superficie do corpo, onde a resistencia do ar as manterá reunidas.

Nem o calculo nem a experiencia podem decidir, se a espessura da superficie d'um corpo, na qual a electricidade se recolhe, é ou não é apreciavel. E' provavel, comtudo, que esta espessura não seja nulla: concebe-se, que a camada electrica deve ser terminada no exterior pela mesma superficie do corpo, e no interior

por outra superficie, que não é espherica senão no caso de o ser a primeira. Em todos os casos, a distancia d'estas duas superficies, correspondente a um dado poncto da primeira, é o que se chama espessura da camada electrica neste poncto. Devemos reputar esta camada, composta de moleculas fluidas solicitadas a sairem do corpo, as quaes, com effeito, sairão, se não fosse a presença do ar, que offerece obsiaculo á força repulsiva; porquanto no vacuo a electricidade desaparece.

Uma molecula do fluido, situada na superficie do corpo, é repellida por todas as outras moleculas do mesmo fluido livre, espalhadas sobre o mesmo corpo: a resultante d'estas acções é destruida pela resistencia do ar. Todas as moleculas, situadas sobre a mesma parte da normal á superficie exterior, que mede a espessura da camada, podem ser consideradas como exercendo sobre o ar a mesma força repulsiva. A resistencia total, offerecida pelo ar, ou a pressão devida ao fluido, é, pois, proporcional ao producto da espessura da camada pela força repulsiva, que uma molecula exerce: ora, o calculo mostra, que esta ultima força, ou a resultante das acções repulsivas, que uma molecula do fluido livre experimenta da parte de todas as outras, é proporcional á espessura da camada no lugar, em que se acha esta molecula: logo, a pressão, exercida por este fluido sobre o ar, ou o que se chama tensão da electricidade livre, é proporcional ao quadrado d'esta espessura.

Alem d'estes resultados geraes, a analyse mathematica permite determinar rigorosamente a lei da distribuição da electricidade livre na superficie de diversos corpos. Poisson estudou completamente o caso d'uma lamina circular muito delgada: as relações numericas das espessuras das camadas electricas, perto dos bordos e para o centro, são verificadas pelas experiencias de Coulomb sobre discos conductores. No caso d'um ellipsoide de revolução, chegou-se a esta lei simples, que as espessuras da camada electrica, nas extremidades dos dous eixos da ellipse meridiana, estão na razão d'estes eixos. A experiencia confirma este resultado.

## CAPITULO IV

### ELECTRICIDADE POR INFLUENCIA OU INDUCCÃO ESTATICA

#### § I

#### DESENVOLVIMENTO DA ELECTRICIDADE POR INFLUENCIA EM UM CORPO ISOLADO

Se apresentâmos a um corpo conductor isolado um corpo electrizado, no primeiro se desenvolvem signaes electricos, aindaque os dous corpos estejam em certa distancia um do outro. Estes signaes electricos desaparecem, logoque

afastemos o corpo electrizado. Este phenomeno constitue o desenvolvimento da electricidade a distancia por influencia ou por inducção estatica.

*Experiencia.* Para fazer a experiencia tomâmos um cylindro metallico isolado *B*, *fig.* 17, e em differentes pontos de sua superficie fixâmos pequenos electroscopios de esphera de sabugo. Aproximâmos gradualmente d'este cylindro um corpo electrizado, a esphera *A*, por exemplo, tendo o cuidado de dispor o cylindro de maneira que uma de suas extremidades olhe para o corpo electrizado. Quando o cylindro não dista do corpo electrizado senão alguns centimetros, vemos os electroscopios divergirem, pelo menos os que estão situados nas duas extremidades: os que se achão nos pontos intermedios, divergem tanto menos, quanto mais distão dos dous extremos, e até alguns ha, que nada divergem. Se afastâmos o corpo electrizado, as esferas dos electroscopios tornão a cair em sua posição natural, e todo o vestigio de electricidade desaparece. Se tornâmos a aproximar o corpo electrizado, a divergencia recommença do mesmo modo.

Se, enquanto os electroscopios divergem, aproximâmos d'elles a esphera electrizada d'um electroscopio simples, reconheceremos, que a electricidade, que elles accusão, não é a mesma nas duas extremidades do cylindro. Na extremidade mais vizinha do corpo electrizado, é de natureza contraria á d'este corpo; na extremidade mais

afastada, é da mesma natureza. Para conhecer melhor o estado electrico do cylindro, enquanto está debaixo da influencia do corpo electrizado, é necessario tocar successivamente nos diversos pontos de sua superficie com o plano de prova, de que usámos, para estudar a distribuição da electricidade. Achámos assim, que as duas electricidades contrarias estão em seo maximo nas duas extremidades do cylindro, e que, a partir d'estas extremidades, vai cada um diminuindo de intensidade até á linha *mn*, em que são nullas, a qual, por esta razão, se denomina *linha neutra*. A linha neutra não é nunca no meio do cylindro; sua posição depende da distancia, em que os dous corpos se achão, um do outro, e da intensidade da carga electrica; mas sempre é mais proxima da extremidade mais vizinha do corpo electrizado.

Nesta experiencia devemos ter todo o cuidado em pôr o corpo electrizado em sufficiente distancia do conductor isolado, afim de não passar para o segundo nenhuma porção da electricidade do primeiro. Se, com effeito, esta distancia é demaziadamente pequena, vemos brilhar uma faisca entre os dous corpos, o que prova, que uma parte da electricidade d'um d'elles passou para o outro. Pode até acontecer, se o ar está humido, que esta passagem de electricidade tenha logar gradualmente por um modo invisivel: então o corpo conductor isolado se electriza por communicação e não por influencia, o que facilmente se reconhece; porquanto este corpo, depois



de subtrahido á influencia do corpo electrizado, em vez de voltar ao estado natural. se acha então carregado de electricidade da mesma natureza que a d'este corpo.

Uma observação, digna de mencionar-se, é que o corpo electrizado, enquanto electriza por influencia um conductor, não soffre outra perda de sua electricidade senão a que resulta da imperfeição dos apoios isolantes e do contacto do ar, e por consequencia a que soffreria, se estivesse só. É o que é facil verificar, tocando com o plano de prova no corpo electrizado no mesmo ponto, antes de ter exercido sua acção inductriz e depois que esta teve logar.

## § II

### THEORIA DA ELECTRIZAÇÃO POR INFLUENCIA

Os phenomenos por inducção estatica são consequencias da theoria dos dous fluidos electricos. já exposta.

É preciso admittir, que um e outro preexistem num corpo conductor, visto que podêmos fazel-os apparecer neste corpo, sem lhe communicarmos nenhuma electricidade. Mas preexistem em tal proporção, que, abandonados a si mesmos, se neutralizão, sem todavia se destruirerem. Constituem o que se chama o *fluido neutro*, e o corpo, que não possui senão este fluido, diz-se estar no *estado natural*.

Quando apresentâmos a um conductor isola-

do, que se acha no estado natural, um corpo electrizado positivamente, a electricidade positiva d'este corpo decompõe o fluido neutro do conductor, attrahe a negativa e repelle a positiva. Podendo as duas electricidades caminhar livremente no conductor, a negativa se dirige para a parte mais vizinha do corpo electrizado, que o attrahe, e a positiva é repellida para a parte mais remota. Mas no momento, em que o corpo electrizado se retira, as duas electricidades, desenvolvidas no conductor, ficão sujeitas sómente à sua attracção mutua, e, como são em igual proporção, se neutralizão e reconstituem o fluido neutro. Se tocámos no conductor, enquanto está debaixo da influencia do corpo electrizado, sua electricidade positiva, expellida para o solo pela da mesma natureza, que o corpo electrizado possui, já se não acha, depois que a influencia cessou, para reconstruir com a negativa o fluido neutro. É por isso, que o conductor apresenta um excesso de electricidade negativa.

Como os corpos contêm uma quantidade indefinida de electricidade neutra, talvez cressemos, que a decomposição d'esta electricidade é indefinida ou illimitada: é todavia facil convencermos, que não é assim. Consideremos, com effeito, no cylindro, uma molecula  $m$  de fluido neutro, e vejamos as forças, que a sollicitão. O fluido positivo d'esta molecula é, ao principio, repellido para a extremidade  $B$  pela acção do corpo  $V$ : por outro lado, tende a dirigir-se para a extremidade  $A$  em virtude de duas forças, que vem a

ser, a attracção do fluido negativo, já accumulado neste poncto, e a repulsão do fluido positivo, já repellido para *B*: estas duas forças, ao principio pouco energicas, são insufficientes para se equilibrarem com a acção do corpo *V*; mas augmentão de intensidade, á medida que a decomposição se opera, e acabão por equilibrarem a acção repulsiva do corpo *V*, que se conserva constante. Logoque ellas attingem este grau de energia, o fluido positivo da molecula *m* não pode deslocar-se mais; e como acontece o mesmo ao fluido negativo, a decomposição cessa no poncto do cylindro, em que a molecula está collocada. O mesmo se daria em qualquer outro poncto.

### § III

#### THEORIA DE FARADAY SOBRE A ELECTRIZAÇÃO POR INFLUENCIA

A theoria da electrização por influencia, como acabámos de apresental-a, é a que tem sido geralmente admittida; mas os recentes trabalhos de Faraday sobre a polaridade electrica tendem a modifical-a e talvez a destruil-a de todo. Com effeito, até então não se tinba tomado em linha de conta, nos phenomenos, que acabámos de considerar, o meio, que separa o corpo electrizado do corpo, sobre que elle obra por influencia. Ora, as novas experiencias de Faraday levão a admittir, que é por intermedio d'este meio, que se operão todos os phenomenos por influen-

cia e não por uma acção a distancia; ou pelo menos é em uma distancia, que não excede o intervallo de duas moleculas adjacentes. Faraday admitte, que se produz então, no meio intermedio, de molecula a molecula, uma serie de decomposições de fluido neutro, de sorte que cada molecula toma dous polos electricos oppostos; e é este estado, que Faraday designa pelo nome de *polarização* d'este meio. Nesta theoria, a acção, que parecem exercer em distancia os corpos electrizados sobre os corpos no estado neutro, é devida á polarização das moleculas do ar ou d'outro meio, entretanto que, na theoria admittida até hoje, o ar representa um papel passivo, não fazendo mais do que, por sua conductibilidade, oppor-se á recomposição das electricidades contrarias. Numa palavra, a nova theoria tende a supprimir a acção em distancia, para substituil-a pela acção continua e constante d'um meio, d'uma materia intermedia, propria para transmittir a acção d'um a outro corpo.

«A theoria de Faraday, diz Delarive, postoque precise ainda de ser estudada, já merece a attenção séria dos physicos. Parece fundar-se em um principio justo, que é, que as acções electricas não se manifestão nunca senão por intermedio das particulas materiaes; tende a estabelecer notavel similhança entre as forças electricas e as outras forças da natureza. Finalmente, das experiencias de Faraday resulta já um ponto importantissimo para a sciencia, que vem a

ser o facto da polarização molecular nos corpos isolantes, modo provavel de propagação da electricidade nos corpos conductores egualmente.»

#### § IV

##### DETERMINAÇÃO DO PODER INDUCTOR DAS DIVERSAS SUBSTANCIAS

Denominando *poder inductor* a propriedade, que os corpos tem, de transmittirem através de sua massa a influencia electrica, Faraday achou, que nem todos os corpos isolantes tem este poder no mesmo grau. Para comparar os poderes inductores das diversas substancias, fez uso do apparelho, representado na *fig. 18*, sendo o desenho da esquerda uma secção vertical. Este apparelho consta d'um envolucro espherico *PQ*, formado de dous hemispherios de cobre amarello, que se separão como os hemispherios de Magdeburgo. No interior d'este envolucro ha uma esphera de cobre amarello *C*, de diametro menor que o do envolucro e communicando com uma esphera exterior *B*, por meio d'uma aste de metal, que está isolada do envolucro *PQ* por uma camada espessa de resina laça *A*. O intervallo *mn* é destinado a receber a substancia, cujo poder inductor queremos medir. Finalmente, o pé do apparelho tem um canal com torneira, que pode aparafuzar-se na machina pneumatica, quando queremos tirar o ar do espaço *mn* ou rarefazel-o.

Pomos em communição com o solo os envólucros *PQ* de dousapparelhos, perfeitamente eguaes ao que acabâmos de descrever, e não contendo ao principio senão ar no intervallo *mn*; e pomos a esphera *B* d'um d'elles em communição com uma fonte de electricidade. Carregada assim a esphera *C*, mede-se a tensão de sua electricidade, tocando na esphera *B* com um plano de prova e levando este á balança de Coulomb. A torsão achada representará a tensão sobre a esphera *C*. Posta, finalmente, a esphera *B* do apparelho, assim carregado, em communição com a esphera *B* do segundo apparelho, ainda não carregado, acha-se, por meio do plano de prova e da balança de torsão, que a tensão sobre as duas espheras *C*, é sensivelmente metade do que era no primeiro apparelho, quer dizer, a electricidade se distribuiu igualmente nos dousapparelhos; o que se podia prever, vistoque são identicos e ambos contêm ar no intervallo *mn*.

Acabada esta primeira experiencia, repete-se, mas enchendo previamente o intervallo *mn* do segundo apparelho com a substancia, cujo poder inductivo se quer estudar: seja, por exemplo, a resina laca. Depois, carregado o outro apparelho, em que o intervallo *mn* está cheio de ar, mede-se a tensão sobre a esphera *C*. Supponhamos, que é 290, numero achado por Faraday. Se agora fazemos communicar a esphera *B* do apparelho carregado com a esphera *B* do apparelho, em que está a resina laca, já não

achâmos, como acima, que cada aparelho pos- sua metade de 290 ou 443. Com effeito, o ap- parelho, que contém ar, accusa sómente uma tensão 114, e o que contém resina laca uma ten- são 113. O primeiro, que tinha 290 e não tem senão 114, perdeu, pois, 176; por consequencia deveríamos achar no segundo 176 em lugar de 113. O não se achar senão 113 mostra, que maior quantidade de electricidade foi neutrali- zada através da camada de resina laca do que através da camada de ar da mesma espessura na primeira experiencia; d'onde se conclue, que o poder inductor da resina laca é maior que o do ar.

Operando assim, achâmos, que, representando por 1 o poder inductor do ar, os poderes in- ductores relativos das substancias seguintes são:

Ar.....	1
Flint.....	1,76
Pez.....	1,80
Cera amarella.....	1,86
Vidro.....	1,90
Resina laca.....	2
Enxofre.....	2,24

Quanto aos gazes, Faraday achou, que todos tem sensivelmente o mesmo poder inductor, e que este poder não é modificado nem pela tem- peratura nem pela pressão.

Pela capacidade inductriz propria, que os cor- pos isolantes possuem, Faraday deu a estes cor- pos o nome de *dielectricos* por opposição aos

corpos conductores, que não gozão da mesma propriedade. O mesmo sabio, que fez um estudo profundo sobre o papel, que os dielectricos representão na inducção, chegou a estes dous resultados:

1.º *Que não ha inducção através dos corpos conductores, quando estão em communicação com o solo.*

2.º *Que a inducção d'um corpo sobre outro pode exercer-se em linha curva, quando entre os dous corpos se situa um dielectrico.*

### § III

#### ELECTRIZAÇÃO D'UM CORPO POR INFLUENCIA

Acabámos de ver, que um corpo, electrizado por influencia, volta a seo estado natural, tanto que o subtrahimos á influencia da fonte de electricidade; mas podêmos tãobem electrizal-o por influencia, sem perder suas propriedades electricas, quando a fonte de electricidade deixa de actuar sobre elle. A electricidade, que então possui, é sempre contraria á da fonte, que o electrizou.

Supponhamos com effeito, que se faz communicar a extremidade *B* do cylindro com o solo, enquanto está sujeito á influencia da fonte. Perderá logo toda a sua electricidade positiva, porque é indefinidamente repellida pelo fluido do corpo *V*, e conservará toda a sua electricidade negativa, porque é constantemente attrahida pelo



fluido positivo d'este corpo. Supprimindo, então, a comunicação com o solo, o cylindro não conserva senão electricidade negativa. Esta electricidade fica na extremidade *A*, emquanto dura a influencia da fonte, mas espalha-se por todo o cylindro ao modo ordinario, quando esta influencia cessa.

A tensão do fluido negativo augmenta no cylindro, logoque o fazemos communicar com o solo. Com effeito, o fluido neutro da molecula *m*, que se conservava em equilibrio debaixo da acção da fonte electrica e dos fluidos já accumulados nas extremidades *A* e *B*, soffre nova decomposição, logoque o fluido positivo do cylindro desaparece. Em virtude d'esta decomposição, o fluido positivo d'esta molecula é repellido para o solo e seo fluido negativo se dirige á parte *A* do cylindro, para augmentar a tensão do fluido, que já ahi se achava.

Obteriamos os mesmos resultados, se fizéssemos communicar com o solo a extremidade do cylindro, vizinha da fonte, ou outro de seos pontos. Este factos, que parece paradoxal, provém da acção, que a fonte exerce sobre o conductor, que estabelece a comunicação. O fluido positivo d'este corpo, sendo repellido pelo fluido da fonte, corre para o solo; e seo fluido negativo, attrahido pela fonte, passa para o cylindro e aqui neutraliza todo o fluido positivo, que nelle se achava.

Os phenomenos precedentes suppõem, que os corpos não offerecem nenhum obstaculo ao

movimento dos fluidos electricos; não são, pois, applicaveis aos maos conductores. Estes corpos podem, todavia, electrizar-se tãobem por influencia, mas a decomposição de seo fluido não é instantanea, como nos bons conductores; e sua recomposição não se faz com a mesma rapidez, logoque os subtrahimos á acção da fonte electrica ou logoque esta fonte perde sua electricidade.

#### § IV

##### DESENVOLVIMENTO DA ELECTRICIDADE POR INFLUENCIA EM MUITOS CONDUCTORES SUCCESSIVOS

Note-se, primeiramente, que podemos, por meio d'um só corpo electrizado, desenvolver electricidade por influencia em grande número de conductores isolados, como cylindros metallicos. Basta collocal-os uns após os outros, na mesma linha, ficando as extremidades de cada um d'elles na mesma distancia das extremidades do que o precede e do que se lhe segue. Aproxime-se da extremidade anterior do primeiro o corpo electrizado, por exemplo, uma esphera metallica positiva: e logo cada cylindro isolado se acha electrizado, positivamente na extremidade mais afastada da esphera, negativamente na extremidade mais proxima.

Se com a mão tocâmos no último cylindro, fazemos correr para o solo sua electricidade positiva; e as mais das vezes acontece, que a ele-

ctricidade negativa d'este último, que a saída da electricidade positiva, que a retinha, tornou mais livre, se reúne através do ar, debaixo da forma de fиска, com a positiva do penultimo, a negativa d'este com a positiva do seguinte, e assim por diante, até ao primeiro, cuja electricidade negativa se combina com a positiva da esphera electrizada. Estas fiskas, que brilham simultaneamente, são signal da neutralização das electricidades contrárias; d'onde resulta, que cada um dos corpos, depois que o phenomeno teve logar, voltou ao estado natural. Se retirâmos a esphera electrizada, sem ter feito communicar com o solo nenhum dos cylindros, a neutralização das duas electricidades, em vez de se operar d'um para outro, se faz em cada um d'elles, separadamente; e assim voltão ainda ao estado natural, sem que tenha havido effeitos exteriores sensiveis.

## § V

### EFFEITOS DAS PONTAS NOS PHENOMENOS DE INDUCÇÃO E NA MÁCHINA ELECTRICA

O effeito das pontas nos phenomenos de inducção é muito notavel. Vimos, que a forma em ponta determina, na parte do conductor, que a tem, uma carga ou reacção electrica mais consideravel que no resto da superficie, a ponto que a electricidade, as mais das vezes, sae d'elle,

dirigindo-se, quer para o ar, quer para os conductores mais vizinhos. Por isso, quando apresentâmos um corpo electrizado a um conductor terminado em ponta e isolado, a electricidade de natureza contrária, que a inducção desenvolve no conductor, accumulando-se na ponta, sae d'ella, para neutralizar, através do ar, a do corpo electrizado: é, assim, que podemos descarregar o conductor d'uma máchima electrica ou impedir, que se carregue, apresentando-lhe uma ponta metallica na distancia de 20 a 30 centímetros ou mais.

No jogo da máchima electrica passa-se um phenomeno do mesmo genero. Cada parte do disco de vidro, que o attrito electrizou, vai passar, successivamente, por diante das pontas do conductor isolado da máchima, cuja electricidade natural decompõe por influencia, attrahindo a negativa e repellindo a positiva. A negativa, accumulada nas pontas, sae d'ellas, para neutralizar a positiva do prato, que, tornando a passar entre as almofadas, retoma, pela fricção, a electricidade positiva, que perdeu. Quanto á electricidade positiva do conductor, privado da negativa, que saiu pelas pontas, não pode reconstituir o fluido neutro e fica, por conseguinte, em excesso. E' por isso, que, depois de certo número de voltas, o conductor isolado da máchima se acha carregado de electricidade positiva. Não é, pois, como muitas vezes se diz por erro, a electricidade positiva do disco de vidro, que passou para o conductor, é a nega-

tiva do conductor, que saiu pelas pontas, e nelle deixou a positiva, com que formava o fluido neutro, e da qual se separou por influencia do disco. Esta acção inductriz continua a accumular a electricidade positiva no conductor, até que cada poncto da superficie d'este tenha uma reacção egual á que adquire cada poncto da superficie do vidro por sua fricção pelas almofadas. Com effeito, logoque se attinge este limite, ha tanta razão para ser a electricidade do conductor que obre sobre o prato, como para ser a do prato que obre sobre o conductor. Ha, pois, equilibrio, e o conductor não se carrega mais. Comprehende-se, pois, que a carga do conductor deve ser tanto mais forte, quanto mais energica é a reacção electrica, determinada sobre o disco pela fricção.

## § VI

### ACÇÃO EM DISTANCIA POR INFLUENCIA SOBRE OS ELECTROSCOPIOS

E' tãobem ao desenvolvimento da electricidade por influencia, que devemos referir o facto de não ser necessario, para obrar sobre um electroscopio, tocar-lhe com um corpo electrizado, bastando collocar este corpo em alguma distancia. Com effeito, este corpo, por sua influencia, decompõe a electricidade natural da parte metallica do electroscopio, situada exteriormente, attrahe a electricidade de nome contrário á sua

e repelle a do mesmo nome para as folhas de ouro, pequenos fragmentos de palha ou outras substancias leves, que estão em communição com esta parte metallica. O electroscopio se acha assim carregado, emquanto está debaixo da influencia do corpo electrizado, com a mesma electricidade que a que este corpo possui; mas, para conserval-a, é preciso então tocar-lhe com o mesmo corpo.

Se emquanto o electroscopio está submettido á acção inductriz, lhe tocâmos com o dedo em qualquer ponto de sua parte metallica exterior, achâmol-o depois carregado com electricidade contrária á do corpo electrizado, comtanto que tenhamos tido o cuidado de tirar o dedo, antes de afastar este corpo. Com effeito, a electricidade do mesmo nome, obedecendo á acção repulsiva, em vez de ter sido expellida para as folhas de ouro, correu para o solo por intermedio do dedo e do corpo do observador. Ficou, pois, no instrumento, quando foi subtrahido á acção inductriz, um excesso de electricidade contrária.

## § VII

### EXPLICAÇÃO DAS ATTRACÇÕES E DAS REPULSÕES ELECTRICAS

As attracções e as repulsões, que se manifestão entre dous corpos electrizados, ou entre um corpo electrizado e outro corpo no estado natural, provêm das attracções e das repulsões

dos fluidos electricos; dependem, na maior parte dos casos, das electricidades desenvolvidas por influencia.

Consideraremos, para explicar facilmente estas attracções e estas repulsões, um corpo fixo electrizado positivamente, e lhe apresentaremos um corpo movel, conductor ou não conductor, electrizado ou no estado natural, suspenso na extremidade d'um fio. Supporemos os dous corpos de forma espherica: seja *V*, *fig. 19*, o corpo fixo e *AB* o corpo movel. Temos que estudar dous casos:

1.<sup>o</sup> *Sendo bom conductor o corpo movel.* Se este corpo se acha no estado natural e se está suspenso por um fio isolante, adquire as duas electricidades pela influencia da esphera electrizada, a electricidade positiva na parte *B* mais distante, e a electricidade negativa na parte *A* mais proxima. Estas duas electricidades não se diffundem uniformemente na superficie; partem d'um circulo commum, em que sua intensidade é nulla, e crescem regularmente, a partir d'este circulo: até aos pontos *A* e *B*, em que sua intensidade é maxima: são, a cada instante, uma attrahida, outra repellida pela electricidade da esphera; mas não podem aproximar-se ou afastar-se d'ella, sem levarem o corpo em seo movimento, porque o ar as retem sobre elle por sua pressão e por sua imperfeita conductibilidade. O corpo movel está, pois, submittido a duas forças: uma, dirigida de *A* para *V*, é produzida pela attracção da electricidade da esphera sobre

a electricidade accumulada em *A*; a outra, dirigida em sentido contrário, é produzida pela repulsão da electricidade da esphera sobre a electricidade accumulada em *B*: a primeira é a mais energica, porque as duas electricidades são em egual quantidade, e a electricidade do poncto *A* obra em menor distancia do que a electricidade do poncto *B*. Por esta razão, o corpo obedece a esta força e se dirige para a esphera. A acção da esphera sobre o corpo seria mais intensa, se o fio de suspensão fosse bom conductor; porque a electricidade positiva, resultante da decomposição, correria para o solo, e já não poderia equilibrar uma parte do effeito da electricidade negativa.

Quando o corpo movel se acha, primitivamente carregado de electricidade, as attracções e as repulsões provêm da electricidade, que elle recebeu directamente, e da que deve á decomposição por influencia. Se contém electricidade negativa, ha sempre attracção, porque a acção attractiva da esphera sobre esta electricidade se juncta á acção attractiva, que resulta da decomposição por influencia. Se contém electricidade positiva, ha, ordinariamente, repulsão; algumas vezes, ha attracção, e outras vezes não ha attracção nem repulsão. Para explicar estes phenomenos, notaremos, que a esphera decompõe por influencia a electricidade natural do corpo movel, que repelle para *B* sua electricidade positiva, que se juncta á que já ahi estava; e que attrahe para *A* a electricidade negativa, que



equilibra no todo ou em parte a electricidade positiva, que ali se achava. Ora, se ainda fica electricidade positiva no ponto *A*, a repulsão é evidente, e o corpo movel se afasta do corpo fixo; mas, se fica electricidade negativa, a repulsão não é certa, porque esta electricidade obra em sentido contrário da electricidade positiva: é verdade, que a electricidade negativa é sempre em menor quantidade que a electricidade positiva; mas, em compensação obra em menor distancia, e é possível, que as forças attractivas e repulsivas se equilibrem, ou mesmo que a força attractiva se torne predominante. Até ás vezes acontece, haver, ao principio, repulsão, e a repulsão transformar-se depois em attracção, se levâmos o corpo a uma pequena distancia da esphera; porquanto, augmentando, egualmente, as duas electricidades no corpo pelo effeito da proximidade e diminuindo a distancia da electricidade negativa em maior razão do que a distancia da electricidade positiva, a força attractiva augmentará em maior razão do que a força repulsiva, e postoque, ao principio, a primeira força seja a mais fraca em certa distancia, pode tornar-se a mais intensa em menor distancia.

2.º *Sendo mau conductor o corpo movel. Se um corpo fosse completamente privado da conductibilidade electrica, não poderia soffrer nenhuma decomposição por influencia, ou, antes, seos fluidos não poderião, depois de sua decomposição, deixar as moleculas do corpo, em que*

se achavão no estado de combinação: este corpo não seria, pois, jamais attrahido nem repellido por um corpo electrizado, visto que a força attractiva d'um dos fluidos equilibraria sempre a força repulsiva do outro. Mas não é assim; porque os corpos, mesmo os peores conductores, deixão sempre alguma liberdade ao movimento dos fluidos, e principalmente quando estes fluidos estão sujeitos a uma acção poderosa e de longa dura: por isso, estes corpos soffrem com o tempo uma decomposição assaz energica, e se dirigem como os corpos conductores para os corpos electrizados. Quando os maos conductores estão carregados de electricidade, são sempre attrahidos pelos corpos, que encerrão electricidade contrária, e sempre repellidos pelos que encerrão electricidade da mesma natureza.

### § VIII

#### ELECTROPHORO

Um instrumento, fundado no principio do desenvolvimento da electricidade por influencia, que pode com vantagem substituir em muitos casos a máchina electrica, foi imaginado por Volta e por elle denominado *electrophoro* (*pheró* leve). Consta d'um bolo de resina vasado em um molde circular de metal ou de madeira de qualquer diametro. Um disco de metal ou de madeira, revestido de estanho e de diametro menor que o do bolo, tem um cabo isolante, fixa-

do no centro, perpendicularmente á sua superficie. Este disco tem um rebordo arredondado, para evitar as arestas vivas, pelas quaes a electricidade poderia escapar-se, *fig. 20.*

Electriza-se o bolo de resina, batendo-lhe na superficie com uma pelle de gao; depois colloca-se sobre elle o disco metallico, pegando-lhe pelo cabo isolante, toca-se-lhe com o dedo, e, retirado este, o disco se acha carregado de electricidade positiva. Podemos repetir a experiencia grande número de vezes, até com muitos dias de intervallo, sem ser preciso tornar a electrizar o bolo. Este retém muito tempo a electricidade resinosa desenvolvida em sua superficie, por causa de sua faculdade isolante e de sua pouca tendencia para attrahir a humidade do ar. Basta deixar estar sobre elle o disco de metal, cuja presença obsta á perda da electricidade, proveniente do contacto do ar. Não é necessario acrescentar, que é a electricidade resinosa do bolo, que, decompondo a electricidade natural do disco metallico, expelle a negativa para o solo por intermedio do dedo, e attrahe a positiva, que se acha no disco, logoque se levanta. Se o levantâmos, sem lhe termos tocado com o dedo, achâmol-o então carregado, não de electricidade positiva, mas de certa quantidade de electricidade negativa, que tirou do bolo por simples comunicação. Esta quantidade é sempre muito fraca pela difficuldade, que a electricidade tem, de deixar a resina.

## CAPITULO V

### ELECTRICIDADE DISSIMULADA

#### § I

#### PRÍNCIPIO DAS ELECTRICIDADES DISSIMULADAS

No capitulo antecedente estudámos os effeitos da inducção estatica, não nos occupando senão do corpo, sobre que ella se opera: mas o corpo, que a produz, recebe tãobem influencia, a qual provêm da acção, que sobre sua propria electricidade exerce a electricidade, que elle desenvolveu no conductor. Esta dupla influencia mutua das duas electricidades dá origem aos phenomenos da electricidade dissimulada. Servir-nos-emos, para estudal-os, d'um apparelho composto de dous discos metallicos, *A*, *B*, perfeitamente semelhantes, situados, verticalmente, sobre apoios de vidro, *fig.* 21. Por meio d'uma manivella ou por qualquer outro meio podemos afastar ou aproximar um do outro os dous discos, os quaes se conservão sempre parallellos. Juncto de cada disco está um electroscopio de esferas de sabugo.

Electrizámos *A* e aproximámos *B*, cuja electricidade natural é logo decomposta pela influencia de *A*, que suppremos positivo. Tocámos em *B* com o dedo, para darmos saida á sua

electricidade positiva: logo, o electroscopio de *B* cessa de divergir, e o de *A* não experimenta senão muito fraca divergencia. Mas, se afastámos os discos um do outro, vemos logo os dous electroscopios divergirem muito, indicando o de *B* electricidade negativa, o de *A* positiva. Se tornámos a aproximar os dous discos, outra vez cessa a divergencia do electroscopio de *B*, e diminue a do electroscopio de *A*. O mesmo phenomeno pode reproduzir-se muitas vezes, se o ar está secco e os apoios são bem isolantes. A desappareição da electricidade total de *B* e da maior parte da de *A* não é senão apparente; visto que basta desviar os dous discos, para que estas duas electricidades reappareçam com toda a sua intensidade: por isso se diz, que ellas estão *dis-simuladas*, quando se achão neste estado latente, que resulta da proximidade dos discos. Este estado é attribuido á tendencia, que as duas electricidades tem, de se dirigirem uma para a outra, tendencia, a que não podem obedecer inteiramente por causa da resistencia, que a camada de ar interposta oppõe á sua reunião, mas que as traz para as superficies dos discos, que olhão uma para a outra. O nome de *electricidades dis-simuladas*, que se dá a este estado, para o distinguir do de electricidades neutralizadas, não exprime, ná verdade, senão um facto, que deriva immediatamente do principio do desenvolvimento da electricidade por influencia. Por isso ternos-iamos limitado, no precedente capitulo, a indical-o, se a importancia dos dous instrumen-

tos, de que elle é origem, nos não obrigasse a consagrar-lhe um capítulo à parte.

A dissimulação das electricidades é tanto mais completa, quanto mais aproximados estão os discos; o que provém de ser tanto mais forte a attracção mutua das duas electricidades, quanto mais fraca é a distancia. Mas é necessario deixar uma camada de ar sufficientemente isolante, por consequencia, sufficientemente espessa, para se oppor á reunião directa, debaixo da forma de fиска, das duas electricidades oppostas. Por isso a distancia, a que podemos aproximar os dous discos um do outro, depende da intensidade da carga electrica, dada a *A*, e do grau de humidade de ar e, por consequente, de sua faculdade isolante.

Podemos, porém, obter effeitos muito mais pronunciados, substituindo a camada de ar por uma substancia, como vidro ou resina, perfectamente isolante, ainda que seja em lamina muito delgada. Então é facil aproximar muito os discos, sem correr o risco de neutralizar as duas electricidades. D'aqui resulta, que *A* desenvolve por inducção em *B* uma quantidade muito maior de electricidade negativa; e por isso uma porção maior da electricidade de *A* é dissimulada. Na practica a escolha d'esta substancia isolante e a sua espessura dependem do fim proposto. Este fim é duplo e deu origem aos dous appa-relhos conhecidos pelos nomes de *condensador* e *garrafa de Leyde*. Começaremos por expor o principio commum, em que se fundão; depois

estudaremos as diferenças, que os caracterizam quanto ao fim e, por consequencia, quanto á forma, que se lhes deu.

## § II

### RECOMPOSIÇÃO LENTA E RECOMPOSIÇÃO SUBITA

Dissemos, que, no estado dissimulado, a electricidade de *B* não era sensivel, e que uma pequena parte da de *A* se conservava apparente. Esta parte chama-se *electricidade livre*: provém de que o disco *A* não pode, por causa da distancia, que o separa de *B*, desenvolver por influencia em *B* uma quantidade de electricidade negativa tão consideravel, como a que elle mesmo possui. D'aqui resulta, que, entretanto que esta última pode, apezar da distancia, porque é a mais forte, dissimular toda a negativa de *B*, esta, mais fraca, não pode dissimular toda a positiva de *A*: resta, pois, em *A* uma certa porção, que não está dissimulada, mas que serve com a que o está, para dissimular toda a electricidade negativa de *B*. Se tocâmos em *A* com o dedo, a pequena quantidade de electricidade livre, que possuia, desaparece logo: a dissimulada não corre para o solo, por ser retida pela acção de *B*. No mesmo instante, em que o electroscopio de *A* deixa de divergir, o de *B* diverge; o que prova, que a electricidade de *B* não é já dissimulada em sua totalidade; o que provém de que *A* perdeu parte de sua electricidade. Assim uma

parte da electricidade de *B* se tornou livre, sem que todavia tenha havido diminuição na quantidade total de electricidade, que este disco possuía, quantidade, que continua a dissimular a mesma porção da de *A*. Esta porção é a totalidade, depois que se tirou de *A* a parte livre. Se agora tocâmos em *B*, tirâmos a parte da electricidade, que se tornára livre neste corpo; então uma parte da que estava dissimulada em *A* pela acção da totalidade da electricidade de *B* torna-se livre: este duplo effeito se manifesta pela ausencia de divergencia no electroscopio de *B* e pela apparição d'uma leve divergencia no de *A*. Podemos ainda tirar de *A* esta nova dose de electricidade livre, e fazer immediatamente apparecer outra em *B*, depois tocar em *B*, e assim por diante, até que tendo assim feito gradualmente passar toda a electricidade dissimulada de cada um dos discos ao estado de liberdade por pequenas doses successivas, se tenham completamente descarregado. E' o que se chama *recomposição lenta* dos dous fluidos.

A *recomposição subita* é a que tem logar quando unimos os dous discos pelos dous ramos d'um excitador. O excitador, *fig. 22*, é um conductor de metal, composto de duas astes semelhantes, ligadas, ou não, por uma charneira, que as deixa afastar mais ou menos uma da outra, terminando cada uma d'ellas por uma esphera: um ou dous cabos de vidro permitem, que sustentemos com as mãos as duas astes de metal. Quando pomos uma das espheras em con-



tacto com um dos discos e aproximâmos do outro a outra esphera, o apparelho se descarrega, sendo este phenomeno acompanhado d'uma faiscas brilhante e de grande estrondo.

### § III

#### THEORIA DO CONDENSADOR E DA GARRAFA DE LEYDE

Vimos, que o conductor da máchina electrica não pode receber uma carga mais forte do que a que imprime aos differentes pontos de sua superficie uma reacção electrica igual á do prato. O mesmo acontece com qualquer fonte de electricidade. A carga varia, pois, com a reacção da fonte; mas podemos augmentar a quantidade total de electricidade accumulada sobre um conductor isolado por effeito d'uma mesma fonte, extendendo a superficie d'este conductor. Com effeito, como a electricidade, de que um conductor está carregado, pode mover-se nelle livremente, basta tocar-lhe num ponto, para fazel-a affluir aqui toda; e como todos os elementos da superficie tem a mesma reacção electrica, isto é, a da fonte, quanto mais extensa for esta superficie, mais elementos haverá com a mesma reacção, e, por consequente, mais consideravel será a somma total de electricidade. E', neste principio, que se funda o systema de conductores electricos, denominados *conductores secundarios*, de que noutra logar falámos. Este processo tem o inconven-

niente de exigir grande desenvolvimento de conductores, e de distribuir uma dada quantidade de electricidade por uma superficie muito grande, expondo-a a uma perda rapida pelo contacto do ar. O principio das electricidades dissimuladas forneceu o meio de attingir o mesmo fim, evitando os inconvenientes, que acabámos de indicar.

Para bem concebermos o modo, por que se obtem este resultado, lancemos mão do apparelho, que nos serviu para demonstrar o principio, e ponhamos o disco *A* em communicação com a fonte de electricidade. Cada um dos pontos d'este disco tomará uma reacção electrica igual á da fonte. Aproximemos o disco *B* e toquemos-lhe com o dedo. Logo, segundo o que vimos, a maior porção da electricidade de *A* será dissimulada, não ficando senão uma pequena quantidade livre, que, diffundindo-se por toda a superficie, determinará em cada um de seus pontos uma reacção electrica muito inferior á primitiva; mas *A*, em communicação com a fonte, poderá retomar electricidade em quantidade sufficiente, para que a reacção electrica, em cada um dos pontos de sua superficie, se faça outra vez igual á da fonte: nova decomposição da electricidade natural de *B*, nova dissimulação da de *A*. Por cada operação, a quantidade, que fica livre, se faz maior; porque, como ella é uma mesma proporção da electricidade total para uma mesma distancia dos dous discos, quanto mais consideravel se torna a quantidade absolu-

ta ou total, mais cresce também a quantidade proporcional. Logo, pois, que esta quantidade livre se torna tal, que por si só dá a cada um dos pontos do disco *A* uma reacção igual á da fonte, chegou-se ao limite da accumulacção possível. O disco *A* contém neste momento uma quantidade de electricidade total, composta de dous elementos, que são a porção dissimulada e a porção livre, cuja reacção é igual á da fonte, e que seria a de que o disco se teria carregado, se não tivesse estado debaixo da influencia de *B*, isto é, se tivesse ficado nas condições ordinarias.

Conseguimos, pois, condensar em *A* uma quantidade de electricidade muito mais consideravel que a que se teria accumulado, pondo-o simplesmente em communicacção com a fonte. Basta depois afastar *A* de *B*, para tornar livre a parte dissimulada, que se juncta então á que o não está, e para obter assim, sobre cada elemento da superficie de *A*, uma reacção electrica muito superior á da fonte, com que a carregámos.

O poder condensante é tanto maior, quanto mais delgada é a camada isolante, que separa os dous discos; mas é preciso, que ella não seja tão delgada, que as duas electricidades possam combinar-se através d'ella. E' aqui o logar de distinguir os dous fins, que nos propomos com os apparelhos condensadores. Um d'estes fins é tornar sensiveis, por sua acção sobre o electroscopio, fontes electricas de tão fraca reacção, que não possam obrar directamente sobre elle.

Carece-se, pois, d'uma camada isolante tão delgada quanto seja possível; porque d'uma parte é necessario, que a condensação seja a mais forte possível, e por outra não se corre o risco, se a materia da camada é muito isolante, de serem as duas electricidades assaz intensas para vencerem sua resistencia. Este genero de apparelho tem o nome particular de *condensador*.

O segundo fim é accumular, com uma dada fonte, tão poderosa quanto seja possível, uma quantidade de electricidade tão consideravel quanto possa ser, afim de produzir grande effeito. E' então preciso, que a camada isolante seja assaz espessa, para oppor um obstaculo sufficiente á tendencia energica das duas electricidades para se combinarem. Neste caso usa-se do vidro. Este outro genero de apparelho se chama, segundo a forma, que se lhe dá, *quadro magico* ou *garrafa de Leyde*.

#### § IV

##### CONDENSADOR DE VOLTA

O condensador foi imaginado por Volta, que o formou d'um disco de madeira coberto de tafetá gommado, e d'um disco metallico, munido d'um cabo isolante, o qual se põe sobre o disco de madeira. O prato metallico é posto em comunicação com a fonte de electricidade; faz o papel do disco *A*; o prato de madeira faz o do disco *B*, e o tafetá gommado é a camada isolan-

te delgada, que impede a recomposição immediata das duas electricidades accumuladas nos dous pratos. Depois de carregado o prato metallico, levanta-se e leva-se ao electroscoPIO, que indica a natureza e até certo ponto a intensidade da electricidade da fonte.

Para reconhecer as mais fracas fontes de electricidade, Volta associou o condensador ao electrometro de folhas de ouro. A *fig. 23* representa o apparatus, extremamente sensivel, que elle imaginou e tornou célebre pelas indagações importantes, a que o applicou. Consta de dous pratos metallicos de 15 centimetros de diametro pelo menos, ou de 30, quando muito. Um d'estes pratos está aparafusado sobre o prolongamento exterior da aste metallica do electroscoPIO, a que estão presas as folhas de ouro: o outro é munido d'um cabo isolante, fixado, verticalmente, em seo centro e cobre, exactamente, o primeiro. As faces dos dous pratos, que olhão uma para a outra, se revestem d'uma ligeira camada de resina laca, ficando a lamina isolante representada por estas duas camadas, e separando-se em duas partes, quando se tira o prato superior. Fazemos communicar a fonte de electricidade, que queremos estudar, com o prato *P*, enquanto o prato *P'* está em communicação com o solo pela aste *t*. No fim de certo tempo suprime-se esta communicação, e tira-se o prato *P'* pelo cabo isolante *m*. A camada isolante, de que *P'* está guarnecido, leva consigo o fluido d'este prato, entretanto que o flui-

do de nome contrário, desenvolvido no prato *P*, se torna livre e faz desviar as folhas de ouro. As pequenas columnas *a, a*, servem para descarregar as folhas de ouro, antes de tocarem no vidro; tãobem servem para augmentar o desvio pela electricidade, que nelles se produz pela influencia do fluido das folhas de ouro.

## § V

### CONDENSADOR DE PECKET

Peclet augmentou a sensibilidade do condensador de Volta, junctando um terceiro prato, interposto aos outros dous, e deu ao seo apparelho o nome de condensador multiplicador, *fig. 24*. O prato inferior é, como precedentemente, aparafusado sobre um electrometro; o segundo é munido d'um cabo isolante, e é envernizado em ambas as faces; o terceiro, que não é envernizado senão em sua face inferior, é atravessado no centro por um buraco, a que se ajusta um tubo de vidro, que serve de cabo isolante e dá passagem á aste de vidro, que forma o cabo isolante do segundo. Podemos, pois, sobrepor, assim, com facilidade os tres pratos, e levantar, successivamente, o terceiro e o segundo.

Para usarmos d'este apparelho, pomos a fonte de electricidade em communicacão com o terceiro prato, e tocâmos no segundo com o dedo. Carregado este, tirâmos o terceiro, e tocâmos

com o dedo no primeiro: a electricidade do segundo se acha, assim, quasi toda dissimulada. Carregâmos outra vez, tornando a pôr o terceiro, o qual continua a estar em communição com a fonte; de novo tirâmos este terceiro e tocâmos no primeiro, e assim por diante, até que a electricidade do segundo não possa já ser dissimulada pelo primeiro. Em seguida tirâmos o terceiro e o segundo; e o primeiro se acha carregado de electricidade livre, e da mesma natureza que a da fonte; porquanto, é de natureza contrária á electricidade do segundo prato, a qual differe da do terceiro, que recebe sua carga directamente da fonte. Pecllet reconheceu, que o desvio das folhas de ouro é proporcional ao número de manipulações, isto é, á quantidade de electricidade, accumulada no terceiro prato, quando o angulo não excede 20°.

Alem dos condensadores, que acabâmos de descrever, a sciencia possui o de Peltier, o de Pfaff e Svanberg e o de Gaugain, que por brevidade não descreveremos.

## § VI

### QUADRO MAGICO

Este aparelho consta d'uma lamina de vidro, cujas duas faces são revestidas d'uma delgada folha de estanho, *fig. 25*. Sobre cada uma das faces da lamina de vidro deve ficar descoberto um rebordo de 7 ou 8 centimetros de largura,

para que as electricidades contrárias, accumuladas sobre as folhas de estanho, não possam reunir-se immediatamente pelos bordos d'estas folhas. Pomos em communicação uma das folhas de estanho com a fonte de electricidade e a outra com o solo. Logo que estão carregadas, podemos, com o excitador, unir as duas laminas metallicas e obtemos uma fиска muito viva.

Este aparelho também recebeu o nome de *vidro scintillante*, porque, ás vezes, se substitue a uma das folhas metallicas um pó metallico, que se pega ao vidro com gomme; de que resulta, que a descarga, quando se opera na obscuridade, produz sobre a face assim preparada um brilhante clarão, proveniente das fiskas, que, no momento da neutralização das duas electricidades, se escapão entre todas as parcellas de metal.

## § VII

### GARRAFA DE LEYDE

A parte essencial da *garrafa de Leyde* consiste numa lamina de vidro, que não deve ser muito espessa, e a que se dá para mais commodidade a forma de garrafa, *fig. 26*. Esta garrafa é revestida exteriormente de folha de ouro ou de estanho, desde o fundo até á distancia de 5 ou 6 centimetros do gargalo, e tem interiormente folhas de ouro ou de cobre: estes corpos formão as *armaduras externa e interna* da garrafa. O resto da superficie da garrafa deve ser



coberto de verniz de resina laca para melhor isolar uma da outra armadura; e pela rolha lacrada, que fecha a garrafa, passa um arame de latão, que interiormente toca nas folhas metallicas e exteriormente toma a forma de gancho, terminando por um botão.

Em logar de garrafa tãobem se usa d'uma jarra de abertura larga, o que permite applicar mais facilmente folhas metallicas. Qualquer que seja a configuração da lamina de vidro, assim guarnecida de laminas de metal sobre as duas faces, quer seja plana como o *quadro magico*, quer tenha a forma de garrafa, constitue um verdadeiro condensador, e podemos accumular sobre uma das faces a electricidade d'uma fonte, pondo a outra face em communição com o solo.

### § VIII

#### CARGA E DESCARGA

Para carregar uma garrafa de Leyde, pegamos-lhe com a mão por sua superficie metallica exterior, e pomos em contacto com uma máchina electrica em actividade a aste, que faz parte do systema da armadura interior; ou suspendemos o apparelho pela curvatura da aste ao conductor da máchina, e prendemos a um anel fixado por baixo da garrafa uma cadeia, que toca no solo. Em ambos os casos a garrafa, desviada do conductor, sem que sua aste deixe de estar isolada, se acha carregada, interiormente,

da especie de electricidade fornecida pela fonte, e de fluido contrario exteriormente.

Se reunimos as duas armaduras d'uma garrafa, assim carregada, por um systema de corpos conductores, as duas electricidades accumuladas se precipitam uma sobre outra, para formar o fluido natural. Ha, então, explosão tanto mais forte, quanto mais energica é a fonte, e mais poderosa a causa condensante. E' isto que constitue a *descarga da garrafa de Leyde*. Para operarmos esta descarga, podemos usar do excitador.

A descarga da garrafa pode também fazer-se lentamente. Para isto isolamos-a sobre um bolo de resina, e tocamos, alternativamente, com a mão ou com uma aste de metal a armadura interior, depois a armadura exterior, e assim por diante, tirando em cada contacto uma pequena fиска proveniente das porções de electricidade, que se tornão alternativamente livres sobre cada uma das armaduras; mas só depois de ter tirado grande número de fiscas, é que chegamos a descarregar a garrafa completamente.

Nesta experiencia devemos ter cuidado de não tocar ao mesmo tempo nos dous botões da garrafa, o que facilmente succederia, se fizemos uso das duas mãos: o nosso corpo seria então o logar de reunião das electricidades accumuladas, e experimentaríamos um abalo violento e muitas vezes perigoso. E' também com o fim de evitar este inconveniente, que é essencial pôr a garrafa, quando carregada, sobre um

banco isolante; porque se a pomos sobre uma mesa ordinaria, achâmo-nos, no momento, em que lhe tocâmos no botão, no caminho, que seguem para se combinarem, as electricidades das duas armaduras, que não estão assim separadas senão por corpos conductores.

§ IX

EXPERIENCIAS, QUE MOSTRÃO A DIVERSA NATUREZA DAS ELECTRICIDADES DAS DUAS ARMADURAS

1.<sup>a</sup> *experiencia.* Podemos demonstrar a existencia das electricidades livres de natureza opposta, que as duas armaduras possuem, collocando entre os dous botões, com que fazemos commu- nicar cada uma d'ellas, a esphera de sabugo d'um pendulo electrico, *fig.* 27. Attrahida pela electricidade livre d'um dos botões, esta esphera vem pôr-se em contacto com elle, e se electriza por este contacto: immediatamente repellida, vai pôr-se em contacto com o outro botão, carregado de electricidade livre de natureza contrária: aqui, perde sua propria electricidade, e se carrega com a d'este segundo botão: repellido por este, volta ao primeiro, e assim por diante. A esphera executa, assim, entre os dous botões, uma serie de oscillações, que podem prolongar-se, durante muitas horas, ao cabo das quaes, havendo as duas armaduras perdido sua electricidade por esta successão de pequenas descargas, o phenomeno cessa.

A's vezes dá-se á esphera de sabugo a forma d'uma aranha, cujo corpo é esta esphera, e cujas pernas são fios metallicos muito finos. Chama-se aranha electrica.

2.<sup>a</sup> exp. *Figuras de Lichtenberg*. Esta experiencia mostra, evidentemente, sem electroscope e debaixo d'uma forma immediatamente visivel, a natureza da electricidade, de que está carregada a armadura interior d'uma garrafa de Leyde. Fazemos passar, lentamente, por cima d'um bolo de resina o botão d'uma garrafa, cuja armadura exterior temos na mão: até podemos traçar figuras com este botão. A electricidade livre da armadura interior, que se renova, constantemente, á medida que sae, visto que temos na mão a armadura exterior, fica adherente a todos os pontos do bolo, tocados pelo botão. Se, depois de termos assim traçado linhas com o botão d'uma garrafa, interiormente carregada de electricidade positiva, traçámos outras ao lado com o botão d'outra garrafa, carregada de electricidade negativa, conseguimos tornal-as visiveis e distinctas umas das outras, polvilhando o bolo com uma mistura de enxofre e minio. Vemos o enxofre dirigir-se para as linhas positivas, o minio para as negativas, e ficarem adherentes, ainda que se sobre ou se sacuda com força o bolo, para fazer desapparecer o pó, que se acha nos logares da superficie, que o botão não tocou. O effeito, que acabâmos de descrever, procede de que em sua trituração mutua as moleculas de enxofre tomárão

a electricidade negativa e as de minio a positiva.

A propriedade, que acabámos de reconhecer na resina, de conservar adherentes á sua superficie as duas electricidades, não pertence, exclusivamente, a esta substancia; todos os corpos isolantes a possuem mais ou menos pronunciada.

§ X

ORIGEM DA GARRAFA DE LEYDE

E' debaixo da forma da garrafa de Leyde, que o condensador foi descoberto, em Leyde, no anno de 1746, por Cuneus, discipulo de Musschenbroeck. Repetindo as experiencias, que via fazer a este physico distincto, Cuneus teve a idea de electrizar a agua em um vaso de vidro, que elle sustentava com uma das mãos. Querendo tirar com a outra mão o fio de ferro, por onde a electricidade passava para a agua, sentiu uma violenta commoção. Vê-se, que a agua formava a armadura interior d'um verdadeiro condensador, de que a mão do operador formava a outra armadura. A noticia d'este phenomeno se divulgou rapidamente, e as narrações exaggeradas, que d'elle se fizerão, contribuirão singularmente para excitar a curiosidade. Musschenbroeck, que tãobem experimentára a commoção, escreveu a Réaumur, que nem pelo reino de França se exporia a outra igual. Allaman, antigo discipulo de Sgravesande, diz, que o abalo lhe

fez perder, durante alguns instantes, o uso da respiração, e Winkler assevera, que soffrêra violentas convulsões. Forão-se familiarizando com o phenomeno, e Nollet repetiu a experiencia diante do rei sobre 300 homens, que davão as mãos uns aos outros, formando, assim, uma linha continua. Estando a mão do primeiro homem da serie apoiada sobre a armadura exterior da garrafa, no momento, em que o último tocou em o botão, os 300 homens recebêrão, simultaneamente, a commoção. Wilson augmentou o effeito, pondo no exterior do vaso de vidro uma camada de agua da mesma altura que no interior; e Bevis e mais tarde Watson, applicarão folhas de estanho sobre o vidro, e empregarão condensadores planos. A theoria do condensador foi estabelecida principalmente por *Æpino*.

## § XI

### BATERIA ELECTRICA

Do mesmo modo que a respeito do condensador, a quantidade total de electricidade, que podemos accumular numa garrafa de Leyde com uma mesma fonte de electricidade, depende da extensão de sua superficie ou antes da superficie de suas armaduras. Com effeito, a carga não chega ao seo limite senão quando cada um dos ponctos da superficie da armadura em communicação com a máchina electrica tem

uma quantidade de electricidade livre, cuja reacção é igual á da máchina. Procura-se, pois, dar ás garrafas de Leyde a maior superficie possível. Mas as garrafas grandes, alem de difficeis no manejo, tem o inconveniente de se quebrarem com facilidade, se a contextura do vidro não é perfeitamente homogenea. Com effeito, basta haver um poncto no vidro mais fraco do que o resto, para que as duas electricidades, accumuladas nas duas armaduras, obedecendo á tendencia poderosa, que uma tem para a outra, se combinão através d'este poncto, quebrando o vidro. E', pois, preferivel reunir muitas garrafas de grandeza mediocre, estabelecendo uma communicação metallica entre todas as armaduras interiores e outra semelhante entre todas as armaduras exteriores. E' o que constitue uma *bateria electrica*, *fig. 28*.

Cada bateria consta, ordinariamente, de 4 garrafas: tãobem as ha de 9 e de 12. As garrafas collocão-se em uma caixa forrada de folha de estanho, sobre que ellas assentão e que serve para estabelecer communicação entre todas as armaduras exteriores. As armaduras interiores communicão entre si por meio de pequenas astes de metal, que ligão os botões entre si. A descarga opera-se por intermedio d'uma cadeia ou fio metallico fixado por uma de suas extremidades á folha de estanho da caixa e cuja outra extremidade se aproxima do botão d'uma das garrafas por meio d'um cabo isolante, ou por intermedio d'um excitador. E' claro, que pode-

mos reunir muitas baterias formando uma só, assim como se reúnem muitas garrafas formando uma bateria.

## § XII

### CARGA POR CASCATA

Carregar as baterias é sempre operação longa e penosa. E' preciso ter uma boa máquina eléctrica e fazel-a obrar pelo menos alguns minutos. Imaginou-se accelerar a operação, utilizando, para carregar cada garrafa d'uma bateria, a electricidade positiva, que a inducção desenvolve na armadura exterior das outras, e que de ordinario se perde no solo. Com este intuito põe-se cada garrafa da bateria sobre um apoio isolante e independente, de modo que o botão de cada uma d'ellas communique por meio d'uma cadeia de metal com a armadura exterior da precedente, *fig. 29*. O botão da primeira communica-se com o conductor da máquina e a armadura exterior da última com o solo. D'esta disposição resulta, que a electricidade positiva da armadura exterior da primeira garrafa, em vez de ser expellida para o solo, serve para carregar a segunda, penetrando em sua armadura interior; que a electricidade positiva da armadura exterior da segunda carrega a terceira, e assim até à ultima, cuja armadura exterior, communicando com o solo, lhe envia a electricidade positiva, que a inducção desenvolve.

Vê-se, que podemos por esta maneira, que



se denomina *carga por cascata*, carregar qualquer número de garrafas de Leyde com a quantidade de electricidade necessaria para carregar uma só; mas quando as garrafas estão carregadas, é preciso, para accumular o effeito da descarga no mesmo poncto, supprimir as communicações estabelecidas entre as armaduras exteriores e interiores das garrafas; o que se obtem, tirando com um cabo isolante os conductores, que estabelecem esta communicação. Demais, é necessario fazer communicar entre si todas as armaduras interiores, o que se obtem, dispondo convenientemente, por meio d'um cabo isolante, astes ou fios conductores. Estabelece-se uma communicação similhante entre as armaduras exteriores; resultado, que se pode igualmente conseguir sem o emprego dos conductores, aproximando bastante as garrafas, para que suas armaduras exteriores se ponhão em contacto. Temos, então, uma bateria carregada e prompta para entrar em acção.

### § XIII

#### ELECTROMETRO CIRCULAR DE HARRIS

Para conhecer o momento, em que uma garrafa de Leyde ou uma bateria estão sufficientemente carregadas, põe-se a armadura interior em communicação com um electroscopio de mostrador, cuja aste movel descreve um arco de circulo maior ou menor, por effeito da ele-

ctricidade livre, que esta armadura possui. Em geral, deixa-se de fazer chegar electricidade á armadura interior, quando sua electricidade é capaz de fazer descrever á aste movel do electroscopio um angulo de  $45^{\circ}$  a  $50^{\circ}$ , ou ainda melhor quando vemos, que este angulo cessa de crescer; o que prova, que a carga chegou ao seu limite. Neste genero de experiencia usa-se com vantagem do electrometro circular de Harris, que se funda no mesmo principio que o de mostrador, mas que é mais sensivel e mais exacto, *fig. 30.*

#### § XIV

##### ELECTROMETRO DE DESCARGA DE LANE

A divergencia do electroscopio, não dependendo senão da quantidade de electricidade livre, que se acha na armadura interior, não fornece nenhum dado sobre a intensidade da carga total da garrafa ou da bateria. Esta carga pode ser medida pela distancia, em que a faísca salta entre o botão da armadura interior e um botão semelhante, que communica com a armadura exterior. O aparelho, que serve para precisar estas distancias, appellida-se *electrometro de descarga de Lane, fig. 31.*

Um ramo de vidro curvado parte da aste, que penetra no interior da garrafa, e sustenta uma aste horizontal, terminada, em uma de suas extremidades, por um botão, que se acha defronte e a pouca distancia do botão da armadura interior,

e communicando, pela outra extremidade, com a armadura exterior. Faz-se avançar gradualmente, esta aste horizontal, até que os dous botões estejam assaz proximos, para que a fâisca se destaque entre elles. A distancia, a que a descarga tem lugar, é assim apreciada muito exactamente; mas não devemos perder de vista, que ella depende não só da intensidade das electricidades accumuladas, mas tãobem do grau de humidade ou de rarefacção do ar; e é só no caso de este elemento ser constante, que o primeiro pode ser avaliado bem exactamente. E', pois, necessario operar, quanto seja possivel, nas mesmas circumstancias atmosphericas, quando se usa d'este meio, para comparar a potencia relativa de differentes garrafas de Leyde ou baterias electricas.

§ XV

ELECTROMETRO DESCARREGADOR DE CUTHBERTSON

O *electrometro descarregador de Cuthbertson* é um apparelho, que opera por si mesmo a descarga, quando a garrafa ou a bateria tem chegado ao limite de sua carga. Um apoio isolante A, *fig. 32*, sustenta uma aste de metal DC, formada, como os dous braços do travessão d'uma balança, de dous ramos eguaes e moveis à roda d'um eixo central. Estes dous ramos, que communicão com um electrometro de mostrador, terminão um e outro por um botão. Por baixo do botão d'um dos ramos, mas em distancia suf-

ficiente para que a descarga não tenha lugar, ha outro botão similhante *E*, collocado na extremidade d'uma aste metallica *A'*, que communica com a armadura exterior. Por baixo do botão do outro ramo, ha outro botão *D'*, collocado na extremidade d'uma aste metallica, fixada ao mesmo apoio que a aste movel, o qual se põe em communição com a armadura interior. A aste movel está equilibrada de maneira que os botões *D* e *D'* se conservão em contacto, quando a carga é inferior a certo limite; mas quando a carga toca neste limite, a força repulsiva, que a electricidade livre da armadura interior imprime aos dous botões, afasta o botão movel *D* do fixo *D'*, e, por conseguinte, aproxima ao mesmo tempo o botão *C* do ramo opposto do botão fixo *E*, que communica com a armadura exterior. Esta aproximação determina a descarga no momento, em que a distancia, que separa estes dous botões, está reduzida á *distancia explosiva* do apparelho.

### § XVI

#### DESCARREGADOR UNIVERSAL DE HENLEY

Um apparelho indispensavel para as experiencias, que se fazem com as baterias electricas, é o *descarregador universal de Henley*. Este apparelho, *fig. 33*, consta de dous apoios isolantes da mesma altura e situados sobre o mesmo pé. Cada um d'elles tem na sua extremidade superior um Joelho, a que está fixado um pequeno tubo

de metal, em que escorrega uma aste metallica. As duas astes podem assim ser situadas em todas as direcções, e suas extremidades, quando são postas defronte uma da outra, podem ser desviadas, quanto se quizer. Entre as extremidades oppostas d'estas duas astes põe-se, sobre um pequeno apoio, que se pode elevar á vontade, o corpo, que tem de ser atravessado pela descarga, que pode ser um bocado de madeira, uma lamina de vidro, uma folha de metal, etc.: depois faz-se communicar uma das astes com a armadura exterior da bateria, e se estabelece a communicação da outra com a armadura interior por meio do excitador de cabos de vidro ou do electrometro descarregador de Cuthbertson.

## CAPITULO VI

### EFFEITOS DA GARrafa LEYDE E DAS BATERIAS ELECTRICAS

As duas electricidades, quando se combinão através do corpos, que lhe não dão passagem assaz livre, ou porque são maos conductores, ou porque não apresentam dimensões sufficientes, produzem diversos effeitos, alguns dos quaes já estudámos nos capitulos antecedentes. Neste capitulo estudaremos mais alguns, classificando-os nas seguintes especies, *effeitos physiologicos, physicos, mechanicos, chymicos*.

§ I

**EFFEITOS PHYSIOLÓGICOS**

A commoção, que tinha impressionado tanto os physicos de Leyde, foi, immediatamente depois da invenção da garrafa, o phenomeno, que se estudou mais. Notou-se, que ella podia transmittir-se, como acima dissemos, através d'uma fileira de homens, formando a cadeia, isto é, dando as mãos uns aos outros, pegando o primeiro na garrafa pela armadura exterior, e tocando o último no botão. Submetteu-se a esta prova um regimento inteiro, e diz-se que foi deitado por terra com uma só commoção. Nesta experiencia observa-se, que as pessoas, que estão no meio, soffrem um choque menos vivo que os que tocão na garrafa. Nas experiencias d'esta natureza não se deve empregar senão a descarga d'uma garrafa: a d'uma bateria seria perigosa. Com effeito, baterias de mediana força são sufficientes para maclar aves, coelhos e até animaes de maior corpulencia.

§ II

**EFFEITOS PHYSICOS**

*Inflammação de materias combustiveis.* Quando com o dedo tirámos uma faisca, não temos sensação de calor: a mais forte faisca não tem mesmo nenhuma influencia em distancia sobre

os mais sensiveis thermoscopios. Isto não quer dizer, que a faísca não seja acompanhada de calor, e estes resultados negativos devem ser attribuidos á pouca duração do phenomeno. Com effeito, a faísca, passando através das substancias combustiveis, pode inflammal-as.

A menor faísca basta para inflammam o ether. Para fazer esta experiencia, deita-se o ether em um vaso de metal, e o aproximâmos d'uma máchina electrica, de maneira que a faísca se dirija sobre um ponto molhado pelo ether. A experiencia se torna mais curiosa, fazendo sair a faísca do dedo d'uma pessoa situada sobre um banco isolante, ou pondo o vaso sobre a máchina electrica e apresentando-lhe o dedo.

Os corpos solidos podem ser inflammados por grandes faíscas tiradas d'uma máchina electrica ou procedentes da descarga d'uma bateria. Roupa meia queimada, isca, estopa polvilhada de resina ou de enxofre, se accendem facilmente. Ingenhousz obtinha lume, descarregando uma garrafa de Leyde sobre um froco de algodão misturado com pó de resina. Para inflammam a polvora, mettem-se, longitudinalmente, num cartucho d'ella duas astes de metal, que se não toquem. Faz-se partir a descarga entre as duas astes, pondo-as em comunicação com as duas armaduras d'uma bateria.

*Pistola de Volta.* Este apparelho, *fig. 34*, consta d'um vaso de folha de Flandres, em que se introduz uma mistura detonante, formada de dous volumes de hydrogeneo e d'um de oxige-

neo: depois fecha-se, hermeticamente, com uma rolha de cortiça: sobre a parede lateral ha uma tubuladura, por onde passa uma aste metallica, terminada por duas pequenas esferas *A* e *B*, e soldada em um tubo de vidro, que o isola do resto do instrumento.

Pegando da pistola, como a *fig. 35* representa, aproximâmol-a da máchina electrica. Electrizando-se então o botão *A*, negativamente, por influencia, e o botão *B*, positivamente, uma faisca se manifesta entre o botão *A* e a máchina, e no mesmo instante uma segunda faisca se destaca entre o botão *B* e a parede do vaso, que communica com o solo por intermedio da mão. Esta última faisca é que determina a combinação dos dous gazes. Sendo esta combinação acompanhada de vivo desenvolvimento de calor, o vapor de agua, que se forma, adquire tão grande força expansiva, que a rolha é projectada com uma detonação analoga á d'um tiro de pistola.

*Eudiometro de Volta.* Este instrumento, *fig. 36*, usado nos laboratorios de chymica, serve para estudar a composição dos gazes. Consta d'um cylindro de vidro, *t*, terminado por virolas munidas de torneiras *r* e *r'*. A torneira *r* tem por cima um pequeno vaso, e a torneira *r'* tem por baixo um funil, que serve de pé ao instrumento. Em *o* está uma aste metallica isolada, disposta como a da pistola de Volta, e servindo para produzir uma faisca no interior do apparelho, cuja virola superior communica com o solo.



Como exemplo, supporemos, que, sabendo que a agua se compõe de oxygeno e hydrogeneo, queremos saber em que proporções estes gazes estão combinados. Prncipiámos por encher de agua o eudiometro: depois, estando fechada a torneira superior, introduzimos-lhe debaixo de agua volumes eguaes de hydrogeneo e oxygeno, medidos em um tubo graduado. Produzimos a faisca, aproximando do botão o o prato d'um electrophoro, e vemos uma luz viva, que provêm da combinação d'um dos gazes com uma parte do outro. Para sabermos qual é o gaz, que fica, e quanto d'elle fica, aparafusámos sobre o vaso superior um tubo cheio de agua *T*, e, abrindo a torneira *r*, fazemos passar para elle o gaz restante. Fechámos, depois, a torneira *r*, desaparafusámos o tubo *T*, e fechando-o com o pollex, o transportámos á tina de agua. Achámos, que este gaz é oxygeno puro, e que occupa um volume egual á quarta parte da mistura introduzida: d'onde concluimos, que a agua é formada d'um volume de hydrogeneo e  $\frac{1}{2}$  vol. de oxygeno, ou de 2 vol. de hydrogeneo para um de oxygeno.

*Fusão e volatilização de metaes.* Com a descarga d'uma bateria podemos abraçar, fundir e até inflamar fios metallicos muito finos, collocados entre as duas extremidades oppostas das astes do descarregador universal. O comprimento, que podemos dar a um mesmo fio, depende da força da bateria. Se é um fio de ferro, vemol-o saltar em pequenos globulos fun-

didos, que são projectados para longe. Fios de estanho dão logar a um phenomeno similhante, ou, se a descarga é ainda mais forte, desapparecem debaixo da forma de pó fino e esbranquiçado: é o resultado da oxydação do estanho. O ouro, reduzido a fios ou a laminas muito delgadas, é egualmente volatilizado por uma descarga forte; ao menos eleva-se no ar debaixo da forma de vapor avermelhado.

Singer aproveitou esta propriedade para obter pequenos desenhos electricos, *fig. 37*: fez um recorte num cartão, em cujas margens pegou laminas de estanho. Cobriu o recorte, d'um lado com uma folha de ouro batido, que tocava nas laminas de estanho, e do outro lado com uma fita de seda; a outra face da fita assentava sobre um boccado de cartão: sobre a folha de ouro applicou as duas tiras de cartão *m* e *n*. Collocou todo o systema em uma prensa, para garantir bem o contacto, *fig. 38*. Depois fez passar a descarga da bateria através da folha de ouro por meio das duas laminas de estanho: o ouro aqueceu-se e oxydou-se; como não poude escapar-se para o ar, passou através dos orificios do recorte e produziu sobre a fita de seda um desenho de côr escura avermelhada, muito regular, e que reproduziu a imagem do recorte.

§ III

EFFEITOS MECHANICOS

*Furador de cartão.* Este instrumento, *fig. 39*, oferece um phenomeno curioso: sendo cada ponta posta em communicação com uma das armaduras da garrafa, a faísca se manifesta, e o cartão é furado. Em ambas as faces do cartão observámos á roda do buraco um pequeno bordelete e filamentos, que se estendem para fora, como se o fluido tivesse partido do meio do cartão, para sair pelas suas duas faces. OErsted explicou este facto, suppondo, que a electricidade não tem movimento de translação nos corpos, mas sómente um movimento de vibração, pela qual se operão, á roda de cada molecula, decomposições successivas. Assim, o fluido vitreo, que se apresenta no poncto *a*, decompõe o fluido natural das moleculas, que encontra, attrahe o resinoso, com que se recombina por uma faísca, repelle o vitreo, que vai por sua vez decompor o fluido natural das moleculas seguintes, attrahir o resinoso, para se recombina com elle por nova faísca, e repellir o vitreo, e assim por diante; de sorte que ha tantas faíscas, quantas são as moleculas da materia ponderavel.

O buraco do cartão não se faz a egual distancia das duas pontas; mas no ar ordinario faz-se sempre perto da ponta resinosa, e, no ar rarefeito debaixo da campanula da máchina pneu-

mática, desvia-se d'esta ponta, para se aproximar cada vez mais da ponta vitrea. Este facto, verificado por Trémery, parece provar, que o fluido negativo atravessa o ar com menos facilidade do que o fluido positivo.

*Furador de vidro. fig. 40.* Para furar o vidro por meio da descarga electrica, alterâmos um pouco a disposição do apparatus precedente, porque é então necessario, pôr na extremidade d'uma das pontas uma gotta d'um liquido conductor, uma gotta de oleo, por exemplo, que toque, immediatamente, no vidro em sufficiente extensão.

#### § IV

#### EFFEITOS CHYMICOS

Se fazemos passar uma serie de faiscas por uma proveta collocada sobre mercurio, e contendo algum d'estes gazes, gaz oleificante, acido sulphydrico, acido chlorhydrico, protoxydo de azote, gaz ammoniaco, phosphureto de hydrogeneo, elles se decompõem e seos elementos se separão. Estas decomposições, conhecidas dos antigos physicos, forão particularmente estudadas por Van-Marum. Os oleos, postos em lugar dos gazes, se decompõem tãobem e dão gaz oleificante, hydrogeneo e oxygeneo. A faisca pode tãobem produzir combinações: Priestley achou, que uma serie de faiscas através do ar faz diminuir seo volume e lhe communica a propriedade de avermelhar a tinctura de tornesol; Ca-

vendish reconheceu, que neste caso se formava acido azotico pela combinação d'um pouco de oxygeneo e de azote.

Se fazemos cair faiscas d'uma mácliina positiva sobre a extremidade d'uma tira de papel humido, corado com xarope de violetas, esta extremidade faz-se vermelha, e a outra, que deve communicar com o solo, faz-se verde. Uma serie de losangos do mesmo papel, applicados sobre uma lamina de vidro, uns atraz dos outros, tãobem se fazem vermelhos no vertice voltado para o lado da mácliina, e verdes no vertice opposto. Ora, é sabido, que os acidos avermelhão o xarope de violas, e que os alcalis o fazem passar á côr verde. Os saes, que entrão na composição de papel corado, são, pois, decompostos.

*Decomposição da agua.* Descargas fortes através da agua decompõem uma pequena porção d'ella. Wollaston conseguiu esta decomposição por meio de fracas tensões, tendo o cuidado de fazer sair a electricidade por uma ponta muito fina, para que toda a sua energia se exercesse sobre algumas moleculas sómente. Viu uma corrente de pequenas bolhas gazosas escapar-se da ponta de ouro. Para ter uma ponta muito fina, empregou o seguinte processo: encheu um tubo capillar de chlorureto de ouro, e, fazendo-o aquecer, o metal se depoz sobre o tubo. Puxou depois o tubo com a lampada, obtendo uma ponta de vidro muito fina, contendo um fio de ouro excessivamente fino. Fazendo sair a electricida-

de d'um modo continuo, por este fio de ouro, posto em contacto com o conductor d'uma má-china electrica, a corrente de bolhas se apresentou na extremidade immersa na agua.

*Ozone.* Quando se faz passar uma serie de faiscas através do oxygeneo puro, este exhala um cheiro particular e adquire propriedades chymicas novas. Este oxygeneo, assim modificado pela electricidade, recebeu de Schönbein o nome de ozone. Mais tarde voltaremos ás propriedades d'este producto singular.

## CAPITULO VII

### LUZ ELECTRICA

#### § I

PARA SE PRODUZIR A LUZ ELECTRICA, É PRECISO,  
QUE A ELECTRICIDADE ESTEJA EM MOVIMENTO

Temos tido occasião de citar muitas circumstancias, em que o desenvolvimento da electricidade é acompanhado de effeitos luminosos. Agora, vamos estudar as condições, em que este phenomeno se manifesta; e desde já diremos, que a electricidade não gera luz senão quando está em movimento: emquanto se acha em equilibrio, emquanto se conserva *estatica*, não dá nenhuma apparencia luminosa. Mas, se se desloca, por exemplo, quando se escapa por uma ponta, quando corre para o solo em mui-

to grande quantidade por um conductor de pequena secção, quando se precipita entre dous corpos, pode fornecer uma luz mais ou menos viva. A fuisca electrica nos apresenta a luz electrica em seo mais vivo esplendor. E' o phenomeno, que estudaremos primeiro.

## § II

### ORIGEM DA FAISCA ELECTRICA

A fuisca electrica é o resultado da combinação da electricidade através d'um meio mau conductor, que, de ordinario, é o ar. Para demonstral-o, podemos empregar a máchina electrica de Nairne, que pode ter, como dissemos, dous conductores, um positivo, outro negativo, a cada um dos quaes se prende uma peça movel, de modo que as extremidades livres d'estas duas peças possam aproximar-se á vontade. Quando a distancia é assaz pequena, ou assaz grandes as cargas nos conductores, que se achão electrizados contrariamente, a attracção mutua dos dous fluidos pode vencer a resistencia do ar, precipitão-se um sobré o outro, e apparece uma brilhante fuisca entre as duas peças moveis, a qual se renova com mais ou menos frequencia, se continuâmos a fazer gyrar o cylindro de vidro. Cada fuisca é acompanhada d'uma pequena explosão.

Produzimos, ordinariamente, a fuisca, apro-

ximando d'um conductor electrizado outro corpo conductor, por exemplo, o dedo. E' facil ver, que a electricidade é ainda aqui devida á combinação dos dous fluidos. Ha que examinar dous casos: o corpo, que se apresenta, ou está em comunicação com o solo, ou está isolado.

1.º Se o corpo, que se aproxima, communica com o solo, ha, por influencia, decomposição de sua electricidade neutra: o fluido do mesmo nome é repellido e passa para o solo, e o fluido de nome contrário é attrahido. Quando a distancia é assaz pequena, os dous fluidos, que estão presentes, se precipitam um para o outro através do ar, produzindo a fuisca. Esta fuisca é tanto mais comprida, quanto mais carregado está o conductor e também quanto mais extenso é. Pareceria, que esta última circumstancia não devia influir senão sobre as quantidades de electricidade, que se combinão, e, por consequente, sobre a grossura da fuisca: mas é mister advertir, que a electricidade do conductor se dirige para o ponto, que está fronteiro ao corpo, que d'elle se aproxima, obedecendo á attracção do fluido contrário, desenvolvido por influencia sobre este último. Ora, quanto mais electricidade houver sobre o conductor segundo sua extensão, maior será a quantidade de electricidade, assim accumulada entre os pontos, que estão presentes, e mais fortemente obrará, para vencer a resistencia do ar. E', por isso, que uma máchima electrica, munida de conductores secundarios, fornece fuiscas não só mais grossas,



mas tãobem muito mais compridas do que quando está reduzida aos seus conductores ordinarios.

2.º Quando o corpo, que se aproxima do conductor electrizado, se acha isolado, a faisca não se manifesta senão em pequena distancia, e o corpo se carrega de electricidade do mesmo nome que a do conductor. Supponhamos este último carregado de fluido positivo: a decomposição por influencia se fará no corpo isolado, que d'elle se aproxima; mas o fluido positivo repellido, não podendo passar para o solo, ficará no corpo, restringirá ao principio a decomposição por influencia, depois, obrando pela repulsão sobre o fluido do corpo electrizado, obstará a que este fluido se accumule no poncto mais proximo, e se opporá á sua tendencia a vencer a resistencia do ar. Quando a faisca se tiver destacado, a electricidade repellida tornar-se-á a achar no corpo, em quantidade precisamente igual á que tiver desaparecido no conductor electrizado, visto que os dous fluidos separados por influencia são sempre em quantidades equivalentes. E' o que tinha feito suppor a Franklin, que a faisca era o resultado da passagem da electricidade d'um para outro corpo.

A faisca se destaca numa distancia tanto maior, quanto mais volumoso é o corpo isolado, que se lhe apresenta. Com effeito, concebemos, que o fluido repellido, estando então mais afastado do conductor electrizado, contraria menos a aproximação do fluido d'este último. Demais, ha

maior quantidade de fluido decomposto. Esta última causa produz effeito semelhante, quando o corpo não está isolado; e, se apresentâmos a uma máquina electrica duas espheras não isoladas, de grandeza muito differente, a faisca fere a maior em maior distancia do que a menor.

Quando o corpo electrizado é mau conductor, a faisca é muito pequena, porque o fluido d'este corpo não pode transportar-se senão de pontos muito vizinhos. Se o corpo, que aproximâmos d'um conductor electrico, é mau conductor, a decomposição por influencia não pode produzir-se, e não se obtem fiascas, ou é excessivamente pequena.

### § III

#### RUIDO DA FAISCA ELECTRICA

A pequena explosão, que acompanha a faisca electrica, se explica pela repentina commoção, que o ar experimenta durante o conflicto dos dous fluidos. A existencia d'esta commoção se verifica por diversos meios. Kinnersley, que foi o primeiro, que observou o phenomeno, imaginou um pequeno aparelho, destinado a apreciar, até certo ponto, a sua intensidade.

*Thermometro de Kinnersley.* Este instrumento é representado na *fig. 41*; o tubo mais grosso é, completamente, fechado, e communica por baixo com um tubo mais estreito *nn'* aberto por cima: na parte inferior do aparelho existe agua. Quando fazemos apparecer a faisca entre as duas espheras, que estão dentro do tubo mais gros-

so, o liquido é, repentinamente, levantado de  $n$  para  $n'$  pelo abalo produzido no ar, e torna logo a descer. Quando a faísca é forte, o liquido pode saltar para fóra do tubo  $nm'$ . O nome de *thermometro*, dado a este instrumento, procede de que elle faz ver, que a passagem da faísca é acompanhada de elevação de temperatura; porquanto, o liquido, no primeiro momento, não volta, exactamente, ao movel  $n$ ; o que prova, que o ar foi dilatado pelo calor.

*Morteiro electrico.* A expansão do ar alojado em  $o$ , *fig. 42*, arremessa a balla collocada por cima, quando se faz apparecer a faísca entre as duas astes de metal, que atravessão as paredes do pequeno morteiro de marfim. Deitando em  $o$  uma pequena gotta de ether, a acção é ainda mais viva.

#### § IV

##### FAISCA ATRAVÉS DOS LIQUIDOS E DOS SOLIDOS

A combinação das duas electricidades pode fazer-se através dos liquidos. A *fig. 43* representa a disposição, por meio da qual se faz a experiencia. As astes isoladas  $a$  e  $b$  são revestidas de resina laca, nas partes, que mergulhão no liquido, excepto nas extremidades. Uma é posta em communicação com o solo, a outra com uma máchina electrica bem carregada. No momento, em que a faísca se destaca, o liquido é projectado ao longe; o que mostra, que ha uma commoção violenta, como no ar.

A fuisca pode tãobem manifestar-se através dos corpos solidos isolantes: entãõ estes corpos sãõ atravessados por um buraco tanto maior, quanto mais consideraveis sãõ as quantidades dos fluidos, que se combinãõ. Mas é preciso usar de muito grandes cargas, para vencer a resistencia dos solidos, aindaque sejiãõ laminas delgadas. Mais tarde veremos, como se podem obter enormes cargas para esta especie de experiencia. Tãobem estudaremos como varia a distancia, em que a fuisca pode passar, quando se muda a natureza do meio interposto, ou se faz variar sua pressãõ, se é gazoso, ou emfim o grau de carga.

### § V

#### DA FORMA DA FAISCA NOS GAZES

Nãõ se tem estudado a forma da fuisca senãõ nos gazes, e, particularmente, no ar. Quando a fuisca se manifesta no ar e é curta, apresenta-se linear, e seo aspecto varia conforme o comprimento. Becquerel e Peyrè estudãrãõ este phenomeno com attençãõ. A *fig. 44* representa algumas das apparencias da fuisca linear. Quando a distancia excede 5 ou 6 centimetros, o brilho é vivissimo, e a linha luminosa principia a apresentar irregularidades. Finalmente, quando o comprimento é ainda maior, a fuisca é muito irregular: ora é uma curva brilhante muito sinuosa, *ab, fig. 45*, deixando escapar finas ramificações em diversas direcções; ora apresenta a

forma de zig-zag, *cd*, *fig. 46*. Esta última forma é mais rara do que a primeira, e se manifesta, particularmente, quando as cargas são muito fortes. Também às vezes acontece, que a fiação se divide em muitos ramos, quando é mais comprida.

E' muito difficil explicar a forma irregular da fiação. Tem-se attribuido á resistencia do ar, que, repentinamente, repellido pela impetuosidade do fluido, se comprime no sentido, em que se precipita, de maneira que offerece maior resistencia; o que força a electricidade a mudar de direcção. Também se tem invocado a falta de homogeneidade do ar e a presença de parcelas estranhas em suspensão. Para apoiar estas explicações, faz-se a experiencia seguinte:

*Ovo philosophico.* Tomâmos um vaso de vidro de forma oval, *fig. 47*, guarnecido d'uma torneira, por onde se pode extrahir o ar, e munido de duas astes metallicas, terminadas interiormente por esferas. Uma d'estas astes atravessa uma caixa de coiro, que permite introduzil-a mais ou menos. Quando fazemos comunicar esta aste com uma máchina electrica e a outra com o solo, apparecem fiascas sinuosas entre as duas esferas. Se rarefazemos um pouco o ar, as fiascas são menos sinuosas e podem lançar-se a maior distancia. Veremos, que esta distancia está na razão inversa da pressão do gaz. Finalmente, quando a pressão não é senão d'alguns centimetros, a electricidade passa, continuamente, entre as duas esferas e toma a

forma d'um espheroides luminoso, conhecido pelo nome de *ovo electrico* ou *ovo philosophico*, nome, que tãobem se dá ao aparelho.

§ VI

CÔR DA FAISCA ELECTRICA

Faraday reconheceu, que a faisca electrica apresenta côres differentes nos diversos gazes. No ar, no oxygeno, no acido chlorhydrico secco, a faisca é de côr branca, ligeiramente azulada, principalmente no ar; no azote é azul ou purpúrina, e deixa ouvir um som notavel; no hydrogneo a côr é carmezim e desaparece, quando este gaz se rarefaz; no acido carbonico a côr é verde e a forma muito irregular; no oxydo de carbonio é ora vermelha ora verde.

O ovo philosophico pode servir para demonstrar a côr da faisca electrica. Nelle se introduzem, successivamente, depois de feito o vacuo, os gazes, que não atacão os metaes. Podemos tãobem, num relance de olhos, comparar as côres da faisca, por meio do aparelho da *fig. 48*; os tubos *a*, *a'*, *a''*, forão fechados com a lampada depois de estarem cheios de diversos gazes. Cada um delles se acha munido de dous boccados de fio de platina, que atravessão o vidro, ao qual estão presos. Aproximão-se estes tubos, para que os fios de platina se unão em *n, n*. Se depois fazemos communicar o fio *c* com o solo, e o fio *b* com uma esphera, sobre a

qual se lancem faiscas electricas, vemos, ao mesmo tempo, faiscas similhantes em cada tubo, e distinguimos suas differentes côres. Becquerel notou, que a luz é tanto mais branca, quanto maior é a densidade propria do gaz.

## § VII

### PHENOMENOS RECREATIVOS, PRODUZIDOS PELA FAISCA ELECTRICA

Ha nos gabinetes de physica pequenos apparelhos, destinados a multiplicar a faisca e a produzir effeitos variados. O principio de todos estes apparelhos é o mesmo: sobre uma superficie de vidro pegão-se com gomma boccadinhos de folha de estanho ou de chumbo de forma rhomboidal ou circular, *a, b, c, d, e, fig. 49*, deixando entre si um pequeno intervallo. Se fazemos communica a extremidade *a* da serie com uma machina electrica, e a outra extremidade com o solo, a electricidade positiva da machina se dirige para *a*; esta electricidade decompõe por influencia o fluido neutro de *b*; a electricidade positiva, procedente d'esta decomposição, obra do mesmo modo sobre *c*, e assim por diante, até ao último bocado de estanho, cujo fluido positivo passa para o solo. Logoque a carga é assaz forte em *a*, a faisca apparece entre as duas laminas *a* e *b*. Ao mesmo tempo se produz entre *b* e *c*, porque, sendo destruido o fluido negativo de *b*, seo fluido positivo vai subitamente para *c*, onde

determina uma nova decomposição do fluido neutro, e a faísca se manifesta. A destruição do fluido negativo, que d'aqui resulta sobre *c*, determina do mesmo modo a explosão entre *c* e *d*, e assim por diante. Este movimento se executa com tal rapidez, que as faíscas apparecem no mesmo instante em todos os intervallos.

*Tubos e vidros scintillantes.* Quando os bocados de estanho estão pegados sobre tubos de vidro, temos os *tubos scintillantes*, *fig. 50*. A faísca desenha as linhas, segundo as quaes se dispozerão os fragmentos de metal. Quando estão pegadas sobre laminas de vidro, temos os *vidros ou quadros scintillantes*, de que já demos idea noutro logar. Bertholon variou muito estas especies deapparelhos: quando queria formar um desenho, cujas linhas se encontravão, punha uma parte d'um lado da lamina de vidro, e a outra parte do lado opposto. Depois imaginou-se uma disposição, que permite formar os mais complicados desenhos, sem haver precisão de attender ao cruzamento das linhas. Pega-se sobre a lamina de vidro uma tira de estanho muito estreita, indo d'um para outro lado, e apresentando partes parallelas, reunidas duas a duas, de maneira que formem uma tira continua, como se vê na *fig. 51*. Uma das extremidades d'esta tira está em contacto com o pé do instrumento, que communica com o solo; a outra extremidade se acha em contacto com a esphera situada na parte superior. Se sobre esta tira practicâmos soluções de continuidade, em qualquer nú-



mero e em quaesquer pontos, e se fazemos chegar a electricidade pela esphera superior, teremos uma faisca em cada solução de continuidade. Poderemos, pois, com uma ponta, traçar através da tira de estanho todos os desenhos, que quizermos.

### § VIII

#### PENNACHOS ELECTRICOS

Quando d'uma parte saliente d'um conductor muito electrizado *positivamente*, a electricidade sae para o ar, apresenta a apparencia de pennacho luminoso divergente, cujo brilho, assaz vivo no ponto de partida, vai diminuindo, á medida que diverge. Este pennacho parece composto de pequenos pontos brilhantes, tanto mais facéis de distinguir, quanto maior elle é, *fig. 52*. Ao mesmo tempo se ouve certa crepitação. Para observar este phenomeno, põe-se sobre o conductor d'uma forte máchina electrica uma pequena esphera metallica: quanto menor é a esphera, mais fraco é o pennacho, que d'ella escapa, bem como a crepitação, que o acompanha. Esta crepitação é, ao mesmo tempo, mais continua, mais aguda, e os pontos brilhantes do pennacho são menos distinctos. Se substituimos a esphera por um pequeno cylindro arredondado, perpendicular ao conductor, o pennacho diminue ainda; quando, finalmente, se usa d'uma ponta, o pennacho não é mais do que um clarão continuo, e nenhum ruido se ouve.

Faraday explica estas diversas apparencias, admittindo, que o pennacho se compõe d'uma innumeravel quantidade de pequenas faiscas, que se formão entre as particulas do ar. A crepitação é produzida por estas descargas. No poncto de partida, a luz é mais viva, porque as moleculas de ar, que recebem toda a influencia electrica, são menos numerosas do que em maior distancia da esphera electrizada.

Para tornar o pennacho mais sensivel, basta, como se podia prever, aproximar do poncto, d'onde elle parte, um corpo bom conductor não isolado. Este corpo se carrega, por influencia, da electricidade contrária á da máchina, e obra no mesmo sentido d'esta última para polarizar as particulas do ar; por isso, o pennacho toma então dimensões e brilho muito maiores, dirigindo-se para o lado do corpo, que se aproxima, *fig. 53.*

Se o pennacho diminue, quando a esphera é mais pequena, ou quando é substituida por uma ponta, é porque a electricidade se escapa mais facilmente do conductor, cuja carga não pode já attingir tão forte limite: então as decomposições particulares não podem fazer-se senão entre moleculas muito proximas.

Weatstone demonstrou, por uma experiencia engenhosa, a descontinuidade do pennacho e a duração de transmissão das descargas moleculares, duração motivada pela má conductibilidade do ar. O principio de seo methodo, principio, que elle applicou, como mais tarde veremos, á medição da

velocidade da electricidade nos bons conductores, é o seguinte: quando se faz gyrrar um espelho na presença d'um poncto luminoso fixo, os raios reflexos se deslocão uma quantidade angular dupla da que se desloca o espelho durante o mesmo tempo; de sorte que vemos a imagem do poncto luminoso caminhar no espelho. Se este poncto não brilha senão durante um instante, sua imagem percorrerá um pequeno espaço linear, tanto mais extenso, quanto mais velozmente gyrrar o espelho; e se a velocidade de rotação do espelho é muito grande, veremos um traço luminoso, cujo comprimento dependerá do tempo, que o poncto luminoso subsistir. Se muitos ponctos brilhão successivamente, a cada um d'elles corresponderá um traço brilhante, e estes traços estarão mais ou menos adiante uns dos outros. Posto isto, quando se faz gyrrar o espelho defronte d'um pennacho com a velocidade de 600 a 800 voltas por segundo, vemos no espelho uma multidão de pequenos traços luminosos, alongados no sentido do movimento, e passando uns adiante dos outros; o que prova a descontinuidade do pennacho e ao mesmo tempo a duração apreciavel de cada faisca molecular.

### § IX

#### DIFFERENÇA ENTRE OS PENNACHOS POSITIVOS E NEGATIVOS

Podemos dizer, em geral, que o pennacho,

formado pelo corrimento da electricidade positiva, é mais bello que o que é fornecido pela electricidade negativa. É, principalmente, nas pontas, que a differença se torna sensivel: a electricidade positiva forma um feixe divergente, e o fluido negativo não dá senão um ponto uminoso ou uma estrella, *fig. 54*. Quando o ar se rarefaz, esta differença é menos consideravel. Não é a mesma nos diversos gazes: assim é mais pronunciada no azote do que no ar. No hydrogeneo e no oxygeneo o pennacho positivo diminue, e o negativo fica o mesmo. No oxydo de carbonio e no acido carbonico os pennachos são quasi os mesmos e pouco brilhantes. E podemos dar ao pennacho negativo a mesma apparencia que ao positivo, ministrando muito mais electricidade.

Faraday concluiu d'estes factos, que as differenças provêm de que o fluido negativo se escapa mais facilmente para o ar do que o fluido positivo; de sorte que a carga é sempre menor, quando o conductor contém fluido negativo. Com effeito, os conductores carregados negativamente se descarregão com mais facilidade no ar do que os que estão carregados positivamente, e a differença não é a mesma nos diversos gazes. Seja como for, é importante considerar estes resultados, porque levão á evidencia novos caracteres distinctivos entre as duas electricidades.

## § X

PENNACHOS NO AR RAREFEITO  
E EM DIVERSOS MEIOS

*No ar rarefeito.* Quando a pressão do ar diminue, os pennachos se produzem mais facilmente, e podem attingir grande comprimento. A experiencia do ovo electrico põe este resultado em evidencia. Quando fazemos passar a electricidade através d'um grande tubo, *fig. 55*, terminado por virolas metallicas, guarnecidas de pontas, figuradas á parte em *a* e *b*; depois de termos rarefeito bem o ar, vemos longos pennachos, que se vão ramificando, a partir do ponto, que recebe o fluido positivo. Quando o vacuo é o mais completo possivel, já não distinguimos nenhum pennacho propriamente dicto; mas o tubo se enche d'um clarão purpurino, que parece caminhar, tumultuosamente, no sentido da electricidade positiva, e cuja intensidade augmentará nos pontos, de que aproximarmos um corpo bom conductor.

*Em differentes meios.* Faraday estudou os pennachos nos diversos gazes. Como era natural esperar, pela natureza differente de suas particulas, estes pennachos apresentam apparenças diversas. É no azote, que observámos os resultados mais notaveis: quando este gaz está rarefeito, o pennacho é magnifico. No hydrogeneo é esverdeado, mesmo quando o gaz está rarefeito, no qual caso se ramifica d'um modo

muito pronunciado. No oxygeno os effeitos são analogos aos que se produzem no ar, mas muito menos bellos. O oxydo de carbonio dá tão-bem resultados pouco pronunciados: o pennacho é curto e de côr verde; quando o gaz está rarefeito, a luz é fraca e acinzentada. Outro tanto podemos dizer do acido carbonico, com a differença de ser a côr ligeiramente purpurina. Finalmente, no acido chlorhydrico é difficil obter pennachos, e são mais fracos ainda do que nos gazes que precedem.

Todos estes resultados, que tanto dependem da natureza do meio interposto, são totalmente independentes do corpo bom conductor, d'onde parte o pennacho.

## § XI

### LUZ ELECTRICA NO VACUO E NOS VAPORES

Se o pennacho electrico, como pensava Faraday, não é senão uma descarga através do meio ambiente, não deve haver luz electrica no vacuo absoluto. Ora, o vacuo mais perfeito, que podemos fazer, é o vacuo barometrico. Cavendish fez experiencia nesta especie de vacuo, usando d'um apparelho chamado *duplo barometro*, *fig. 56*. Este apparelho consta d'um tubo recurvado *anb*, cujos dous ramos contêm columnas de mercurio, que se equilibrão com a pressão atmospherica e mergulhão em tinas separadas. Na parte superior *n* ha o vacuò. Se

ponemos a tina *a* em comunicação com a máquina electrica e a tina *b* com o solo, a electricidade passa d'uma para outra tina pelas columnas de mercurio e através do espaço vazio, que então apparece cheio d'um clarão muito fraco e agitado como na experiencia feita com o tubo, representado na *fig. 57*, quando nelle se faz o vacuo. Sabemos que na camara barometrica não ha o vacuo absoluto; contém vapor de mercurio, vapor extremamente raro, é verdade; por isso, o clarão é excessivamente fraco, e tanto mais, quanto mais baixa é a temperatura; porque então ha ainda menos vapor.

Davy fez experiencias, que bem mostram a influencia da temperatura, e que completarão o que temos que dizer sobre a luz electrica nos fluidos elasticos. Estas experiencias forão feitas com o aparelho da *fig. 58*; *cr* é um tubo recurvado, munido d'uma torneira de ferro *r*, e d'uma aste de platina *t*, que está fixada no vidro. Depois de se ter enchido de mercurio bem secco pela ebullição o ramo fechado, faz-se o vacuo pela torneira *r*, e o espaço *c* fica depressa completamente privado de ar. Se então se fazia communicar o botão *t* com uma máquina electrica, e a torneira *r* com o solo, o fluido salvava o espaço *c*, dando um clarão extremamente fraco, quando a temperatura era inferior a zero. Mas, quando a temperatura ia augmentando, a luz se fazia cada vez mais visivel, e quando o tubo estava muito quente, era viva e de côr verde. Se se introduzia um pouco de ar

no aparelho, a luz tomava a côr azul, depois a purpurina.

Davy substituiu ao mercurio estanho fundido muito puro, e feito o vacuo emquanto o aparelho estava mergulhado no banho de metal fundido, viu o clarão apresentar-se ainda, quando o aparelho resfriou até abaixo de  $-17^{\circ}$ ; mas era tão fraco, que não se podia divisar senão na mais completa obscuridade: sua côr era amarellada, e sua intensidade não era, sensivelmente, augmentada pelo calor.

Finalmente, Davy fez ainda experiencias, deitando no tubo, em lugar de mercurio, azeite ou chlorureto de antimonio. Com estes liquidos, que dão pouco vapor, principalmente o azeite, o clarão, no vapor de azeite, era branco e fraco, e, no de chlorureto de antimonio, era purpurino e mais vivo.

Tãobem se attribue a effeitos electricos a *phosphorescencia* espontanea de certos corpos e a que em outros se pode produzir por diversas causas. A luz pallida e sem calor apreciavel, que constitue a phosphorescencia, muito se assemelha, com effeito, aos clarões electricos, de que acabâmos de fazer menção.

Vemos, finalmente, que a luz electrica não só pertence exclusivamente á electricidade em movimento, mas tãobem podemos agora accrescentar, que é sempre o resultado da combinação das duas electricidades.



## CAPITULO VIII

### FONTES DE ELECTRICIDADE

#### § I

#### FRICÇÃO

A fricção é uma das causas mais poderosas de electrização. Todos os corpos solidos podem electrizar-se por sua fricção reciproca; não ha um só, que não possamos electrizar, esfregando-o com qualquer substancia, com tanto que um dos dous corpos friccioneantes ou friccioneados seja mau conductor. A fricção dos liquidos contra os solidos desenvolve tãobem electricidade; é o que acontece, quando agitâmos mercurio em um vaso de vidro bem secco, ou quando fazemos passar este liquido através d'uma pelle de camurça; é o que tãobem acontece, quando o vapor, que sae d'uma caldeira d'alta pressão, comsigo arrasta gottas de agua.

As experiencias, relativas á fricção reciproca dos liquidos e á fricção dos gazes contra os outros corpos, não podem reputar-se concludentes, por causa de seo pequeno número, e, principalmente, por causa das difficuldades immensas, que apresentam. Parece todavia, que os liquidos podem electrizar-se por sua reciproca fricção, entretanto que os gazes não adquirem nenhum vestigio de electricidade, nem por sua fricção

reciproca; nem por sua fricção contra os outros corpos.

§ II

PRESSÃO

A pressão é uma causa de electrização muito menos energica do que o atrito, mas não é menos geral. Acha-se, com effeito, que dous corpos isolados, sendo um d'elles pouco conductor, se constituem sempre, pela pressão, em dous estados electricos oppostos, e que a especie de electricidade, adquirida por um corpo depende da natureza do corpo, contra o qual é premido. Se um dos corpos não está isolado e é bom conductor, perde sua electricidade no solo e só o outro conserva a que adquire. Convencemo-nos facilmente d'estes resultados, dando aos corpos, que pretendemos experimentar, a forma de discos d'alguns millimetros de espessura, e adaptando-os a cabos de vidro: um só contacto basta, em geral, para lhes dar electricidade apreciavel pelo pendulo electrico; mas sua carga torna-se cada vez mais forte, quando reiterámos os contactos.

A natureza dos corpos influe na electrização pela pressão: conservão, depois de sua separação, tanto menos electricidade, quanto melhores conductores são, não conservando nem vestigio d'ella, se tem perfeita conductibilidade. O grau de elasticidade dos corpos não modifica menos sua aptidão a electrizar-se pela pressão; os mais

elásticos são os que recebem maior carga. O estado da superfície do corpo influe também nesta maneira de electrização: o espatho de Islandia, por exemplo, electriza-se fortemente, se está polido, e muito pouco, se o não está: até se faz tão bom conductor neste último caso, que é necessario isolal-o. A agua, que muitas vezes reveste os corpos, pode obstar a que se electricizem pela pressão; por isso, é preciso prival-os d'ella, antes de submettel-os ás experiencias.

O grau de pressão e a rapidez da separação exercem influencia no phenomeno: a quantidade de electricidade cresce com a pressão e lhe é proporcional até certo limite. Devemos, para reconhecer esta lei, separar rapidamente os discos; porquanto, se os separarmos lentamente, não possuirão, em geral, senão uma carga de electricidade relativa á pressão, que elles tinham no fim do contacto. Se, por exemplo, premimos um disco de cortiça sobre uma laranja, e o retirâmos rapidamente, achâmos a cortiça muito electrizada; mas, se a retirâmos lentamente, sua tensão electrica diminue e chega até a ser nullo, se a rapidez de separação é muito pequena.

Os corpos electrizados pela pressão conservão muito tempo sua electricidade: o espatho de Islandia offerece ainda vestigios de electricidade, oito ou dez dias depois da pressão; e, além d'isto, sua *força conservatriz* subsiste apesar da conductibilidade do meio, em que se acha.

§ III

ACÇÃO DO CALOR

O calor é uma causa de electrização: muitos crystaes, como a tormalina, o topazio, se electrizam, quando se aquecem ou quando se esfrião. A acção do calor, como causa de electrização, tem sido estudada principalmente na tormalina. Vamos fazer conhecer as propriedades electricas d'este corpo.

1.º Quando aquecemos, uniformemente, uma tormalina em todos os pontos de sua superficie, não indo, todavia, além de certos limites de temperatura, adquire, em geral, os dous fluidos electricos: estes fluidos se distribuem na sua massa, apresentando intensidade maxima em dous pontos vizinhos das extremidades e tensões eguaes e de signaes contrarios em pontos igualmente distantes d'uma linha neutra. Suas propriedades electricas desapparecem, logo que a temperatura se torna estacionaria, e reapparecem, quando principia a baixar; mas os polos mudão de signal, segundo a electrização provém d'um aquecimento ou d'um resfriamento. E', ordinariamente, entre 10º e 150º que as tormalinas se tornão electricas pelo calor; fora d'estes limites, difficilmente se electrizam.

2.º Quando uma tormalina se tem electrizado pela acção do calor, não perde sua electricidade, ainda que lhe toquemos com um condu-

ctor: se, alem d'isto, a quebrâmos transversalmente em varias partes, cada uma d'ellas possui ainda dous polos, como a tormalina inteira.

3.º Quando aquecemos ou esfriâmos uma das extremidades d'uma tormalina, mantendo a outra em temperatura constante, a extremidade aquecida ou esfriada toma o mesmo estado electrico que se a tormalina inteira participasse da mesma mudança de temperatura; e a outra não dá nenhum signal de electricidade. Este resultado é inexplicavel, porque uma das electricidades não se desenvolve nunca sem a outra.

4.º No mesmo jazigo, achão-se tormalinas, que se electrizão pela mais fraca variação de temperatura; achão-se outras, que não se aquecem senão por uma mudança rapida e forte; achão-se, finalmente, algumas, que não se electrizão jámais pelo calor. Os crystaes mais electricos se electrizão pelas mudanças lentas e pelas mudanças rapidas de temperatura, e os crystaes pouco electricos não se aquecem senão pelo segundo modo.

Reconhecemos, facilmente, as propriedades electricas da tormalina, suspendendo um pequeno crystal d'esta substancia a um fio de seda sem torsão em uma manga de vidro, cuja base assente sobre uma lamina de folha de ferro: aquecemos esta lamina com uma lampada de alcool, e verificâmos a electrização da tormalina, aproximando de seos differentes pontos um corpo não electrizado, ou antes um corpo previamente carregado de electricidade contrária. Um ther-

termometro, collocado na manga, ao lado da tor-  
malina, serve para indicar a temperatura.

#### § IV

#### ACÇÕES CHYMICAS

As acções chymicas são uma das causas mais  
geraes e mais poderosas de electrização; não ha  
uma só acção chymica, por mais fraca que seja,  
em que não haja desenvolvimento de electrici-  
dade. Neste paragrapho limitar-nos-emos a estu-  
dar o desenvolvimento de electricidade na acção  
dos acidos sobre os metaes, na evaporação das  
soluções salinas ou acidas e em alguns phe-  
nomenos de combustão.

*Acção dos acidos sobre os metaes.* Os aci-  
dos desenvolvem sempre electricidade, quando  
obráo sobre os metaes; tomão electricidade po-  
sitiva, entretanto que os metaes tomão electri-  
cidade negativa. Demonstra-se este facto por  
meio do condensador. Mergulhâmos uma extre-  
midade d'uma lamina de zinco em acido sulphu-  
rico diluido; depois pegâmos nesta extremidade  
com a mão humedecida com o mesmo acido, e  
pomos a outra extremidade da lamina em con-  
tacto com o prato inferior do condensador, en-  
tretanto que o outro prato está em communi-  
cação com o solo. Passado um instante, suppri-  
mimos as communicações, depois levantâmos o  
prato superior. As laminas de ouro se desviam  
então uma da outra. A electricidade, desenvol-

vida nesta experiencia, não pode ser attribuida, nem ao atrito, nem a pressão do zinco contra o cobre do prato, porque não obtemos nenhuma divergencia, quando empregamos metaes não oxydaveis; provém, por consequencia, da acção do acido sobre o zinco. Apresentando em certa distancia um pao de lacre electrizado, reconhecemos, que as laminas de ouro estão electrizadas negativamente, e, por conseguinte, que o zinco se carregou de electricidade negativa.

Podemos demonstrar, que o acido se carregou de electricidade positiva, applicando sobre o prato inferior do condensador um bocadinho de panno impregnado de acido sulphurico diluido, e tocando neste corpo com uma das extremidades d'uma lamina de zinco, que seguramos pela outra extremidade com a mão um pouco humedecida com agua pura. As laminas de ouro divergem ainda, quando levantamos o prato superior; mas é então devida ao fluido positivo esta divergencia. Podemos repetir as mesmas experiencias com todos os metaes e todos os acidos; sempre obtemos divergencia das laminas, quando o acido actua sobre o metal.

*Evaporação.* As soluções salinas e acidas desenvolvem sempre electricidade em sua evaporação. Convencemo-nos d'isto, collocando sobre o prato superior do condensador um cadinho de platina mais ou menos aquecido, fazendo depois communicar seo prato inferior com o solo e lançando no cadinho algumas gottas do liquido, que ha de evaporar-se. Sempre achâ-

mos divergencia, quando suprimimos a communicação com o solo e depois levantamos o prato superior. Por outro lado, o vapor de agua toma electricidade negativa, quando provem de soluções alcalinas; pelo contrario, toma electricidade positiva, quando se evolve de soluções acidas e da maior parte das soluções salinas. A agua pura não dá nunca electricidade em sua mudança de estado.

*Combustão.* As combustões do carvão e do hydrogeneo são sempre acompanhadas de desenvolvimento de electricidade: o corpo combustivel se carrega de electricidade negativa, entretanto que o corpo, que resulta da combustão, toma electricidade positiva.

Quando queremos verificar a producção da electricidade na combinação do carbonio e do oxygeneo, pomos um pequeno cylindro *A* de carvão calcinado sobre uma pequena placa de latão, fixada ao prato inferior do condensador, *fig.* 59, fazemos depois communicar o prato superior com o solo, em seguida inflammamos a base superior do carvão e entretemos a combustão durante alguns minutos, dirigindo sobre ella uma corrente de ar ou de oxygeneo. A divergencia das laminas se manifesta, logo que levantamos o prato superior. Se quizessemos recolher a electricidade positiva, que o acido carbonico toma na combustão, fixariamos o cylindro de carvão em *B* um pouco abaixo da pequena placa de latão e poriamos a base em communicação com o solo, *fig.* 60.



Quando queremos verificar o desenvolvimemto de electricidade na combinação do hydrogeneo e do oxygeneo, suspendemos uma pequena espiral de platina á extremidade da pequena placa de latão fixada ao condensador, depois fazemos arder um jacto de hydrogeneo no interior da espiral ou mergulhâmos a espiral no meio do jacto. No primeiro caso, ella recebe a electricidade, que o vapor de agua toma; no segundo, participa da electricidade, que se desenvolve no hydrogeneo; *fig. 64.*

### § V

#### ACÇÕES PHYSIOLÓGICAS

Os animaes desenvolvem muitas vezes electricidade, que não podemos attribuir a nenhuma das causas precedentes e que somos, por consequencia, obrigados a referir a causas puramente physiologicas. Alguns são até dotados de órgãos especiaes, em que elles condensão grandes quantidades de electricidade. E' o que observâmos nos *peixes electricos*. Numerosas experiencias tem sido feitas sobre os phenomenos electricos produzidos por estes peixes. Noutro capituto estudaremos alguns d'elles.

## CAPITULO IX

### METEOROS ELECTRICOS

#### § I

#### DESCOBERTA DA ELECTRICIDADE ATMOSPHERICA

Otto de Guericke, o célebre inventor da máquina pneumática, foi o primeiro, que viu alguma apparencia de luz electrica. O doutor Wall, quasi pelo mesmo tempo, excitando a electricidade sobre um grande cylindro de alambre, observou uma faisca mais viva e um ruido assaz forte; e, cousa notavel, esta primeira faisca, produzida pela mão dos homens, foi logo comparada com os fulgores do raio. Esta luz e este ruido, diz Wall, parecem d'alguma sorte representar o trovão e o relampago. A analogia era frisante, a imaginação bastava para apprehendel-a; mas para demonstrar a verdade da comparação, para achar em um phenomeno tão pequeno as causas e as leis do maior phenomeno da natureza, carecia-se d'uma serie de provas, que se não podião esperar senão d'algum genio superior.

Entretanto, que na Europa os sabios raciocinavão sobre esta grande questão, Franklin, na America, fazia descer do ceo o proprio raio, para interrogal-o sobre a sua origem. Depois de ter feito muitas descobertas sobre a electricidade, especialmente sobre a garrafa de Leyde e so-

bre o poder das pontas, Franklin teve o ousado pensamento de ir buscar a electricidade ao seio das nuvens. Havia concluido d'algumas experiencias decisivas, que uma aste metallica pontaguda, levantada a grande altura, na parte superior d'um edificio, devia receber a electricidade das nuvens. Com anxiedade esperava, que se construísse um campanario, que por esta epocha se edificava em Philadelphia; mas, farto de esperar e impaciente de executar uma experiencia, que devia destruir todas as dúvidas, recorreu a outro meio mais expedito e não menos seguro para os resultados. Como era necessario levar um corpo ás regiões do trovão, Franklin imaginou, que o papagaio, com que as creanças se entretêm, poderia servir tão bem como um campanario. Poz dous paos em cruz, estendeu sobre elles um lenço de seda, atou uma corda, e na primeira trovoada foi tentar a experiencia. Uma só pessoa o acompanhava, era seo filho. Temendo o ridiculo, com que geralmente se cobrem as tentativas infructuosas, como elle mesmo diz ingenuamente, não quíz admittir mais ninguem na sua confidencia. O papagaio já fluctuava na atmosphaera: uma nuvem, que muito promettia, não produziu nenhum effeito; outras nuvens avançavão: e é facil formar idea da anxiedade, com que erão esperadas. Tudo parecia tranquillo, não se via nenhuma faisca, nenhum signal electrico: afinal, alguns filamentos da corda principião a levantar-se, como se fossem repellidos; um pequeno ruido se faz ouvir. Ani-

mado por estas apparencias electricas, Franklin apresenta o dedo á extremidade da corda, e immediatamente vê uma viva fuisca, a que depressa succedêrão outras muitas. Assim, pela primeira vez o genio do homem poudo surprehender o segredo da existencia do raio.

A memoravel experiencia de Franklin, feita em 1752, foi repetida em todos os paizes com egual resultado, e veio demonstrar, que o raio não é, com effeito, senão uma fuisca electrica.

## § II

### APPARELHOS PARA RECONHECER A ELECTRICIDADE ATMOSPHERICA

Não é somente nas nuvens, que encontrâmos electricidade livre, podemos verificar sua presença na mesma atmosphaera, por meio d'um electrometro, cuja armadura tenha, superiormente, um conductor de 6 decimetros de altura, terminado em ponta, *fig. 62*. Este electrometro, estando levantado, em raso campo, a alguns metros acima do solo, indica a presença da electricidade, sempre positiva, quando o ar está bem secco, e ora positiva, ora negativa, quando o tempo está chuvoso. Neste caso, para preservar da chuva o apparelho, fixa-se na aste um chapeo de latão de forma conica e de diametro sufficientemente grande.

Se queremos fazer a experiencia em um gabinete, unimos por um fio conductor a armadura

do electrometro com uma aste metallica isolada, fixada na parte superior do edificio, em que nos achâmos, e terminada em ponta na extremidade superior, disposição, que não é indispensavel, mas que ás vezes é favoravel. Esta aste pode fornecer faiscas formidaveis; e para evitar seo effeito terrivel, a prudencia pede, que ponhamos perto uma esphera de metal, cuja comunicação com o solo esteja bem estabelecida, e que esteja mais perto da aste do que do observador. O illustre professor de S. Petersburgo, Richmann, foi victima de seo amor da sciencia durante uma observação d'este genero.

Este electrometro não dá signaes de electricidade atmospherica, senão quando o elevâmos a certa altura da atmosphera, de modo que se ache em camadas de ar, cujo estado electrico seja superior ao seo.

Em lugar d'um conductor de muito grande dimensão, Saussure usava d'uma esphera oca, de metal, presa ao extremo d'uma cadeia, cujo outro extremo podia escorregar ao longo da aste do electrometro. Atirava com a esphera ao ar com força, a cadeia entesava-se, e, em virtude do movimento ascencional, o anel inferior abandonava a aste. O instrumento ficava então carregado de electricidade do mesmo nome que a disseminada na atmosphera. Esta carga provinha evidentemente da decomposição do fluido neutro, produzida pela influencia da electricidade atmospherica, por occasião da ascensão da esphera.

Becquerel, em suas experiencias sobre o monte de S. Bernardo, aperfeçoou o aparelho de Saussure, substituindo a esphera por uma setta, que disparava com um arco muito tenso. Um fio de seda, coberto de folha de ouro, de 80 metros de comprimento, se fixava á setta por uma ponta, e communicava pela outra com a aste d'um electrometro de palhas ou de folhas de ouro.

### § III

#### LEI DA ELECTRICIDADE ATMOSPHERICA

Por uma longa serie de experiencias, comprehendidas por meio dosapparelhos, que descrevemos no paragrapho antecedente, tem-se verificado, que a electricidade, derramada no ar secco, é sempre positiva, e que esta electricidade livre cresce em intensidade, á medida que se examina em camadas mais altas da atmosphaera. Durante sua ascensão aerostatica, Gay-Lussac e Biot notárão, que um fio metallico muito extenso, suspenso á barquinha, se achava electrizado negativamente na parte superior, postoque o tempo estivesse perfeitamente sereno. Este facto resulta, de que as camadas superiores da atmosphaera, mais fortemente carregadas de electricidade positiva do que as camadas inferiores, determinavão uma electrizaçãõ por influencia mais poderosa no fio metallico vertical.

Becquerel e Breschet pozerão fora de dúvida a lei geral sobre o estado electrico da atmosphe-

ra, applicando em maior escala o processo de Saussure, em tempo sereno sobre um dos platôs do monte S. Bernardo. Durante a ascensão da setta virão as palhas do electrometro desviarem-se progressivamente, e afinal baterem com força nas paredes da campanula. A electricidade communicada era sempre positiva. Quando a setta era atirada horizontalmente com um metro de altura, o electrometro se conservava no estado natural. Este resultado prova, que a electricidade recolhida, na occasião da ascensão vertical do fio, não podia provir da fricção da setta contra o ar, indica tãobem, que a camada atmospherica de 1 a 2 metros de espessura, que toca no solo, não contém electricidade livre.

Em geral os electrometros, dispostos para recolher a electricidade da atmosphaera, não dão nenhum resultado nos logares baixos e abrigados, como nas casas, nas ruas, debaixo das árvores, nos valles estreitos. Em campina rasa ou sobre os platôs é preciso elevar os aparelhos a dous metros, pelo menos, acima do solo, para, sensivelmente afastar as palhas. Saussure nos Alpes e Becquerel nos montes de Auvergne verificárão, que os signaes da electricidade atmospherica, muito sensiveis nos cumes dos montes, diminuem rapidamente nas vertentes e são nullos, geralmente, nas faldas.

## § IV

VARIAÇÕES DIURNAS DA ELECTRICIDADE  
ATMOSPHERICA

Dos factos, apresentados no paragrapho anterior, resulta, indisputavelmente, que a atmosphera, em tempo secco, tem sempre electricidade livre positiva; cuja intensidade vai augmentando com a altura acima do solo. Observações seguidas, feitas em um mesmo lugar, e sempre em tempo sereno, provirão, que o estado electrico das camadas inferiores da atmosphera attinge cada dia dous maximos e dous minimos: o primeiro minimo, duas horas antes do nascimento do sol; o primeiro maximo, algumas horas depois d'este nascimento; o segundo minimo, duas horas antes do occaso do sol; o segundo maximo, algumas horas depois d'este occaso.

As variações ordinarias do hygrometro bastão para explicar estes resultados geraes. Pelo fim da noite, grande parte da electricidade das camadas inferiores da atmosphera se tem perdido no reservatorio commum, tanto pelo deposito do orvalho, como pela maior conductibilidade d'estas camadas, devida ao seo maximo de humidade. Quanto às camadas superiores, cujo estado hygrometrico sempre differe muito da saturação, conservão sua electricidade; mas achão-se tão distantes, que não podem obrar, por influencia d'um modo sensivel. O electrometro, situado não longe do solo, deve, pois, indicar en-



tão um minimo de electricidade. Desde que o sol apparece sobre o horizonte, a terra principia a aquecer-se, e os vapores, que se levantão, vão dar mais conductibilidade ás camadas médias, de sorte que a electricidade das camadas superiores se derrama em maior cópia nas inferiores, para se dirigir ao solo. O electrometro deve, pois, caminhar para um primeiro maximo.

Mais tarde, a acção calorifica dos raios solares secca o ar, isto é, diminue seo estado hygrometrico; as regiões elevadas se isolão mais completamente, e o estado electrico das camadas inferiores diminue: o electrometro deve, pois, descer para um segundo minimo. Mas quando o astro do dia se aproxima rapidamente do horizonte, o ar se satura de vapor pelo resfriamento; torna-se melhor conductor, e, retomando sua intensidade o corrimento da electricidade das camadas superiores para o solo, o electrometro sobe para um segundo maximo. Finalmente, toda a parte da atmosphaera, limitada superiormente pelas camadas, em que o estado hygrometrico se acha ainda afastado da humidade extrema, perde, durante a noite, a maior parte de sua electricidade; e o electrometro desce, então, até ao dia seguinte.

Parece mais difficultoso explicar, por que razão a electricidade do ar sereno, sempre medida na parte inferior da atmosphaera, é muito menos forte de verão que de inverno. Podemos, todavia, dizer, que nos bellos dias de verão, que são quentes e seccos, o corrimento da electrici-

dade das regiões superiores para o solo deve ser menos abundante do que de inverno, epocha, em que o ar é mais vezes vizinho da humidade extrema. Seja como for, resulta, incontestavelmente, de observações seguidas com cuidado, que a carga média do electrometro, mediundo a electricidade atmospherica nos dias serenos, augmenta, progressivamente, desde o mez de julho até ao fim de janeiro, para depois diminuir.

As observações electrometricas, feitas em tempo de chuva e de neve, fornecem indicações tão dessimilhantes e irregulares, que não podemos esperar deduzir d'ellas nenhuma lei geral. Se combinâmos os resultados obtidos durante os dias chuvosos d'um mesmo anno, achâmos, pouco mais ou menos, o mesmo número de dias, em que a carga do electrometro era negativa, que de dias, em que era positiva. A electricidade manifestada muda muitas vezes de signal nas 24 horas. Saussure observou, que nos dias serenos de verão, que succedem á chuva, os periodos diurnos tem a intensidade dos de inverno.

## § V

### CAUSAS DA ELECTRICIDADE ATMOSPHERICA

Os physicos procurarão, durante muito tempo, a causa do desenvolvimento da electricidade na atmosphera. Muitos factos parecem provar, que a evaporação da agua á superficie da terra é a

origem d'este phenomeno. Se num cadinho bem quente deitâmos uma solução salina ou agua ordinaria, e pomos em contacto com o vapor, que então se evolve, um fio metallico ligado ao prato collector d'um electrometro condensador, reconhecemos, que este vapor está carregado de electricidade positiva ou da mesma especie que a disseminada na atmosphera em tempo sereno.

Outras experiencias indicão, porém, que o desenvolvimento de electricidade, observado na mudança de estado dos corpos, deve muitas vezes ser attribuido á fricção dos fluidos elasticos contra as paredes dos vasos. Uma serie de experiencias, emprehendidas por Pouillet, elucidarão estes factos: mostrarão, que a agua pura, evaporando-se, não dá signaes sensiveis de electricidade; e que se a agua, submettida á evaporação, tem um sal em dissolução, ha desenvolvimento de electricidade livre, carregando-se então o vapor de electricidade positiva. Ora, não sendo nunca pura a agua ordinaria, podemos considerar sua evaporação á superficie da terra, como uma fonte da electricidade derramada na atmosphera.

Pouillet descobriu no acto da vegetação outra fonte da electricidade atmospherica. Havendo isolado alguns vegetaes em uma caixa de vidro, observou, que a caixa dava, no fim de certo tempo, signaes de electricidade negativa, e que, por conseguinte, o acido carbonico formado se achava no estado positivo. Por outro

lado, sabia-se por outras experiencias, que o acido carbonico, formado na combustão do carvão, é electrizado positivamente, electrizando-se, negativamente, o carvão restante. Comparando estes dous factos, Pouillet concluiu, que é a combinação do carbonio com o oxygeneo, que produz electricidade livre durante a vegetação. Objecta-se, porém, a esta conclusão, que não é na superficie exterior do parenchyma, que esta combinação se opera, mas em seo interior, de sorte que o acido carbonico formado, conservando-se em contacto prolongado com o carvão em excesso antes de se evolver, as electricidades desenvolvidas pela formação do gaz devem combinar-se e todo o signal de electricidade livre desaparecer.

Outros considerarão a terra como uma vasta fonte de electricidade, devida a acções chymicas. Recentemente Becquerel fez conhecer numerosas experiencias, de que desume, que o contacto das terras e das aguas produz sempre electricidade; tomando a terra um excesso de electricidade positiva ou negativa e a agua um excesso correspondente de electricidade contrária, conforme a natureza dos saes ou outros compostos, que estejam em solução nas aguas. E' um facto geral, que, segundo os trabalhos de Becquerel, não soffrem excepção.

As experiencias de Becquerel erão feitas com um multiplicador ordinario, cujo fio se punha em communição com duas laminas de platina immersas nos terrenos ou nas aguas, cujo esta-

do eléctrico pretendia conhecer. E', assim, que descobriu, que, quando dous terrenos humidos estão em contacto, o que encerra a solução mais concentrada toma um excesso de electricidade positiva. Do mesmo modo achou, que nas immediações d'um rio a terra e os objectos collocados em sua superficie possuíão um excesso de electricidade negativa, entretanto que a agua e as plantas, que fluctuavão em sua superficie, estavão carregadas de electricidade positiva. Mas, conforme a natureza das substancias dissolvidas nas aguas, podem produzir-se effeitos inversos.

Segundo as experiencias de Becquerel, estando as aguas, ora no estado positivo, ora no estado negativo, e as terras no estado contrário, segue-se, que a agua, vaporizando-se, deve constantemente lançar para a atmosphera um excesso de electricidade positiva ou negativa, e que a terra, pelos vapores, que se evolvem á superficie, deixa escapar um excesso de electricidade contrária. Ora estes excessos de electricidade devem, necessariamente, intervir na distribuição da electricidade derramada na atmosphera, e podem servir para explicar como as nuvens se electrizão, ora positiva, ora negativamente.

## § VI

### ELECTRICIDADE DAS NUVENS

Em geral, as nuvens estão electrizadas, ora po-

sitiva, ora negativamente, e não differem entre si senão pela tensão electrica mais ou menos forte. Explica-se, ordinariamente, a formação das nuvens positivas pelos vapores, que se evolvem do solo e vão condensar-se nas altas regiões da atmosphera. Quanto ás nuvens negativas, admitte-se, em geral, que resultão de nevoeiros, que, por seo contacto com o solo, se carregão de fluido negativo, o qual conservão, depois, quando se elevão na atmosphera; ou então que, separados do solo por camadas de ar carregadas de humidades, forão electrizadas negativamente pela influencia de nuvens positivas, que repellirão para o solo a electricidade positiva. Mas as experiencias de Becquerel, acima mencionadas, bastão para explicar os dous estados electricos, apresentados pelas nuvens.

## § VII

### RELAMPAGO

O *relampago* é uma luz deslumbrante, projectada pela faisca electrica, que se destaca das nuvens carregadas de electricidade. Este phenomeno é devido á combinação das duas electricidades oppostas, accumuladas sobre as partes vizinhas de duas nuvens differentes; mas ao contrário do que acontece nas nossas máchinas electricas, em que a faisca é muito curta e só se produz, quando os dous corpos, entre os quaes se manifesta, são muito vizinhos um do

entro, o relampago, ou a faísca devida à combinação das electricidades de duas nuvens diferentes, pode apresentar algumas leguas de comprimento.

A passagem do relampago através do ar opera-se quasi sempre em zig-zag.

Este phenomeno attribue-se à resistencia, que offerece o ar comprimido pela passagem d'uma descarga forte. A faísca desvia-se então da linha recta, para tomar a direcção, em que a resistencia é menor. Com effeito, no vacuo a transmissão electrica faz-se em linha recta.

Podemos distinguir quatro especies de relampagos:

1.º Os relampagos em zig-zag, que se movem com extrema rapidez, debaixo da forma d'um traço de lume de contornos perfeitamente definidos, e que se podem inteiramente comparar com as faíscas da máchina electrica.

2.º Os relampagos, que em vez de serem lineares como os precedentes, abraçãõ todo o horizonte, sem apresentarem nenhum contorno apparente, como o brilho subito d'uma explosão de materias inflammaveis. Estes relampagos parecem produzir-se mesmo no seio da nuvem e allumiar sua massa.

3.º Os relampagos, chamados *de calor*, porque brillão durante as noites de verão, sem se ver nenhuma nuvem acima do horizonte, nem se ouvir nenhum ruido. Numerosas hypotheses se tem proposto, para explicar a origem d'estes relampagos. A mais provavel é que são relam-

pagos ordinarios, que brilhão em nuvens situadas abaixo do horizonte em distancias taes, que o estrondo do trovão não pode chegar ao ouvido do observador.

4.º Os relampagos, que apparecem debaixo da forma de globos de fogo. Estes relampagos, que ás vezes são visiveis, durante mais de dez minutos, descem das nuvens para a terra com tanta lentidão, que podemos seguil-os com a vista. Estes globos resaltão muitas vezes á superficie da terra; outras vezes dividem-se com estrondo comparavel á detonação de muitas peças de artilheria. Tem-se notado, que é, em geral, debaixo d'esta forma, que o raio se apresenta, quando penetra nos edificios. A origem d'estes relampagos não é conhecida.

## § VIII

### RUIDO DO TROVÃO

O *trovão* é a detonação violenta, que acompanha o relampago. O relampago e o trovão são sempre simultaneos; mas observa-se um intervallo de muitos segundos entre estes dous phenomenos; o que procede de que o som não percorre senão 337 metros por segundo, e a luz não gasta senão um intervallo inapreciavel, para vir da nuvem até ao observador. Este, portanto, não ouve o ruído do trovão senão 5 ou 10 segundos, por exemplo, depois do relampa-



go, conforme dista da nuvem 5 ou 10 vezes 337 metros.

O ruido do trovão resulta do abalo, que a descarga electrica excita na nuvem e no ar, abalo, que a experiencia do thermometro de Kinnersley torna sensivel. Perto do logar, em que o relampago se manifesta, o ruido do trovão é secco e de curta duração. Mais longe ouve-se uma serie de ruidos, que se succedem rapidamente. Em distancia ainda maior, o ruido, fraco ao principio, se muda em um rebombo prolongado, de intensidade muito desigual.

Numerosas hypotheses tem sido apresentadas para explicar o rebombo do trovão, mas nenhuma satisfaz completamente. Uns o attribuirão á reflexão do som sobre a terra e sobre as nuvens: outros considerarão o relampago, não como uma só faisca electrica, mas como uma serie de faiscas elementares, cada uma das quaes dá logar a uma detonação particular. Ora, partindo estas detonações parciaes de pontos diversamente afastados e de zonas de desigual intensidade, segue-se, que não só chegão, successivamente, ao ouvido do observador, mas também trazem sons de desigual intensidade; o que occasiona a duração e a desigualdade do rebombo. Finalmente, tem-se attribuido este phenomeno aos mesmos zig-zags do relampago, admittindo, que ha um maximo de compressão do ar em cada angulo saliente, o que produziria a desigual intensidade do som.

§ IX

ACÇÃO DAS NUVENS TONITRUOSAS SOBRE A TERRA

A acção d'uma nuvem de trovoadas sobre a terra é analogá á d'um corpo electrizado sobre os corpos sujeitos á sua influencia. A electricidade da nuvem decompõe a electricidade natural dos corpos, que se achão em sua esphera de actividade, repelle para o solo a electricidade do mesmo nome e attrahe para a superficie a electricidade de nome contrário. Cada corpo toma, assim, um estado electrico mais ou menos energico e se torna um centro de acção, para o qual a electricidade da nuvem tende a dirigir-se. Todas as acções elementares dão lugar a uma acção resultante, de intensidade e direcção determinadas. Se esta resultante é pouco intensa, as electricidades contrárias da nuvem e da terra não podem combinar-se por causa da resistencia do ar, e nenhum effeito se manifesta nos corpos, que estão sujeitos á influencia da nuvem; mas se a resultante é sufficientemente energica, as electricidades da nuvem e da terra se combinão e se neutralizão mutuamente. D'esta neutralização resultão uma luz viva e um ruido mais ou menos intenso, que constituem o relampago e o trovão.

O *raio* é a descarga electrica operada entre uma nuvem e o solo. Diz-se, que um corpo é fulminado, quando recebe esta descarga: tãobem

se diz, que o raio caiu sobre elle. Esta última expressão é inexacta: o raio tanto desce como sobe; por outros termos, a electricidade da nuvem caminha tanto para o solo, como a do solo caminha para a nuvem. A neutralização das electricidades da nuvem e do solo não se effectua directamente; produz-se por uma serie de decomposições e de recomposições entre estas electricidades e as dos corpusculos interpostos. Consideremos, para fixar as ideas, uma nuvem *AB. fig. 63*, carregada de electricidade positiva, e representemos por *a, b, c, d, e* uma serie de corpusculos, situados abaixo d'ella. A electricidade positiva da nuvem obrará por influencia sobre a electricidade natural de cada um dos corpusculos, attrahirá para a parte superior d'elles a electricidade negativa e repellirá para a parte inferior a electricidade positiva. Se, demais, esta electricidade tem sufficiente tensão, combinar-se-á com a electricidade negativa do primeiro corpusculo *a*, a electricidade positiva do corpusculo *a* com a negativa do corpusculo *b*. . . e, finalmente, a electricidade positiva do corpusculo *e* com a negativa do solo. Vê-se, pois, que as electricidades da nuvem e do solo não se neutralizão directamente, mas que a neutralização é devida a uma serie de decomposições e recomposições entre os fluidos da nuvem e do solo e dos corpos interpostos. Esta explicação funda-se, principalmente, na existencia dos dous bordeletes, que se observão nas faces d'um cartão, produzidos pelo aparelho,

chamado furador de cartão, que noutro logar descrevemos.

Quando a explosão se dá entre uma nuvem e um corpo situado á superficie do solo, a influencia electrica da nuvem cessa derepente, e os corpos não fulminados voltão ao estado natural. Esta subita reversão produz, frequentes vezes, commoções muito fortes nos seres vivos, podendo causar a morte. Os effeitos, que se observão nestas circumstancias, são devidos ao que se chama *contra-descarga*.

## § X

### EFFEITOS DO RAI0

Os effeitos do raio são devidos á passagem instantanea da electricidade através dos corpos, mas produzidos com prodigiosa intensidade. Assim, o raio queima, funde ou pulveriza os fios de metal, que encontra; vitrifica ou reduz a pó a superficie das rochas; desorganiza instantaneamente os corpos organizados. Suas faiscas inflammão os corpos combustiveis, como a polvora, a palha, o feno. A faisca fende e despedaça os corpos mediocremente conductores, que lhe recusão uma passagem facil, como as arvores. Por isso, em occasião de trovoada, não nos devemos pôr debaixo de certas arvores, como carvalhos, ormeiros. O perigo é menor, se as arvores como o pinheiro, são resinosas, que conduzem mal a electricidade. Se um corpo mau

conductor separa a faísca d'outro corpo, cuja conductibilidade seja mais perfeita, ella despeça o primeiro para alcançar o segundo. E', então, que fende as paredes, e lança para longe as peças de metal, que nellas se achão fixadas; é, então, que para chegar aos terrenos humidos inferiores, funde as materias siliciosas, que encontra em sua passagem, e forma tubos vitrificados, conhecidos pelo nome de *tubos fulminares* ou *fulgurites*. Percorrendo sempre o caminho, não o mais curto, mas o que é formado por corpos melhor conductores, a faísca sulca a atmosphera em linhas quebradas e angulosas para seguir as partes mais carregadas de humidade, prefere as cadeias e as astes metallicas aos animaes e estes aos vegetaes. Finalmente, o raio transporta comsigo particulas materiaes destacadas dos conductores ou recolhidas na atmosphera; abandonando-as, depois, sobre os corpos, em que a descarga se opera, ahi deixa vestigios de ferro e de enxofre.

## § XI

### GUARDA-RAIO

O *guarda-raio* é uma aste de ferro, destinada a dar facil passagem á electricidade do solo, attrahida pela electricidade contrária das nuvens de trovoada. Franklin inventou este instrumento, em 1755.

Em um guarda-raio se distinguem duas partes, *aste* e *conductor*. A aste é uma barra de

ferro rectilinea, terminada em ponta, que se fixa, verticalmente, no alto dos edificios, que queremos preservar; tem de 6 a 9 metros de altura, e sua secção na base é um quadrado de 5 a 6 centímetros de lado. O conductor é uma barra de ferro, que desce do pé da aste até ao solo, em que penetra profundamente. Não podendo as barras de ferro, por causa de sua rigidez, seguir facilmente os contornos dos edificios, é preferivel formar o conductor de cordas de fio de ferro, como as que se empregão nas pontes suspensas. A academia das sciencias de Paris publicou, recentemente, um relatório sobre os guarda-raios, no qual recommenda, que se prefirão os fios de cobre vermelho aos fios de ferro na fabricaçã das cordas metallicas, destinadas a servirem de conductor; porque o cobre vermelho conduz muito melhor a electricidade do que o ferro. O mesmo relatório aconselha, que a aste acabe em uma ponta de cobre vermelho pela mesma razão.

O conductor mette-se, ordinariamente, em um poço, e, para melhor estabelecer sua communição com o solo, termina por duas ou tres ramificações. Se não ha, proxivamente, um poço, practica-se no solo um buraco de 4 ou 6 metros de profundidade, e, depois de mettido nelle o pé do conductor, acaba-se de encher com alguma substancia, que conduza bem a electricidade.

A theoria dos guarda-raios funda-se na electrizaçã por influencia e no poder das pontas.

Franklin, que, tanto que verificou a identidade do raio e da electricidade, curou de applicar o poder das pontas aos guarda-raios, admittia, que estes tiravão a electricidade das nuvens; mas é o contrario, que tem logar. Quando uma nuvem, electrizada positivamente, por exemplo, se eleva na atmosphaera, opera, por influencia, sobre a terra, repelle para longe o fluido positivo, e attrahe o fluido negativo, que se accumula sobre os corpos situados á superficie do solo, tanto mais abundantemente, quanto mais elevados estão. Os mais altos são então os que possuem tensão mais forte, e que, por consequente, estão mais expostos á descarga electrica; mas se estes corpos estão armados de pontas de metal, como as astes dos guarda-raios, o fluido negativo, attrahido do solo pela influencia da nuvem, corre para a atmosphaera e vai neutralizar o fluido positivo da nuvem. Por consequencia, o guarda-raio não só se oppõe á accumulção da electricidade á superficie da terra, mas também tende a reconduzir as nuvens de troveada ao estado natural, duplo effeito, que tem por fim prevenir a queda do raio. Todavia, o desenvolvimento da electricidade é, ás vezes, tão abundante, que o guarda-raio é insufficiente para descarregar o solo, e o raio cae; mas é, então, o guarda-raio, que recebe a descarga em virtude de sua maior conductibilidade, e o edificio é preservado.

A experiencia tem ensinado, que uma aste de guarda-raio protege, efficaçmente, á roda de si,

um espaço circular d'um raio duplo de sua altura. Por consequencia, um edificio de 64 metros de comprimento será preservado por duas astes de 8 metros, distantes 32 metros.

Um guarda-raio, para ser efficaz, deve satisfazer ás condições seguintes: 1.<sup>a</sup> A aste deve ser assaz grossa, para não ser fundida, no caso de o raio cair sobre ella. 2.<sup>a</sup> Deve acabar em ponta, para mais facilmente dar saída á electricidade, que se evolve do solo: é para satisfazer a esta condição, que a aste acaba, ordinariamente, em ponta de platina ou de cobre vermelho, dourado para evitar a oxydação. 3.<sup>a</sup> O conductor não deve apresentar nenbuma solução de continuidade desde a aste até ao solo. 4.<sup>a</sup> A comunicação entre a aste e o solo deve ser a mais íntima possível. 5.<sup>a</sup> Se o edificio, que armámos de guarda-raio, contém peças metallicas de certa extensão, como uma cobertura de zinco, gotteiras de metal, etc., devemos fazel-as communicar com o conductor do guarda-raio.

Se as últimas tres condições não são satisfeitas, o edificio fica exposto ás *descargas lateraes*, isto é, a faisca pode manifestar-se entre o conductor e o edificio, e então o guarda-raio não faz senão augmentar o perigo.

## § XII

### SARAIVA

**A saraiva sempre vem de nuvens de trovoa-**



da; cae no comêço da trovoada, muitas vezes durante ella e nunca depois. As nuvens de saraiva são muito espessas e obscurecem notavelmente a atmospherá. Estas nuvens são, de ordinario, produzidas pelo encontro dos ventos do sul e do norte: d'este conflicto resulta uma nuvem, acompanhada de saraiva nos ponctos, em que o choque é mais violento. Tem-se, com effeito, observado, que a saraiva cae em um espaço muito menor do que o que é occupado pela nuvem. A saraiva não cae em um mesmo lugar senão durante pouco tempo, um quarto de hora, quando muito, e a trovoada acaba, pouco depois que a nuvem cessou de deitar grãos de saraiva.

Immediatamente antes da queda da saraiva, ouve-se, muitas vezes, um ruido particular, que se tem comparado ao que produz um sacco de nozes, quando se lhe mexe. Peltier cita uma chuva de saraiva, por elle observada em Ham, á qual precedeu um ruido tão intenso, que, ao principio, julgou ser produzida por um esquadrão de cavallaria. Este ruido, já mencionado por Aristoteles e por Lucrecio, é, geralmente, attribuido ao encontro dos grãos de saraiva antes de cairem. Tem-se, ás vezes, notado, que os grãos de saraiva não têmão, chegando á terra, a velocidade, que comportava a altura, d'onde têmão partido; caião devagar, e parecião, que erão retidos por uma resistencia particular, muito maior que a de que o ar é capaz.

## § XIII

## THEORIA DA SARAIVA

Ha dous pontos, que explicar no phenomeno da saraiva; a congelação dos grãos de saraiva e sua estada mais ou menos prolongada na atmosphera, durante a qual podem adquirir um volume notavel, antes de cairem. A primeira theoria, que se apresentou digna d'este nome, para explicar o phenomeno da saraiva, é devida a Volta.

Volta attribuiu o frio, que determina a congelação da agua das nuvens, á evaporação, accelerada pela electricidade, pelo estado de seccura do ar das altas regiões e, principalmente, pela acção do sol: o que, segundo Volta, dá a razão de ser mórmente no verão e nas horas mais quentes do dia, que o phenomeno da saraiva se apresenta. As particulas de gêlo, que assim se formão na superficie superior da nuvem, são levantadas pela repulsão electrica, e tornão a cair, depois de terem perdido sua electricidade. Se ha duas camadas de nuvens, como se tem muitas vezes observado nas trovoadas de saraiva, e se as supponmos electrizadas d'um modo contrário, as parcellas de gêlo oscillão entre estas duas camadas, como as pequenas espheras de sabugo do aparelho para a saraiva. Nestas oscillações os grãos de saraiva se aproximão das camadas de ar saturadas, que cercão uma e outra nuvem, e engrossão condensando novos vapores,

que formão as camadas successivas, de que elles se compõem. Entretanto, as nuvens se descarregão pela troca de fluido, a que os grãos de saraiva servem de intermedio; e logo estes, fazendo-se tão grossos, que as forças electricas não podem luctar contra a gravidade, se precipitão sobre a superficie da terra. O ruido, que precede a saraiva, provém do choque dos grãos de saraiva, que tem logar durante suas oscillações.

Tem-se feito algumas objecções á theoria de Volta. Outras theorias tem sido imaginadas, como são as de Olmsted, Lecoq, Peltier; mas nenhuma d'ellas satisfaz completamente.

#### § XIV

##### LUME DE SANTELMO

A acção por influencia exercida pelas nuvens de trovoadas produz, muitas vezes, nas partes salientes dos corpos terrestres, pennachos luminosos, acompanhados, às vezes, d'uma ligeira crepitação, semelhantes aos que se manifestão nas pontas, que se apresentam às máchinas electricas. Estes phenomenos forão, frequentemente, observados pelos antigos, que tiravão d'elles diversos presagios. Cesar viu o ferro das lanças d'uma legião fazer-se luminoso durante uma noite de trovoadas. Alguns viajantes tem visto, em occasião de trovoadas, estes phenomenos luminosos destacando-se de seus cabellos, das abas

dos chapeos, das pontas dos dedos, quando levantavão as mãos. As summidades dos edificios, os ramos das árvores offerecem tão bem d'estes clarões sibilantes. Muitas vezes, em lugar de pennachos divergentes, não se vê senão uma pequena estrella globulosa, que cerca as pontas, o que parece indicar, que deixão escapar fluido negativo.

Estes phenomenos se produzem muitas vezes sobre os navios nas extremidades dos mastros e das vergas, em os nós e filamentos das cordas. Os antigos os designavão neste caso com o nome de *castor e pollux*: os maritimos modernos os denominão *fogos S. Elmo*, e, às vezes, *S. Nicolao*, *S. Clara*, *S. Helena*. Os portuguezes os denominão *corpo sancto* e os inglezes *comozants*. A appareição d'este phenomeno, a que os maritimos ligão uma multidão de ideas supersticiosas, é, geralmente, saudada por elles como presagio da volta do bom tempo.

## § XV

### AURORAS POLARES

As *auroras polares*, também chamadas *auroras boreaes*, por ser para o lado do polo do norte que geralmente se observão, são phenomenos luminosos muito brilhantes, cuja natureza electrica e cuja relação com o magnetismo terrestre não são hoje contestadas por nenhum physico. Este magestoso meteoro passa, succes-

sivamente, por uma serie de phases mais ou menos brilhantes. Vamos descrever a aurora polar como ella se apresenta em seo estado mais completo.

*Descripção.* Muitas horas antes da apparição do meteoro, a agitação da agulha magnetizada das bussolas indica uma perturbação no equilibrio magnetico do globo. Esta agitação vai augmentando durante as diversas phases do phenomeno; é, ás vezes, tão pronunciada, que os ponteiros dos telegraphos electricos deixão de funcionar. No momento, em que a aurora boreal vai manifestar-se, e na direcção do meridiano magnetico, vemos formar-se na atmosphera um segmento circular escuro, por detrás do qual as estrellas apparecem como através d'um nevoeiro. Este segmento é tanto menos apparente, quanto mais elevada é a latitude do lugar da observação. Depressa elle se guarnece d'um arco luminoso, cujas extremidades tocão no horizonte. Este arco vai, gradualmente, augmentando de brilho ou então se divide em partes distinctas. O poncto mais elevado não está sempre exactamente no meridiano magnetico; d'elle se desvia ordinariamente de  $5^{\circ}$  a  $18^{\circ}$  no sentido da declinação do lugar da observação e tanto mais, quanto mais proximo do polo é este lugar.

O arco luminoso é, muitas vezes, agitado, durante muitas horas, por undulações, que lhe alterão continuamente a forma; depois distinguem-se estrias radiantes, algumas das quaes pene-

trão no segmento escuro. Estas estrias formão fitas brilhantes ou raios, mais vivos no meio que nas margens, os quaes se destacão nitidamente pelo ceo. Estes raios são animados de movimento de progressão, comparaveis aos dos foguetes. Quebrão-se, multiplicão-se, transpõem o zenith, e acabão por occupar toda a abobada celeste, formando uma cupula de fogo, movel como as ondas do mar, e cujos elementos todos convergem para um poncto situado no prolongamento da agulha de inclinação. E' o que se tem designado pelo nome de *coroa*. A formação da coroa annuncia o fim do phenomeno: os arcos luminosos perdem seó brilho, os raios se enfraquecem, e tudo desaparece.

E', principalmente, nas zonas glaciaes, que as auroras polares se patenteião com toda a sua magnificencia. Estes meteoros nem sempre se apresentam com todas as phases, que acabámos de descrever. Muitas vezes não são formados senão d'um clarão diffuso, similhante ao que se vê no oriente antes do nascer do sol. O brilho das auroras boreaes diminue muito, quando as vemos em baixas latitudes, ou antes á medida que nos afastámos do polo magnetico. Estes phenomenos, raras vezes, se observão na Italia e na Hespanha, entretanto que em egual latitude na America se observão frequentes vezes, por causa da proximidade do polo magnetico.

*História.* As auroras boreaes erão conhecidas dos antigos: Aristoteles e Seneca as observarão como philosophos, o que não obstou a que Pli-

não visse nellas, mais tarde, presagios funestos. Depois, este brilhante meteoro, em vez de excitar a admiração, não foi senão objecto de terror, principalmente, nos povos ignorantes e supersticiosos da idade média. O medo e a imaginação fazião ver nelle fochos, espadas ensanguentadas, medonhas cabeças com cabellos ouriçados. No principio do seculo décimo septimo os prejuizos e a ignorancia principiãrão a recuar diante das luzes da sciencia; e ao mesmo tempo que o historiador Legrain fala, ainda em 1615, d'uma apparição de homens de fogo combatendo com lanças, Lamote Levoyer, testemunha do mesmo phenomeno, o refuta e reduz as cousas ao seõ justo valor. Gassendi foi um dos primeiros, que encarou este meteoro, como observador esclarecido, e foi elle, que lhe poz o nome de *aurora boreal*. A partir d'esta epocha, a sciencia tractou de estudar todas as suas circumstancias, dando a explicação d'ellas. Seria necessario encher volumes, se quizessemos analyzar tudo que se tem dicto a este respeito. Não apresentaremos senão a theoria de Larive.

*Theoria.* Para estabelecer uma theoria da aurora polar, é preciso explicar a accumulção de grande quantidade de electricidade na parte superior da atmosphaera das regiões glaciaes; fazer ver, como esta electricidade produz os effeitos luminosos, que constituem o meteoro; e, finalmente, mostrar, como produz as perturbações da agulha magnetizada.

Segundo Larive, a electricidade positiva das

altas regiões da atmospheria intertropical se dirige para os polos, augmentando de tensão, e vai junctar-se, por intermedio das particulas geladas, que fluctuão no ar, com o fluido negativo da terra; depois forma no solo uma corrente dirigida do polo para o equador. Esta corrente opera sobre a agulha magnetizada, e, variando sua intensidade com a distribuição do calor na columna atmospherica, produz variações-diurnas. Quando ha grande accumulacão de particulas geladas, vê-se uma nuvem sombria, que não é senão o segmento escuro, depois vêem-se descargas luminosas, que formão os raios auroraes. Então a agulha magnetica se agita com estas descargas, durante as quaes a corrente terrestre soffre, necessariamente, variações subitas de intensidade, dando logar ao que se tem chamado *tempestade magnetica*. Esta formação de particulas geladas abunda, principalmente, quando o sol tem passado para o hemispherio opposto ao polo considerado; por isso se tem notado, que é, especialmente, nos mezes de inverno, que as auroras boreaes são frequentes; produzem-se então quasi todos os dias e substituem, pela claridade que espalhão, a luz ausente do sol.

Finalmente, para explicar a forma da aurora polar e sua relação de posição com o polo magnetico da terra, Larive fez a seguinte experiencia. Tomou um balão de duas tubuladuras, uma guardada d'uma torneira, pela qual se podia extrahir o ar, e outra deixando passar um cylindro de ferro macio, uma das bases do qual chegava



ao centro do balão e a outra saia 3 ou 4 centímetros. Este cylindro estava coberto d'uma camada espessa de resina laca, excepto nas bases, e estava cercado d'um anel de cobre, que se achava separado d'eile pela resina laca e estava muito perto da parede interior do balão. Uma aste metallica, fixada no anel e isolada do cylindro de ferro, atravessava a tubuladura. Se, depois de extrahido o ar do balão, se faz commu- nicar esta aste com um dos conductores d'uma máchina de Nairne, e o cylindro de ferro com o outro conductor, vê-se um feixe luminoso ir- regular, que vai da extremidade do cylindro pa- ra o anel. Mas, se o ferro macio está magneti- zado pela influencia d'um iman poderoso, que se aproxima muito d'elle, a luz electrica se desta- ca sómente do contorno da base do cylindro de ferro, formando um circulo luminoso, d'onde partem jactos, que gyrão á roda do cylindro, quer num, quer noutra sentido, conforme o sen- tido da magnetização e a direcção, que o fluido positivo segue.

Estes resultados podem servir. para fazer conceber a forma, que a luz da aurora polar apresenta, e a posição de seos raios em relação ao polo magnetico do globo e á direcção da agu- lha de inclinação.

## CAPITULO X

### MAGNETISMO

#### § I

#### IMAN NATURAL

Em certas minas de ferro encontra-se uma substancia, chamada *pedra iman* ou *iman natural*, que tem a propriedade de atrahir o ferro, o nickel, o cobalto e o chromo. Esta propriedade foi, ao principio, attribuida a uma causa particular, a que se deu o nome de *fluido magnetico* ou de *magnetismo*. Este ultimo nome serviu tambem para designar a parte da physica, destinada ao estudo dos phenomenos produzidos por esta causa.

Se mergulhâmos um iman em limalha de ferro, esta lhe adhere: se lhe apresentâmos a limalha em certa distancia, lança-se sobre elle. A attracção se manifesta igualmente, não obstante a interposição de qualquer corpo, tanto no vacuo como no ar. Podemos, facilmente, verificar a acção dos imans nestas diferentes circumstancias, suspendendo pelo meio um fio de ferro a um fio de seda e apresentando-lhe, em certa distancia e por detraz de qualquer corpo, um iman natural, e situando este pequeno apparelho debaixo d'uma campanula, em que se faça o vacuo.

A pedra iman é um oxydo de ferro, chama-

do pelos mineralogistas *ferro oxydulado* ou *ferro magnetico*; é um dos oxydos de ferro menos oxygenados; encontra-se em todas as partes do mundo; a de melhor qualidade vem das Indias, da Norwega, da Suecia e da Allemanha.

*História.* Segundo Aristoteles, o iman era conhecido do philosopho Thales, 600 annos antes da nossa era. Seo nome, em grego *magnētēs*, vem do da cidade de Magnesia na Lydia perto do monte Sipylo, sobre o qual se achárão os primeiros imans. Outra cidade do mesmo nome, perto do rio Meandro, bem como os suburbios da cidade de Heraclea, tãobem fornecião pedra iman: por isso, Platão designa o iman pelo nome de *pedra de Heraclea*, e Sophocles pelo de *pedra da Lydia*. Do nome grego do iman se formou a palavra *magnetismo*. Outra foi a origem d'este vocabulo, a crermos em Plinio, que refere, que *Magnes*, pastor do monte Ida, um dia sentindo, tenazmente preso ao chão, o seo caxado, viu, que uma massa dura e ferruginosa o retinha, unicamente, pela adhesão. Isidoro de Sevilha pretende, que os indios forão os primeiros, que tiverão conhecimento do iman, e que, por isso, os auctores da idade média lhe chamárão *lapis indicus*. E' certo, que os sacerdotes do antigo Egypto o conhecião, e que os hebreos o achárão nas terras habitadas pelas tribus de Gad, Azer e Issachar.

§ II

POLOS

Observando um magnete, depois de ter sido mergulhado em limalha de ferro, vemos, que este metal não se fixou, uniformemente, sobre sua superficie, e que se accumulou com especialidade á roda de dous pontos oppostos, em que a virtude magnetica parece ter sua principal séde e que se designão pelo nome de *polos*. Apresentando, successivamente, os differentes pontos d'um iman á agulha de ferro, de que acima falámos, tãobem reconhecemos, que o maximo de attracção tem logar nas extremidades. A partir dos polos, a acção vai enfraquecendo-se para o meio, onde é nulla: a linha da superficie do iman, em que a acção magnetica é insensivel, recebe, ás vezes, o nome de *linha neutra*.

Se suspendemos um iman natural por um fio, de maneira que a linha, que passa pelos polos seja horizontal, *fig. 64*, notâmos, que, sendo o iman livre, a linha dos polos se dirige, pouco mais ou menos, parallelamente ao meridiano; se a deslocâmos d'esta posição, volta a ella, fazendo oscillações mais ou menos numerosas.

Se aproximâmos dous magnetes, estando um suspenso, como acabâmos de dizer, observâmos, que um mesmo polo d'um d'elles attrahe um dos polos do segundo iman e repelle o outro;

que os polos, que se repellem, são os que se dirigem, naturalmente, ou ambos para o norte ou ambos para o sul, e que os que se attrahem, são, pelo contrário, os que em cada iman isolado se voltão para pontos oppostos do espaço. D'aqui se segue, que nos imans os polos da mesma natureza se repellem, e os de natureza diferente se attrahem. Podemos explicar a tendencia da linha dos polos a dirigir-se, parallelamente, ao meridiano, considerando a terra como um magnete, cujos polos magneticos se achão situados, um no hemispherio boreal, outro no hemispherio austral. O polo boreal d'um iman será então o que se volta para o sul, e seo polo austral o que se dirige para o norte.

Se quebrâmos um iman natural em duas partes, de maneira que em cada uma d'ellas se ache um dos polos do iman inteiro, cada parte adquire outro polo opposto ao primeiro; e, em geral, se quebrâmos um iman natural em qualquer número de partes, cada fragmento se torna um iman completo, possuindo dous polos.

### § III

#### COMMUNICAÇÃO DA VIRTUDE MAGNETICA.

#### IMANS ARTIFICIAES

Quando mettemos um iman em limalha de ferro, as parcellas de ferro, que elle arrasta comsigo, estão situadas umas após outras, *fig.* 65. Este facto não se pode explicar senão ad-

mittindo, que cada parcella de ferro se torna um imán por seo contacto directo com o imán natural ou com a parcella de metal, que a precede. E' o que podemos verificar, suspendendo a um imán um pequeno fio de ferro macio, *fig. 66*, sua extremidade livre adquire um polo da mesma natureza que o do imán, a que a outra extremidade está fixada, e pode sustentar um segundo fio de ferro, que apresenta es mesmos phenomenos; mas cada um d'estes fios não conserva seos polos, senão enquanto está fixado ao imán; logoque se destaca, cessa de attrahir o ferro.

O imán natural obra tãobem sobre o aço e sobre o ferro fundido, combinação de ferro com uma pequena quantidade de carvão, enxofre, silicio, phosphoro e arsenico. Estes corpos adquirem mais difficilmente a faculdade magnetica do que o ferro macio; mas conservão-na. O nickel e o cobalto estão no mesmo caso que o ferro; como este conservão a sua polaridade, quando estão combinados com uma pequena quantidade de carvão, enxofre, phosphoro, arsenico ou estanho; mas debaixo do mesmo volume e da mesma forma, o ferro é mais magnetico do que o nickel e o cobalto.

Assim, entre as substancias magneticas devemos distinguir as que são simplesmente magneticas das que são magnetizadas. As primeiras são sempre attrahidas pelos dous polos d'um imán; as outras tem sempre dous polos permanentes, que são attrahidos pelos de nomes diffe-

rentes e repellidos pelo do mesmo nome dos imans, a cuja acção se submettem.

O aço e os outros metaes magneticos não soffrem augmento nem diminuição de peso pela magnetização; do que se segue, que a virtude magnetica não é devida a uma substancia ponderavel. Na magnetização, a causa, qualquer que ella seja, que produz os polos, não passa do iman para o aço; porque o iman, depois da sua acção, não perde nada de sua força. O character essencial da causa do magnetismo é, pois, ser imponderavel e não ser transmissivel.

*Imans artificiaes.* Dá-se o nome de *imans* ou *magnetes artificiaes* a barras de aço, a que se communicarão polos magneticos por imans naturaes ou por outros imans artificiaes. Os imans artificiaes se comportão exactamente, e em todas as circumstancias, como os imans naturaes; e como se prestão a todas as formas possiveis, podemos-nos servir d'elles para observar com precisão os phenomenos de direcção, que reconhecemos nos magnetes naturaes. Uma agulha magnetizada tem, de ordinario, a forma d'um losango, *fig. 67*, tem no centro uma pequena placa de cobre ou de agata, por onde se suspende sobre um fulcro, *fig. 68*.

#### § IV

#### DECLINAÇÃO E INCLINAÇÃO

*Declinação.* Se suspendemos uma agulha

magnetizada sobre uma ponta ou por um fio, ou a pomos sobre um corpo fluctuando á superficie d'um liquido, notámos, como já dissemos, que uma das extremidades se dirige, sensivelmente, para o norte. Mas a direcção da agulha não coincide com o meridiano geographico: o angulo formado pela direcção da agulha com a do meridiano tem o nome de *declinação*. Este angulo varia de grandeza e de posição segundo os logares, e no mesmo logar com o tempo. No mesmo logar as agulhas magnetizadas, que distão a poncto de não reagirem uma sobre outra, tomão direcções sensivelmente parallelas. Designa-se pelo nome de *meridiano magnetico* o plano, que passa pelo centro da terra e pelos polos da agulha horizontal.

*Inclinação.* Se suspendemos uma agulha não magnetizada por um eixo horizontal, passando por seo centro de gravidade, *fig. 69*, ella fica em equilibrio em todas as posições possiveis; mas, se depois de tel-a magnetizado, a dirigimos no meridiano magnetico, a agulha toma uma posição, em que fica em equilibrio estavel. Robert Norman descobriu este phenomeno, em 1576. O menor dos dous angulos, formados pela direcção da agulha com a linha horizontal, denomina-se *inclinação*,



§ V

ISOCHRONISMO DAS OSCILAÇÕES D'UMA AGULHA  
MAGNETIZADA, SUBJEITA Á ACÇÃO  
DA TERRA SÓMENTE

Uma agulha magnetizada, suspensa sobre uma ponta fina ou a um fio de coco, sendo muito pouco deslocada de sua posição de equilibrio, volta a esta posição, fazendo em torno d'ella oscillações isochronas, como as d'um pendulo deslocado de sua posição vertical. D'este facto se segue, que as forças, que sollicitão a agulha, são em cada instante proporcionaes ao angulo de desvio, e, por consequencia, tem, a cada momento, uma direcção constante: porquanto, então, as componentes d'estas forças, perpendiculares á direcção da agulha, são proporcionaes ao seno do desvio, ou mesmo ao angulo do desvio, quando este é muito pequeno.

Esta consequencia do isochronismo das oscillações das agulhas magnetizadas foi, directamente, verificada pela experiencia por meio da balança de torsão. Fixando na extremidade do fio uma agulha magnetizada, de modo que esteja no meridiano magnetico, quando o fio está sem torsão, e movendo o fio do micrometro, de maneira que a agulha tome diversas posições, achámos, que o angulo de torsão é proporcional ao angulo de desvio.

## § VI

## DIRECÇÃO DA FORÇA MAGNETICA DO GLOBO

O globo não obra sobre os magnetes, nem como força attractiva nem como força repulsiva. Para demonstrar este facto, deve-se, primeiramente, advertir, que os polos magneticos do globo estão situados numa distancia, que pode reputar-se infinita em relação ao comprimento dos imans, e que, por consequente, actuão, segundo linhas parallelas, sobre todos seos elementos magneticos. Portanto, as acções, que o polo boreal do globo exerce sobre as moleculas do fluido austral livre em um magnete, dão logar a uma resultante igual á sua somma, do mesmo modo que as acções, que exerce sobre as moleculas do fluido boreal livre. Estas duas resultantes, sendo parallelas, eguaes, dirigidas em sentido contrário e applicadas a pontos differentes, constituem o que se chama um binario. As acções, que o polo austral do globo exerce sobre o iman, reduzem-se a um binario semelhante. É o binario resultante d'estes dous binarios individuaes, que representa a acção da terra sobre o magnete.

A acção magnetica da terra, sobre a agulha magnetizada, não pode ser senão uma acção directriz, porque o unico effeito das duas forças d'um binario é imprimir movimento de rotação á agulha. Por experiencias directas tãobem se pode demonstrar, que a acção do globo não po-

de ser substituída por uma só força. Se realmente existisse uma força única, esta força poderia decompor-se em duas, uma vertical, outra horizontal. Ora, se houvesse um resultante vertical, junctar-se-ia ou se subtrahiria ao peso do magnete, conforme operasse no sentido da gravidade ou em sentido contrário, e, por consequencia, não obteríamos o mesmo peso, se pesassemos uma barrinha de aço, antes e depois de magnetizada. Se houvesse uma resultante horizontal, reconheceríamos sua existencia, pondo uma agulha magnetizada sobre um boccado de cortiça fluctuante á superficie de agua tranquilla: a agulha arrastaria a cortiça, até que esta encontrasse algum obstaculo. Não observâmos, porém, nenhum movimento d'esta natureza: a agulha toma uma direcção determinada, depois fica immovel, postoque situada no meio da massa liquida. A acção magnetica da terra não pode, pois, nem attrahir nem repellir os imans, não pode senão dirigil-os, sem deslocar seo centro de gravidade.

A direcção das forças do binario terrestre coincide sempre com a direcção d'uma agulha magnetizada, livremente suspensa por seo centro de gravidade em um fio sem torsão; porquanto uma agulha, assim suspensa, não pode permanecer em equilibrio senão quando seo eixo está na direcção das forças magneticas, que operão sobre ella. A direcção da força magnetica do globo é tãobem representada pela posição de equilibrio d'uma agulha de inclinação

movel no meridiano magnetico. Os dous pontos de applicação das forças do binario terrestre são os polos da agulha; é, portanto, a recta, tirada por estes pontos, que se deve tomar, na agulha de inclinação ou na agulha, livremente, suspensa, como direcção da acção magnetica do globo. Esta recta, denominada *eixo magnetico* da agulha, coincide com seo eixo de figura, quando a agulha está, regularmente, magnetizada.

Quando a magnetização da agulha não tem sido regular, e é o que, ordinariamente, acontece, usa-se d'um methodo ingenhoso, chamado *methodo de reversão*, para obter sem erro a inclinação, e, por consequencia, a direcção do acção magnetica do globo. Represente, *C*, *fig. 70*, o centro d'uma agulha de inclinação, *CH* a horizontal tirada pelo ponto *C* no meridiano magnetico, e *CN* o eixo magnetico da agulha. O eixo de figura, em vez de coincidir com *CM*, toma differente direcção, *CA*, por exemplo, e faz um angulo  $ACH = a$ , menor que a inclinação. Se, depois, voltâmos as faces da agulha, seo eixo toma nova posição *CB* e faz um angulo  $BCH = b$  maior que a inclinação. Ora, como os dous angulos *ACM* e *BCM* são eguaes, teremos

$$2x = a + b \quad \text{d'onde se tira}$$

$$x = \frac{a + b}{2}$$

Tal é a medida da inclinação, que é igual á se-

mi-somma dos angulos, que o eixo de figura da agulha, em suas duas posições, forma com a horizontal. O methodo da reversão é, frequentemente, empregado em physica e em astronomia: deve-se fazer uso d'elle em todas as medições de inclinações e declinações.

## § VII

### INTENSIDADE DA ACCÃO MAGNETICA DO GLOBO

Uma agulha de inclinação, sendo desviada de sua posição de equilibrio, volta a esta posição, depois de certo número de oscillações, logoque é abandonada a si mesma. A força, que a faz oscillar conserva sua intensidade e parallelismo em todas as direcções da agulha; obra, por consequencia, sobre ella, como a gravidade sobre um pendulo desviado da vertical. As oscillações da agulha, sendo analogas ás do pendulo, servem para medir a intensidade do magnetismo terrestre, como as oscillações do pendulo servem para medir a intensidade da gravidade. Se, pois, designarmos por  $F$  e  $F'$  as forças magneticas em dous logares differentes e por  $N$  e  $N'$  os numeros de oscillações, que a agulha executa nestes logares durante o mesmo tempo, as forças  $F$  e  $F'$  deverão ser, como indica a formula do pendulo, proporcionaes aos quadrados dos numeros  $N$  e  $N'$ , e teremos

$$F : F' :: N^2 : N'^2$$

Esta proporção dá o meio de comparar as intensidades magneticas da terra em dous logares differentes: tãobem serve para medir as intensidades magneticas em um mesmo logar em duas epochas diversas.

Nas observações d'esta natureza preferem-se, geralmente, agulhas de declinação, suspensas em um fio de seda sem torsão. A força magnetica do globo não opera então na direcção da agulha e não exerce sobre ella todo o seo effeito; mas é facil tomar na devida conta a sua inclinação. Represente *AB*, *fig. 71*, a agulha em equilibrio; *A* seo polo austral e *AC* a direcção da acção magnetica da terra. A força, dirigida segundo *AC*, pode decompor-se em duas forças *AD* e *AE*, uma horizontal, outra vertical. O valor da primeira é  $F \cos i$  e o da segunda  $F \sin i$ , sendo *i* a inclinação do logar. As duas componentes da força, que solicita o polo austral da agulha em outro logar, cuja inclinação é *i'*, são  $F' \cos i'$  e  $F' \sin i'$ . E' evidente, que as oscillações da agulha não podem ser produzidas pelas forças  $F \sin i$  e  $F' \sin i'$ , que lhe são perpendiculares, e que, por conseguinte, são devidas unicamente ás forças horizontaes  $F \cos i$  e  $F \cos i'$ . Estas últimas forças são, pois, proporcionaes aos quadrados dos numeros *N* e *N'* de oscillações executadas, durante o mesmo tempo, nos dous pontos do globo; e temos

$$F \cos i : F' \cos i' :: N^2 : N'^2$$

d'onde 
$$\frac{F}{F'} = \frac{N^2 \cos i'}{N'^2 \cos i}$$

Humboldt inferiu de numerosas observações, que a intensidade magnetica da terra cresce do equador para os polos, e que nos polos é vez e meia maior que no equador. Estes resultados forão confirmados pela experiencia dos illustres navegadores, Parry, Freycinet, Duperrey, Sabine.

### § VIII

#### LEI DAS ATTRACÇÕES E DAS REPULSÕES MAGNETICAS

As attracções e repulsões magneticas seguem a razão inversa dos quadrados das distancias. A descoberta d'esta importante lei é devida a Coulomb, que, em 1780, a poz em evidencia pelo *methodo das oscillações* e pelo *methodo da torsão*.

*Methodo das oscillações.* Este methodo consiste em fazer oscillar uma agulha magnetizada, suspensa em um fio de seda sem torsão, debaixo da influencia d'um magnete, verticalmente situado e successivamente collocado em diversas distancias; e em contar o número de oscillações, que ella faz em um mesmo tempo. Põe-se o fio em certa distancia da agulha, depois desvia-se esta do meridiano magnetico e conta-se o número  $n'$  de oscillações executadas durante

um tempo determinado. Colloca-se depois o fio numa distancia differente, e conta-se o número  $n''$  de oscillações feitas no mesmo tempo. Seja  $n$  o número de oscillações devidas unicamente á acção do magnetismo terrestre. E' facil comparar, por meio dos numeros  $n, n', n''$ , as acções, que o magnete exerce sobre a agulha nas duas posições.

Se chamâmos  $f, f', f''$  as forças, que produzem os numeros de oscillações  $n, n', n''$ , as acções, que o magnete exerce sobre a agulha são eguaes ás differenças  $f' - f, f'' - f$ . E', pois, a relação d'estas duas quantidades, que convem conhecer. Admittindo, que as forças, que fazem oscillar a agulha, são proporcionaes aos quadradados dos numeros de oscillações, executadas no mesmo tempo, temos

$$f' : f :: n'^2 : n^2 \quad \text{e} \quad f'' : f :: n''^2 : n^2$$

$$f' - f : f :: n'^2 - n^2 : n^2$$

$$f'' - f : f :: n''^2 - n^2 : n^2$$

$$f' - f : f'' - f :: n'^2 - n^2 : n''^2 - n^2$$

Tal é a relação das forças magneticas do iman nas duas distancias.

A agulha, de que Coulomb se serviu, tinha 27<sup>mm</sup> de comprimento e o iman era um fio de aço de 68 centimetros. Coulomb poz a agulha ao abrigo das agitações do ar, e contou 45 oscil-



lações em 4". Seja  $f$  a força horizontal da terra, que a solicita.

Por experiencias preparatorias reconheceu, que, para obter o maior effeito possível, é necessario, que a extremidade actuante do fio de aço esteja 30 millimetros acima do plano horizontal da agulha; e deu ao fio esta disposição.

Numa 1.<sup>a</sup> experiencia, a agulha, distando 4 pollegadas do fio, fez 41 oscillações em 4". Seja  $f'$  a força, que actuava sobre ella. Numa 2.<sup>a</sup> experiencia, a agulha, distando 8 pollegadas do fio, executou 24 oscillações no mesmo tempo. Seja  $f''$  a força, que sobre ella operava. Temos

$$f' : f :: (41)^2 : (15)^2 \quad \text{e} \quad f'' : f :: (24)^2 : (15)^2$$

A força horizontal do fio é  $f' - f$  na 1.<sup>a</sup> experiencia e  $f'' - f$  na 2.<sup>a</sup>, e das duas proporções precedentes resulta

$$f' - f : f'' - f :: (45)^2 - (15)^2 : (24)^2 - (15)^2$$

$$\frac{f' - f}{f'' - f} = \frac{(41)^2 - (15)^2}{(24)^2 - (15)^2} = \frac{1456}{351} = 4,1$$

Assim a força, que obra na distancia de 4 pollegadas, isto é, em certa distancia, é quadrupla da que obra em distancia dupla.

*Methodo da torsão.* Coulomb poz na extremidade do fio de suspensão da balança de torsão um estribo, em que introduziu primeiramente

uma aste não magnetica, para fazer corresponder a linha de repouso ao zero da graduação do micrometro sobre o da caixa; e para collocar esta linha de repouso no meridiano magnetico, substituiu a aste não magnetica por uma agulha magnetizada; e fez gyrar todo o apparatus, até que a posição de equilibrio da agulha correspondeu ao zero da graduação.

Então Coulomb principiou por determinar a força directriz da agulha, isto é, a força, que era preciso empregar, para mantel-a em certa distancia angular do meridiano magnetico. Para isso, torceu o fio de suspensão, fazendo gyrar a agulha do micrometro: para cada distancia angular a força directriz era, evidentemente, representada pelo número de graus percorridos pela agulha do mostrador, diminuido do desvio da agulha. Coulomb reconheceu, então, como já dissemos, que a força directriz era proporcional ao seno do desvio ou ao mesmo desvio, quando este é muito pequeno. Esta lei pode também deduzir-se d'este unico facto; que a acção exercida pela terra sobre os polos d'uma agulha tem uma direcção constante; porquanto, uma agulha magnetica, que oscilla em qualquer plano, está exactamente no mesmo caso que um pendulo submettido á influencia da gravidade.

*Demonstração.* Podemos demonstrar do seguinte modo, que a força directriz da agulha é proporcional ao seno do desvio.

Seja  $AB$  o meridiano magnetico,  $CD$  a agulha desviada d'este meridiano um angulo  $DEB$ :

represente  $OP$ , parallela a  $AB$ , a resultante das acções attractivas do globo sobre a agulha, e decomponha-se esta força em duas,  $OR$  e  $OQ$ : esta segunda será a força directriz para o angulo  $DEB$ . No triangulo  $OPQ$  rectangulo em  $Q$ , temos

$$1 : \cos POQ :: OP : OQ;$$

ora  $\cos POQ = \text{sen } DEB$

logo  $1 : \text{sen } DEB :: OP : OQ,$

e  $OQ = OP \text{ sen } DEB$

mas  $OP$  é constante: logo  $OQ$  é proporcional a  $\text{sen } DEB$ , como dissemos.

### § IX

#### DETERMINAÇÃO DA FORÇA MAGNETICA DOS IMANS

O methodo, que parece mais simples e mais directo, para comparar a força dos imans naturaes e artificiaes, é pol-os em contacto com uma mesma peça de ferro, supportando um prato de balança, que se vai carregando até que o ferro se destaque do iman. Este methodo, que não pode dar senão grosseira aproximação, foi, todavia, o unico empregado até 1780: então, Coulomb substituiu-lhe dous methodos capazes de grande precisão, um fundado nas leis das oscillações, outro nas leis da torsão.

*Methodo das oscillações.* Suspendemos uma agulha magnetizada a um fio sem torsão, e, depois de estar em equilibrio no meridiano magnetico, desviâmol-a d'esta posição, e contâmos o número  $n$  de oscillações, que executa, em um tempo determinado, debaixo da acção magnetica do globo. Se depois alterâmos o estado magnetico da agulha e a fazemos oscillar segunda vez, fará outro número  $n'$  de oscillações no mesmo tempo. Ora, as forças magneticas  $f$  e  $f'$ , correspondentes aos dous estados da agulha, são proporcionaes aos quadrados dos numeros  $n$  e  $n'$ : teremos pois

$$f' : f :: n'^2 : n^2$$

Este methodo suppõe, que a intensidade magnetica da terra é a mesma nas duas experiencias comparativas; e sabe-se, que assim é, quando se opera no mesmo logar em duas epochas pouco afastadas.

Quando não podemos suspender o iman para oscillar, fazemol-o actuar sobre uma pequena agulha em seos diversos estados magneticos, e, tomando na devida conta a acção do globo, conseguimos determinar a relação de suas intensidades. Primeiro fazemos oscillar a agulha debaixo da influencia do magnetismo terrestre sómente, e contâmos o número  $n$  de oscillações, que ella executa em um tempo determinado; depois collocâmos o magnete no meridiano, apresentâmos seo polo attractivo á agulha e obser-

vamos o número  $n'$  de oscillações, feitas no mesmo tempo debaixo das influencias reunidas do globo e do iman. Ora, se designâmos por  $f$  a força terrestre e por  $f'$  e  $f''$  as forças correspondentes aos numeros  $n'$  e  $n''$  de oscillações, temos

$$f' : f :: n'^2 : n^2 \text{ e } f'' : f :: n''^2 : n^2;$$

$$\text{logo } f' - f : f'' - f :: n'^2 - n^2 : n''^2 - n^2$$

Tal é a relação da força magnetica do iman nos dous estados.

*Methodo da torsão.* Suspendemos uma pequena barra magnetizada no fio da balança de Coulomb e observâmos a torsão necessaria para desvial-a do meridiano um angulo determinado; recomeçâmos a mesma experiencia nos diversos estados magneticos da barra e medimos sempre as torsões correspondentes ao mesmo angulo de desvio. Estas torsões são duplas ou triplas, se as intensidades magneticas se tornão duplas ou triplas, de sorte que a relação das torsões é igual á relação das forças magneticas, que lhes correspondem.

Se não podemos suspender o magnete, fazemol-o actuar, em diferentes estados, sobre uma mesma agulha suspensa no fio da balança. Ordinariamente situâmos seo centro de acção no meridiano magnetico, para obrar na mesma direcção que a força terrestre e ser mais facil tomar esta força na devida conta. A acção, exercida pela agulha,

é então egual á acção do iman, augmentada ou diminuida da acção da terra, conforme o iman e a terra operão no mesmo sentido ou em sentido contrário.

§ X

DISTRIBUIÇÃO DO MAGNETISMO EM UMA BARRA  
MAGNETIZADA

Rolando uma barra magnetizada em limalha de ferro, notámos, como já dissemos, que a limalha adhere principalmente ás extremidades: d'onde resulta, que a virtude magnetica reside mórmente nos ponctos vizinhos das extremidades.

Podemos determinar a distribuição do magnetismo em uma barra pelo seguinte processo. Tomámos uma agulha muito pequena, e, depois de ter determinado o número de oscillações, que ella faz em um minuto, quando submettida á influencia da terra sómente, apresentámol-a successivamente aos diversos ponctos d'uma barra magnetizada *ab*, *fig. 72*. Determinámos para cada posição o número de oscillações, que ella faz no mesmo tempo; e obteremos a relação da intensidade magnetica da barra em seos diversos ponctos, fazendo uso da fórmula

$$\frac{f' - f}{l' - l} = \frac{n'^2 - n^2}{n'^2 - n^2}$$

As forças  $f'—f$  e  $f''—f$  são as intensidades do iman nas secções, que tem o mesmo nivel da agulha. D'esta maneira podêmos comparar as intensidades das diversas camadas em todo o comprimento das barras ou dos fios magnetizados. Advirtamos, porém, que chegando á extremidade  $a$ , devemos dobrar o effeito obtido; porque visivelmente teriamos um effeito duplo, se o iman se prolongasse ainda, apresentando para baixo de  $a$  camadas efficazes, como as que estão acima.

*Curva das intensidades.* Podemos exprimir, geometricamente, este resultado, levantando, sobre as diversas camadas, perpendiculares, que representem as intensidades observadas. As extremidades d'estas perpendiculares formarão uma curva, chamada *curva das intensidades*, e que mostra toda a distribuição dos fluidos magneticos. A *fig. 73* representa a curva, achada por Coulomb, para um fio de aço, cujo semi-comprimento era  $am$ . No meio a intensidade é nulla, e cresce desde este ponto até á extremidade. Para fios ou laminas de comprimento differente, esta curva é exactamente a mesma, comtanto que o comprimento não exceda 20 centimetros; mas fica no meio um espaço, em que a intensidade magnetica é sensivelmente nulla.

Biot achou para equação da curva das intensidades a expressão logarithmica

$$y = A (n^x - n^{2l-x});$$

$l$  é o semi-comprimento do fio magnetizado sujeito á observação;  $x$  é a distancia, que separa da extremidade do fio a camada, cuja intensidade magnetica é  $y$ ;  $A$  e  $n$  são constantes. Quando o fio é muito comprido e, por consequencia, seo polo opposto muito afastado, sendo  $n$  sempre menor que a unidade, o termo  $n^{2l-x}$  é insensivel; e a fórmula mais simples

$$y = A n^x$$

representa muito bem a distribuição do magnetismo nas extremidades. Becquerel verificou a exacção d'esta última lei em fios de aço capilares.

Coulomb mostrou pelo cálculo, que os polos se achão a 40 millimetros das extremidades; e tãobem deu, para magnetes muito curtos, est'outra lei; que seos polos estão, pouco mais ou menos, no terço do semi-comprimento, ou no sexto do comprimento total, partindo das extremidades. Este último resultado é uma especie de limite, para que os polos tendem, á medida que o comprimento diminue.

Estes resultados suppõem, que os imans tem dimensões transversaes muito pequenas em relação ao seo comprimento, que tem forma regular em toda a sua extensão e que estão regularmente magnetizados. Quando estas condições não estão preenchidas, não é possivel co-



reconhecer os polos theoreticamente; é necessario procural-os, directamente, com a pequena agulha magnetizada.

## § XI

### PONCTOS CONSEQUENTES

Quando as agulhas ou as barras tem grande comprimento, encerrão, ás vezes, certo numero de polos intermedios aos que existem nas extremidades. Estes polos intermedios são designados pelo nome de *ponctos consequentes*. Segundo Coulomb, sempre se formão nas agulhas de aço temperado, cujo comprimento exceda 30 vezes o diametro.

Podemos facilmente reconhecer sua presença e posição, mettendo a agulha em limalha de ferro, a qual se fixa em todos os polos. A *fig. 74* representa uma agulha com um poncto consequente, e a *fig. 75* uma agulha com dous. Por baixo das agulhas estão desenvolvidas as curvas, que representão a distribuição do magnetismo. Tãobem podemos reconhecer a presença dos ponctos consequentes, pondo a barra verticalmente e aproximando uma agulha de prova, a qual fazemos subir parallelamente a si mesma, de modo que vá successivamente apresentar-se em frente de cada poncto da barra. Se a barra não tem ponctos consequentes, não observâmos senão uma attracção e uma repulsão; se ha um, observâmos duas alternativas, etc.

Quando estudarmos a magnetização, veremos a causa da formação dos pontos consequentes e os meios de evitá-los: porquanto sua presença nas agulhas das bússolas diminui-lhes a força directriz, e em certas circumstancias pode torná-las inteiramente inexactas.

## § XII

### ANALOGIAS ENTRE O MAGNETISMO E A ELECTRICIDADE

Grande número de acções magneticas tem lugar em circumstancias analogas ás que desenvolvem a electricidade, o que fez imaginar, para explicar os phenomenos magneticos, uma hypothese semelhante á que se tem adoptado para explicar os phenomenos electricos, como veremos no paragrapho seguinte. Por exemplo, a electricidade se desenvolve em conductores isolados, submettidos á influencia de corpos electrizados, como se tivessemos directamente communicado electricidade a estes conductores: similhantemente, se pozermos um bocinho de ferro macio em certa distancia d'um magnete natural ou artificial, phenomenos magneticos se manifestão, como se o ferro fosse um magnete. Os signaes de electrização por influencia desaparecem, logo que afastámos o corpo electrizado: similhantemente as propriedades magneticas do ferro macio desaparecem, tantoque arredámos o iman, que as fez apparecer.

Se suspendemos, *fig*, 76, parallelamente um ao outro, dous pequenos cylindros de ferro macio, nas extremidades de dous fios de seda, e por baixo d'elles aproximâmos um dos polos d'uma barra magnetizada, estes dous pendulos se desviam um do outro, e, logo que afastâmos a barra, se aproximão. Esta acção é devida à influencia do iman, que momentaneamente dá virtude magnetica aos dous fios de ferro: os polos semelhantes d'estes pequenos imans, achando-se então proximos um do outro, se repellem; mas cessando a influencia, os pendulos perdem seus polos e retomão a posição vertical. Este phenomeno tem muita analogia, pelo menos nas apparencias exteriores, com a repulsão de dous corpos electrizados do mesmo modo.

Quando uma barra magnetizada tem força sufficiente para sustentar certa massa de ferro macio, contra a acção da gravidade, por meio da attracção, que um de seus polos exerce sobre o polo de nome contrário, que sua influencia determinou nesta massa, se perto da primeira barra situâmos parallelamente, mas em posição inversa, outra barra da mesma força que a primeira, a massa de ferro se destaca. É porque junctando-se à influencia do primeiro iman a influencia contrária do segundo, annulla-se toda a magnetização no ferro, que, retomando seu estado natural, obedece à acção da gravidade. É assim que dous corpos eguaes e contendo quantidades eguaes de electricidades contrárias não determinão nenhum phenomeno electrico em um

conductor isolado, posto, symmetricamente, em relação a elles, ou que um d'estes dous corpos destroe, aproximando-se, os signaes de electricidade, que o outro produzira.

Uma peça de ferro macio, *fig. 77*, suspensa numa das extremidades d'uma barramagnetizada, torna-se um magnete capaz de sustentar em sua extremidade livre uma segunda peça de ferro macio: este último, tãoobem magnetizado por influencia, pode sustentar uma terceira peça de ferro macio, e assim successivamente; mas a acção magnetica se vai enfraquecendo, e as peças vão não podendo sustentar senão pesos menores. Se separâmos e afastâmos a barra, todas as adherencias magneticas da cadeia cessão ao mesmo tempo. E' como uma serie de conductores isolados, situados em uma mesma linha terminada por um corpo electrizado: todos estes conductores se electrizão por influencia; mas os signaes electricos são menos pronunciados nos conductores mais afastados: todos tornão a entrar no estado natural, logoque desviâmos o corpo electrizado.

Como noutro lugar dissemos, podemos medir a energia d'uma barra, apresentando à attracção d'um de seos polos uma peça de ferro macio, sustentando um prato de balança, em que lançâmos pesos cada vez mais consideraveis, até que a attracção magnetica seja vencida. Se ao ferro macio substituímos uma peça de aço de igual volume, achâmos, que a attracção do mesmo iman exige, para ser vencida, um pêso me-

nor. Este resultado prova, que o magnetismo não se desenvolve com a mesma facilidade no aço que no ferro macio. D'aqui nasce o que se chama *força coercitiva*; é a resistencia ao desenvolvimento das propriedades magneticas; que se oppõe egualmente á sua desaparição, quando ellas se tem manifestado. Esta resistencia é analoga á que limita a decomposição e afrouxa a recomposição da electricidade natural em um corpo, mediocrementemente, conductor, como a madeira, sujeito á influencia d'uma fonte vizinha de electricidade.

### § XIII

#### THEORIA DO MAGNETISMO

Os antigos philosophos não conhecião a respeito do iman senão sua attracção para o ferro, e é neste unico facto, que se podião fundar as suas explicações. Ora, em todos os seculos, quando se tem querido, por força, explicar um facto unico de sua especie, não se tem podido fazer outra cousa mais do que exprimir o mesmo facto por termos vagos e metaphoricos, ou exprimir alguma ligação, que se lhe suppõe com outro facto mais geral.

Thales e Anaxagoras dizião, que o iman é dotado d'uma alma capaz de attrahir e mover o ferro. Cornelius Gemma, no 6.º seculo, dizia, que havia entre o ferro e o iman fios irradiantes invisiveis; outros explicavão o facto pela sympathy, que se dava entre as duas substancias;

outros pela similhaça; outros pela differença de partes: explicações estas, que não fazem senão exprimir o facto. Epicuro suppunha, que os atomos de ferro convem aos do iman e se agarrão uns aos outros. Plutarco imaginava, que havia á roda do iman uma emanação, capaz de fazer o vacuo; Cardan pretendia, que o ferro é attraído por ser frio; Costeo de Lodi considerava o ferro como o alimento do iman.

Gilbert teve a afouteza de condemnar todas estas explicações e outras similhaentes; mas não propoz nenhuma para substituil-as. Descartes veio depois com os seus turbilhões, e como explicou *tudo*, explicou o magnetismo: seo systema vogou por mais d'um seculo. Descartes suppunha, que um turbilhão de materia subtil passa rapidamente, sobre a terra, indo do equador para cada um dos polos; a materia não o retém por ser porosa, mas as substancias magneticas, tendo moleculas ramosas muito misturadas e entretecidas; oppõem ao turbilhão uma resistencia maior que todos os corpos: eis aqui porque ellas se dirigem. O turbilhão passa, todavia, mais facilmente num do que noutro sentido, visto que ha sempre uma das extremidades, que olha de preferencia para o norte. Logo, accrescenta Descartes, os poros do ferro são revestidos de pelos, que cedem e se curvão, quando o turbilhão entra por um lado, mas que se ouriçam, quando quer entrar pelo lado opposto.

Æpinus submetteu ao cálculo todos os phe-

nomenos magneticos, e mostrou, que podem deduzir-se das leis simples da attracção e da repulsão: admittiu um só fluido. Depois de Æpinus suppoz-se, que havia dous fluidos differentes; que sua combinação constituia o estado natural e sua separação o estado magnetico: mas suppûha-se, que estes fluidos, uma vez separados, podião atravessar os corpos e disseminar-se em sua massa.

Finalmente, Coulomb estabeleceu os verdadeiros principios da theoria, que hoje admittimos; conservou os dous fluidos, mas fez ver, que estes fluidos não podem soffrer nos corpos senão um deslocamento insensivel: é o que effectivamente resulta da experiencia. Assim, supponmos, 1.º, que o volume apparente d'uma substancia magnetica se compõe d'uma multidão de pequenos espaços, em que ha magnetismo, e d'uma multidão d'outros pequenos espaços, em que não ha magnetismo: 2.º, que os dous fluidos, contidos em cada pequeno espaço magnetico, podem ser separados, quando a força, que os sollicita, é capaz de vencer a força coercitiva; que podem dispor-se, segundo as leis do equilibrio; mas que não podem sair da pequena extensão, em que forão primitivamente encerrados: tudo que os cerca é impermeavel.

Os pequenos espaços, em que ha magnetismo, chamão-se *elementos magneticos*; os pequenos espaços, em que o não ha, chamão-se *elementos não magneticos*. Não sabemos, se os ele-

mentos magneticos são os intervallos, que se-  
parão os atomos da materia ponderavel, ou se  
são os proprios atomos. A somma dos elemen-  
tos magneticos e dos não magneticos forma o  
volume apparente d'um corpo: a relação d'estas  
duas sommas pode mudar com a temperatura  
e com a natureza das substancias, e estas mu-  
danças tem grande influencia na distribuição e  
na intensidade do magnetismo.

Poisson submetten ao cálculo as hypotheses  
de Coulomb; mas não nos é possivel apresentar  
sua analyse.

#### § XIV

#### MAGNETIZAÇÃO

Já vimos, que os corpos, capazes de se tor-  
narem magneticos, adquirião esta propriedade  
pelo contacto com um iman; mas estes corpos  
podem tãobem fazer-se magneticos, em outras  
muitas circumstancias, pelas descargas electricas,  
pela acção da terra, por correntes galvanicas.  
Neste capitulo não falaremos senão dos proces-  
sos empregados, para dar a barras de aço a mais  
forte potencia magnetica por meio dos imans  
naturaes ou artificiaes, assim como da magne-  
tização pela acção da terra. Quanto á magne-  
tização por descargas electricas e correntes gal-  
vanicas, d'ella falaremos noutro capitulo.

*Magnetização até a saturação.* Antes de ex-  
pormos os methodos directos de magnetização,  
diremos o que se deve entender por magneti-



zação até á saturação. A quantidade de fluido magnetico, desenvolvida em uma barra, cresce sempre com a força dos imans, que obrão sobre ella; mas a quantidade de fluido livre, que nella se conserva, quando está subtrahida á influencia dos magnetes, depende de sua força coercitiva, e esta quantidade é susceptivel d'um limite, que se chama saturação. Todavia, uma agulha supersaturada não perde instantaneamente seo excesso de potencia; ás vezes está muitos mezes sem voltar ao poncto de saturação.

Para reconhecer, se uma agulha está magnetizada até á saturação, é preciso magnetizal-a de novo no mesmo sentido com magnetes mais fortes: se ella adquire uma potencia magnetica maior que a que tinha ao principio, não estava magnetizada até á saturação; mas se não recebe senão um fraco acrescimo de magnetismo e se o perde com o tempo, será prova de ter sido magnetizada até á saturação.

## § XV

### MAGNETIZAÇÃO POR SIMPLES CONTACTO E POR TOQUE SINGELO

*Por simples contacto.* Quando pomos a extremidade d'uma barra de aço em eontacto com um polo d'um magnete, a barra experimenta a pouco e pouco a decomposição por influencia e acaba por tomar, como os magnetes ordinarios, dous polos e uma linha neutra. A extremidade

da barravizinha do poncto de contacto toma um polo contrário ao do magnete, e a extremidade opposta toma um polo do mesmo nome. Se, porém, a barra for muito comprida ou tiver grande força coercitiva, a acção decomponente do magnete não poderá estender-se até á outra extremidade da barra; cessará em certa distancia do poncto de contacto, não apparecendo alem nenhum vestigio de magnetismo. A operação será mais efficaz, se for practicada no meridiano magnetico.

Se com um dos polos do iman tocámos em qualquer poncto da barra de aço, formar-se-á um polo neste poncto, e de cada lado, numa distancia mais ou menos consideravel, polos de natureza contrária. Poderemos, assim, produzir, por simples contacto, um poncto consequente em qualquer poncto da barra. Nas barras, que tem ponctos consequentes, os fluidos magneticos estão dispostos do mesmo modo que em barras, que tenham por comprimento as distancias dos ponctos consequentes e que se tivessem unido pelo polos do mesmo nome.

*Por toque singelo.* Este methodo consiste em fazer escorregar o polo d'um magnete sobre a barra, que queremos magnetizar, repetindo a fricção cinco ou seis vezes no mesmo sentido. A extremidade da barra, que o magnete deixa na última excursão, toma um polo contrário, e a outra extremidade toma um polo do mesmo nome. Mas, como o magnete attrahe para cada poncto, em que toca, o fluido contrário ao seo, e repelle o

fluido do mesmo nome, faz passar successivamente cada poncto da barra pelos dous estados magneticos e destroe em algumas de suas posições o effeito, que produz em outras: por isso, este methodo de magnetização, postoque preferivel ao methodo por simples contacto, está longe de dar ás barras a maior potencia magnetica, que podem receber: por outro lado, tem o inconveniente de magnetizar pouco regularmente e de produzir ponctos consequentes.

## § XVI

### MAGNETIZAÇÃO PELO TOQUE DOBRADO

Este methodo, que produz um desenvolvimento de magnetismo muito superior ao que se obtem pelo toque singelo, consiste em friccionar debaixo de grãnde pressão ao longo d'uma barra, os dous polos oppostos de duas barras magnetizadas, deitadas, *fig. 78*, perpendiculares, *fig. 79*, ou inclinadas, *fig. 80*, movendo-as parallelamente ou em sentido contrario, e armando as extremidades da barra, que se ha de magnetizar, com massas de ferro macio ou imans poderosos.

*Methodo de Knight.* Em 1745, Knight, physico inglez, empregou, pela primeira vez, dous imans. Seo processo, *fig. 81*, consiste em collocar topo a topo os polos oppostos de duas poderosas barras magnetizadas e por cima a bar-

ra, que se ha de magnetizar, de maneira que o centro d'esta corresponda á linha de junção das duas barras magnetizadas, e em separal-as, fazendo-as andar cada uma para o seo lado. Assim, obtemos um effeito muito maior que pelo toque singelo. Conceberemos, facilmente, a razão d'isto, notando, que por este methodo, em todas as posições dos dous imans moveis, a natureza do magnetismo, desenvolvido nos elementos da barra, que os separa, se conserva a mesma, e que suas acções concorrem com a do magnetismo já desenvolvido nestes elementos, para produzir o estado magnetico final. Por este methodo podemos magnetizar, até á saturação, barras curtas e pouco espessas.

*Methodo do Duhamel.* Duhamel introduziu no methodo de Knight um aperfeiçoamento importante. Collocava a barra, que se havia de magnetizar, entre duas barras de ferro macio, *fig. 82*: as fricções se fazião por barras magnetizadas, como no methodo de Knight, mas erão inclinadas de 25 a 30 graus. Este methodo encerra duas circumstancias importantes: 1.<sup>a</sup> a inclinação dos imans, que, aproximando seos centros de acção da barra, augmenta o effeito d'elles: 2.<sup>a</sup> o emprego das armaduras de ferro macio. Para conceber o effeito produzido por estas armaduras, convem advertir, que logoque as barras tem adquirido certo grau de magnetismo, magnetizão as barras de ferro: o magnetismo desenvolvido nestas dissimula e fixa uma parte do magnetismo polar das barras, e assim dá

aos imans mais facilidade para operar nova decomposição de fluido por nova fricção.

O methodo de Knight e o de Duhamel são os melhores, para magnetizar pela maneira mais completa e mais regular as agulhas das bussolas e as laminas, cuja espessura não exceda cinco millimetros.

*Methodo de Mitchell e de Canton.* Estes dous physicos empregarão, em 1750, outro methodo, o qual consiste em pôr em contacto muitas barras de aço e esfregar sua superficie com os polos contrários de dous feixes de barras magnetizadas, fixadas em uma distancia constante e collocadas perpendicularmente, *fig.* 83. As barras intermedias se achão fortemente magnetizadas.

E' facil ver, que neste methodo, as barras, situadas umas após outras, servem mutuamente de armaduras e obrão como as barras de ferro macio no methodo de Duhamel: é por esta razão, que só as barras intermedias tomão grande desenvolvimento de magnetismo. Quanto á influencia da posição dos dous imans fixados entre si, podemos facilmente explical-a: com effeito, a decomposição do fluido magnetico em os elementos da barra, que estão situados entre os dous imans, se effeitua pelo concurso das acções das duas barras, e este estado magnetico tende a mudar, quando os imans passam alem d'estes elementos; mas o novo estado magnetico então não tende a estabelecer-se senão pela differença das acções das duas barras: por consequencia,

o estado magnetico, que os elementos tem recebido ao passarem entre as duas barras, subsiste ainda em grande parte depois da passagem dos magnetes.

*Methodo de Aepinus.* Aepinus fez ao methodo de Mitchell um melhoramento importante. Collocou imans poderosos na extremidade das barras de aço, e inclinou os imans moveis sobre a superficie das barras de aço, como Duhamel havia practicado; mas fixou-os entre si, como no methodo de Mitchell, *fig. 84*. Por esta inclinação a resultante das acções dos imans sobre cada molecula *m*, se fazia mais obliqua sobre a superficie da barra, e, por conseguinte, a componente horizontal se fazia mais consideravel; mas como, á medida que a inclinação augmenta, os polos dos imans se afastão, a inclinação, para produzir o maximo effeito, devia attingir certo limite, que só a experiencia devia fazer conhecer. Aepinus achou, que este limite era entre  $15^{\circ}$  e  $20^{\circ}$ .

O methodo de Aepinus é o que dá maior desenvolvimento magnetico; mas tem o inconveniente de muitas vezes produzir pontos consequentes e sempre magnetização irregular. Segundo Coulomb, a linha neutra aproxima-se alguns millimetros da parte, que foi magnetizada em último logar. O methodo de Duhamel é exempto d'este inconveniente. O methodo de Duhamel, substituindo as barras de ferro macio por magnetes poderosos, é o melhor, que se pode empregar para as agulhas das bussolas.

O de *Aepinus* deve ser preferido para magnetizar barras poderosas.

### § XVII

#### INFLUENCIA DO CHOQUE E DA TEMPERATURA SOBRE O ESTADO MAGNETICO DOS IMANS

Os imans perdem sempre uma parte de seo magnetismo, quando recebem um choque, principalmente se estão em posição vertical, achando-se para cima o polo boreal.

Já dissemos, que pelo calor rubro os imans perdião completamente sua força magnetica; mas esta perda tem logar progressivamente; e um facto muito notavel, observado por Kupffer, é, que a influencia da temperatura não é instantanea, quer dizer, é necessario certo tempo, para que toda a recomposição do fluido, que pode effectuar-se em certa temperatura, se realize. Assim, por exemplo, uma agulha, que foi por differentes vezes mergulhada em agua ebulliente, durante 10 minutos por cada vez, não conservou um estado magnetico permanente se não depois da sexta immersão.

Uma barra magnetizada, subjeita sómente ás variações de temperatura do ar, soffre mudanças em seo estado magnetico: diminue com a elevação de temperatura, augmenta com o seo abaixamento. Quando as variações são muito grandes, a agulha, pelo resfriamento, não retoma o mesmo estado magnetico: por exemplo,

uma agulha magnetizada fez 10 oscillações em 429" a 43°, 10 oscillações em 476" a 80°, 10 oscillações em 463" a 43°, depois do resfriamento (Hupffer).

Quando aquecemos só uma parte da barra, o poncto de indifferença se desvia da parte aquecida: no caso d'uma barra de ferro macio magnetizada pela acção da terra, o poncto de indifferença se aproxima da parte aquecida, provavelmente porque a força coercitiva diminue e a magnetização augmenta.

## § XVIII

### FEIXES MAGNETICOS

Feixes magneticos são barras magnetizadas, reunidas, parallelamente, e pelos polos do mesmo nome. A *fig.* 85 representa um feixe com forma de ferradura de cavallo: as laminas, depois de terem sido temperadas e magnetizadas, se applicão umas sobre outras, e se mantem com tiras de metal. A *fig.* 86 representa um feixe formado segundo o methodo de Coulomb: consta de tres camadas, encerrando cada uma cinco laminas, accommodadas em peças de ferro, que lhes servem de armaduras. Quando magnetizámos barras separadamente, e as reunimos, para formarem um feixe, não obtemos effeito igual á somma dos effeitos, que as barras produzirião separadamente, porque os polos vizinhos exercem uns sobre outros uma acção mu-



tua, que os enfraquece. Coulomb, para estudar os phenomenos, que se desenvolvem nos feixes, tomou 16 laminas de aço cortadas na mesma folha com a forma de rectangulos: estas laminas tinham 6 pollegadas de comprimento e  $9 \frac{1}{2}$  linhas de largura. Depois de tel-as separadamente magnetizado até á saturação, formou d'ellas diversos feixes, assentando umas sobre outras, e ligando-as com fios de seda; suspendeu-as depois, e observou as torsões necessarias para retel-as á  $30^\circ$  do meridiano magnetico. Obteve os resultados seguintes:

NÚMERO DAS LAMINAS REUNIDAS	TORSÕES OBSERVADAS
--------------------------------	--------------------

1	82°
2	123
4	150
6	172
8	182
12	205
16	229

Por aqui vemos, que a torsão está longe de crescer proporcionalmente ao número das laminas.

Scoresby observou, que laminas delgadas de aço temperado, magnetizadas e sobrepostas, mas separadas por laminas delgadas de madeira, formão um systema, que é mais energico e mais persistente do que uma massa unica de

aço das mesmas dimensões. A acção do systema é menor do que a somma das acções dos elementos, e o accrescimo de effeito resultante da addição d'uma lamina diminue, á medida que o número das laminas é mais consideravel.

## § XIX

### ARMADURAS

Quando o polo *A* d'um íman toca na extremidade *a* d'uma barra de ferro macio, desenvolve nella magnetismo contrário: este magnetismo reage sobre o íman e tende a excitar ahí nova decomposição de fluido. Este augmento produz na barra uma nova decomposição, que reage ainda sobre o polo *A*, de sorte que um è outro, por esta mutua reacção, adquirem magnetismo mais intenso.

E' o que podemos facilmente verificar, suspendendo a um magnete com forma de ferradura, *fig.* 87, uma barra de ferro e um prato de balança: achámos, que todos os dias o peso, que o magnete pode sustentar, cresce; mas, quando destacámos a ferradura, se o íman ao principio tivesse sido magnetizado até á saturação, retomaria seo magnetismo primitivo; no caso contrário, conservaria sómente uma parte do que tinha adquirido.

As barras de ferro macio, com que se guardam os imans, tem o nome de *armaduras* ou de *armas*. As barras magnetizadas collocão-se,

de ordinario, parallelamente em uma caixa, *fig.* 88, de maneira que os polos contrários se correspondão nas duas extremidades, e põem-se, transversalmente, prismas quadrangulares de ferro macio, que completão o parallelogrammo: cada uma d'estas peças de ferro se torna um iman, que reage sobre as barras, para nella fixar os fluidos decompostos.

Demais, as armaduras são uteis, porque, em certas posições dos imans, o magnetismo terrestre tende a recompor os fluidos magneticos livres. As agulhas livres se achão sempre situadas, em virtude de sua força directriz, de maneira que a acção da terra opera, para nellas desenvolver maior energia: assim, a acção da terra faz as vezes de armaduras.

Tãobem se applicão armaduras aos magnetes naturaes, não só para augmentar a força magnetica dos polos, mas tãobem para dar melhor direcção ao magnetismo da massa. Estas armaduras são placas de ferro macio, que se applicão ás faces dos polos previamente polidas, e se mantem com circulos de cobre, *fig.* 89.

## § XX

### MAGNETIZAÇÃO PELA ACÇÃO DA TERRA

A terra, como vimos, exerce uma acção continua sobre os magnetes e sobre todos os corpos magneticos. Esta acção tende a magnetizar os ultimos; mas por causa de sua pouca ener-

gia produz este effeito sómente sobre os corpos, que não tem senão pequena força coercitiva. Esta magnetização é, evidentemente, analoga á que tem lugar pela influencia d'um magnete em distancia. A acção magnetica da terra exerce-se, principalmente, sobre o ferro macio. Se collocâmos uma barra de ferro d'um metro de comprimento na direcção do magnetismo terrestre, ou só verticalmente, toma um polo austral na parte superior e um polo boreal na inferior: se, então, fazemos gyrar a barra em tórno de seu centro, a intensidade dos polos se enfraquece, á medida que a barra se aproxima d'uma posição perpendicular á sua primeira direcção: então, todo o indicio de polaridade desaparece: e se continuâmos o movimento, os polos tornão a apparecer, mas em sentido contrário, de sorte que o polo austral está sempre na extremidade superior da barra.

Segundo Barlow, as balas de artilheria e as bombas são magnetizadas pelo magnetismo terrestre: os dous polos estão nas extremidades do diametro paralelo á direcção da agulha de inclinação: sobre todos os pontos dos diametros perpendiculares, a acção magnetica é nulla, e a acção cresce d'este equador para os polos. As espheras massiças e ocas do mesmo diametro exterior actuão do mesmo modo, comtanto que a espessura exceda  $\frac{1}{30}$  de pollegada.

Por esta experiencia, facilmente concebemos, que todos os corpos magneticos do globo se fazem, debaixo da influencia magnetica da

terra, verdadeiros imans, cujos polos mudão com sua posição; mas, se por qualquer circumstancia os corpos assim magnetizados adquirem força coercitiva, sua polaridade subsiste, apesar das mudanças de posição; e para que os corpos adquirão força coercitiva, basta que soffrão qualquer acção mechanica, percussão, vibração, torsão, acção da tima, ou tãobem a oxydação. E' o que podemos, facilmente, reconhecer pelas experiencias seguintes.

Quando uma barra de ferro macio, situada verticalmente, se magnetiza pela acção da terra, se lhe batemos com martello em uma das extremidades, os polos se tornão fixos e já não mudão com a posição da barra; mas, se voltãmos a barra e lhe tornãmos a bater, conseguimos magnetizal-a em sentido contrário. Comtudo, a força coercitiva, assim communicada à barra, não é permanente; porquanto, depois d'alguns dias e muitas vezes até depois d'algumas horas, a polaridade magnetica fixa tem desaparecido. Podemos produzir os mesmos phenomenos sobre fios de ferro, que torcemos em posição vertical. Nas officinas, em que o ferro é trabalhado, quasi todas as ferramentas são imans.

Quanto á influencia da oxydação, tem-se notado, desde muito tempo, que todas as barras de ferro, que estão em posição vertical e que estão oxydadas, são verdadeiros imans. Foi Julio Cesar, cirurgião de Rimini, quem primeiro fez esta observação, em 1590, observação, que

foi confirmada por Gassendi, que reconheceu, que a cruz do campanario de S. João de Aix, que havia caído de velhice, e cujo pé estava todo oxydado, possuía todas as propriedades de magnete.

§ XXI

ACÇÃO DOS IMANS SOBRE OS CORPOS  
NÃO MAGNETICOS

Não se comprehendem, ordinariamente, na classe das substancias magneticas senão o ferro, o nickel, o cobalto, o chromio e os compostos, de que estes corpos fazem parte: quasi todos os outros corpos parecem, todavia, comportar-se, em circumstancias peculiares, do mesmo modo que os magnetes.

Coulomb reconheceu a influencia dos magnetes sobre a maior parte das substancias organicas ou inorganicas. Suspendeu em um fio de seda uma agulha muito fina de 5 ou 6 millimetros, feita de vidro, de cobre ou de madeira; depois situou perto d'uma de suas extremidades o polo austral d'um magnete muito energetico, e juncto da outra o polo boreal d'um segundo magnete; em seguida fez oscillar a agulha e contou o número de oscillações, que executava em um tempo dado. Sempre achou um número maior que no caso, em que a agulha estava longe do magnete. Barras não magnetizadas não produzem nenhum effeito. Coulomb certificou-se de que os corpos, sujeitos ás ex-

perencias, não tinham em sua composição nenhuma substancia magnetica: por conseguinte, os movimentos da agulha erão realmente devidos ao magnetismo inherente á substancia, de que ella se compunha.

Lebaillif, a favor d'um apparelho' ingenhoso, a que deu o nome de sideroscopio (*sideros* ferro, *skopeo* observo) verificou, recentemente, que a maior parte dos corpos operão sobre a agulha magnetizada. Este apparelho consta d'um tubo de palha de 2 ou 3 centimetros de comprimento, suspenso por um fio de seda, *fig. 90*. Numa das extremidades, uma agulha de coser, *mn*, bem magnetizada, occupa, em parte, o eixo do tubo, e na outra extremidade põe-se um contrapeso. Logoque aproximâmos um corpo d'um dos polos da agulha, esta entra em movimento com o tubo de palha e segue o corpo, como seguiria um magnete. Para subtrahir o apparelho á agitação do ar, cobre-se com uma campanula de vidro, sómente atravessada por uma pequena abertura, para introduzir os corpos, cuja acção magnetica se quer estudar. Este apparelho é dotado de extrema sensibilidade. Todos os corpos ensaiados attrahem a agulha, excepto o bismutho e o antimonio, que parecem repellil-a. Este último factó não foi ainda explicado.

## § XXII

## EFFEITOS MAGNETICOS DOS CORPOS EM MOVIMENTO

Em 1822, Arago, fazendo oscillar uma agulha de declinação sobre placas horizontaes de cobre, de zinco e d'algumas outras substancias, reconheceu, que estes corpos diminuem a amplitude das oscillações e as aniquilão promptamente. O cobre é um dos corpos, que obrão com mais energia. Uma placa d'este metal reduz a 4 ou 5 o número das oscillações d'uma agulha, que executa 300 ou 400, quando oscilla longe d'esta influencia. D'estas experiencias se segue, necessariamente, que os corpos em repouso exercem uma acção mais ou menos forte sobre a agulha em movimento.

Algun tempo depois d'esta descoberta, Arago demonstrou, experimentalmente, que os corpos em movimento actuão sobre a agulha em repouso. Podemos facilmente repetir a experiencia de Arago. Fixâmos um disco *cd* de cobre, *fig. 91*, a um eixo vertical *e*, a que podemos communicar movimento de rotação: pomos o disco em uma caixa e suspendemos um pouco acima uma agulha magnetizada, *ab*, que levantâmos ou abaixâmos á vontade. Sobre a abertura da caixa pegâmos uma folha de papel, a fim de preservar a agulha da agitação do ar, que poderia ser produzida pela rotação do disco de cobre.

Tanto que imprimimos movimento de rota-



ção ao disco, a agulha se desvia de sua posição de equilibrio, e tende a segui-lo, apesar da torção do fio e apesar da attracção da terra, que a chamão ao meridiano magnetico: toma uma posição de equilibrio na distancia de 15° a 20° d'este meridiano, se não é muito grande a velocidade do disco; afasta-se mais, se a velocidade se torna maior; faz uma revolução completa e continua a mover-se, se o disco toma sufficiente velocidade; gyra então no mesmo sentido que o disco e tende a tomar toda a velocidade, que elle possui.

A intensidade da força desenvolvida pela rotação diminue, quando a distancia augmenta; do que nos certificámos, afastando a agulha mais ou menos da superficie do disco e communicando a este corpo uma velocidade constante, em cada uma das posições da agulha. Esta entra em movimento de rotação, se está perto do disco, e apenas se desvia alguns graus, se dista alguns centimetros.

A intensidade da força varia com a substancia do disco: a agua, a madeira, o vidro, os acidos, não apresentam nenhum effeito appreciavel; os metaes, pelo contrario, operão com bastante energia: a acção d'estes corpos varia tãobem com sua natureza, do que nos podemos convencer pelo seguinte quadro, que é devido ás numerosas experiencias de Herschel e Babbage:

Cobre	1,00	Chumbo	0,25
Zinco	0,93	Antimonio	0,09
Estanho	0,46	Bismutho	0,02

§ XXIII

BUSSOLA DE DECLINAÇÃO. HISTÓRIA

Os aparelhos, destinados a medir a declinação, chamão-se *bussolas de declinação*. A agulha das bussolas tem perto do centro uma placa de materia muito dura, de agata, por exemplo; põe-se sobre um pião vertical e mette-se numa caixa. Suas extremidades se movem sobre um mostrador graduado. Dá-se-lhe sempre muito pequena espessura, para exercer menos attrito sobre o pião, e a forma de losango allongado, para possuir maior força directriz. Obtemos a declinação, situando no meridiano geographico o raio do mostrador, a que corresponde o zero da graduação, e observando o arco comprehendido entre este zero e a extremidade norte da agulha.

*História.* Parece, que já no seculo undecimo antes de Christo, os chins usavão da agulha magnetica em suas viagens terrestres. Em um dictionario chinez, acabado no anno 121 da era vulgar, e em outro, que se completou no reinado de Kanghi, se diz, expressamente, que durante a dynastia de Tsin, cinco seculos antes de J. Christo, os navios vogavão para o sul com o auxilio do iman. D'alguns escriptos se infere, que o uso do iman, como meio de orientação, não foi conhecido na Europa senão no duodecimo seculo. Presume-se, fôra o veneziano Marco Paulo, o primeiro europeu, que o applicou á navegação, quando voltou das Indias orientaes á Europa, em 1260.

Todavia, tem-se attribuido a invenção da bussola a Flavio Gioia de Amalfi; mas, ha nisto erro manifesto; porque este navegador viveu no seculo décimo quarto. O mais, que se lhe pode conceder, é haver aperfeçoado este instrumento: foi elle, que teve a idea de suspender a agulha sobre uma ponta aguçada. A declinação foi descoberta por Christovão Colombo, no fim do seculo décimo quinto, em sua viagem á America: e este phenomeno inesperado não concorreu pouco para augmentar a hesitação de seos companheiros.

§ XXIV

BUSSOLA FIXA

As *figs.* 92 e 93 representam uma bussola fixa; a primeira é uma secção vertical. A agulha *ab* está suspensa sobre um pião fixado no fundo d'uma caixa de cobre *cc'*, fechada por uma lamina de vidro: suas extremidades percorrem um limbo graduado, cujo centro se achá no eixo do pião. A caixa *cc'* é sustentada por um eixo solido *dd*, que faz corpo com ella, e que pode gyrar livremente sobre sua extremidade inferior, levando em sua rotação a caixa com tudo que ella sustenta. O pé oco, *ff*, em que entra este eixo, se prende a uma base, em que ha tres parafusos, e sustenta, por meio de seis raios, um circulo graduado *hh'*, denominado *circulo azimuthal*. Um vernier, fixado á caixa da bussola, percorre as divisões d'este circulo

e indica o angulo, que ella descreve, partindo de qualquer divisão.

A caixa da bussola apresenta dous montantes  $ck$  e  $c'k'$  diametralmente oppostos, em que se apoia o eixo de rotação  $kk'$  d'uma luneta  $ll'$ . O eixo  $kk'$  da luneta é parallelo ao circulo azimuthal, e seo ponto médio está sobre o vertical do pião. A luneta leva em sua rotação uma aste munida d'um vernier, que percorre as divisões d'um circulo vertical e que faz conhecer o angulo, que seo eixo optico forma com o horizonte. Um nivel de bolha de ar  $mm'$ , suspenso no eixo  $kk'$ , serve para indicar, se os dous circulos graduados com o eixo da luneta estão horizontaes.

Quando queremos determinar a declinação com esta bussola, dirigimos a luneta para um astro conhecido e medimos o angulo, que ella faz com o horizonte, assim como o angulo comprehendido entre os planos verticaes, que passam por seo eixo e pela direcção da agulha. Conhecemos, assim, a altura do astro acima do horizonte e o angulo, que seo vertical faz com o meridiano magnetico. Do primeiro d'estes angulos deduzimos, facilmente, por meio das tabuas astronomicas, o angulo, que o plano vertical do astro fazia com o meridiano geographico em o momento da observação. Conhecemos, pois, os angulos, que o plano vertical do astro faz com os meridianos geographico e magnetico, e, por consequencia, o valor da declinação.

§ XXV

BUSSOLA MARITIMA

A agulha d'esta bussola está coberta com um disco de mica, em que se pega um disco de papel. Este disco é graduado e nelle está traçada a rosa dos ventos. O zero da gradação corresponde ao polo norte. A caixa *cdef*, *fig. 94*, em que está a agulha, é fechada por um disco de vidro *cf*: nas extremidades d'um mesmo diametro ha duas pinulas *p* e *q*, atravessadas por fendas longitudinaes: a fenda da pinula *p* é estreita, a da pinula *q* é um pouco mais larga; esta é dividida em duas partes por um fio vertical. Atraz de pinula *p* ha um pequeno espelho *mm'*, inclinado  $45^\circ$ ; mas a parte correspondente às fendas das pinulas não é estanhada.

Para determinarmos a declinação com esta bussola, voltámos a caixa, de maneira que vejamos pelas pinulas um astro situado no horizonte. Ao mesmo tempo vemos pela reflexão sobre o espelho a imagem da divisão do mostrador, que corresponde a esta direcção. Conhecemos, assim, o angulo formado pelo meridiano magnetico com o vertical do astro. Não falta senão determinar pelos methodos astronomicos o angulo do vertical do astro com o meridiano geographico, para d'elle deduzirmos a declinação.

A agulha da bussola maritima deve conservar uma posição sensivelmente horizontal, não obstante a agitação do mar. Satisfazemos a esta

condição, tornando a caixa movel em tórno d'um eixo horizontal, que é sustentado por um anel, que tãobem se move á roda d'um eixo horizontal, perpendicular ao primeiro. Este modo de suspensão é devido a Cardan. E' o que tãobem, muitas vezes, se emprega nos barometros de Fortin.

§ XXVI

BUSSOLA DE AGRIMENSOR

A bussola, destinada para o levantamento de plantas, está representada na *fig. 95*. Consta d'uma caixa quadrada de madeira, que tem dentro um mostrador graduado e uma agulha, livremente, suspensa: o zero da graduação corresponde a um diametro paralelo ao lado *cd*, ao qual está applicado um tubo de secção rectangular, movel á roda d'um eixo *oo'*, que o fixa á caixa. Uma das extremidades do tubo é fechada por uma lamina delgada, atravessada por uma fenda vertical muito estreita; e a extremidade opposta é guarnecida d'um fio paralelo á fenda, disposto de modo que o plano da fenda e do fio seja paralelo á linha *gh* do mostrador.

Para determinarmos o angulo, que a linha, que une dous ponctos, faz com o meridiano magnetico, situámo-nos em um d'estes ponctos, fixâmos a bussola horizontalmente, e fazemol-a gyrar em seo plano, até que, olhando pela fenda do tubo, o outro poncto fique por detraz do fio. A agulha indicará então o angulo procurado.

## § XXVII

DESVIO DA BUSSOLA POR CAUSA DO FERRO,  
QUE ENTRA NA CONSTRUCCÃO  
DOS NAVIOS

As grandes massas de ferro, que entrão na construcção dos navios, devem exercer sobre a bussola uma acção consideravel. Com effeito, esta acção revela-se ás vezes por um desvio de  $15^{\circ}$  ou  $20^{\circ}$ . Foi Wales, astrónomo da expedição de Cook, quem primeiro assignou esta origem de erro nas observações feitas com a bussola; mas foi o professor Barlow, quem primeiro indicou o meio de corrigir estes erros.

O meio, proposto por Barlow, funda-se neste facto: que as acções exercidas sobre a bussola por todas as massas de ferro, qualquer que seja seo número e distancia, podem sempre ser substituidas por um só disco de ferro macio; quer dizer, se supprimissemos todas estas massas de ferro, o disco, disposto, convenientemente, reproduziria os mesmos desvios da bussola, para todas as orientações do navio. Não podemos descrever as operações, que servem para determinar, por tentativas e para cada navio, a posição exacta do disco de ferro, que produziria este effeito. Determidada, porem, esta posição, eis-aqui a maneira de corrigir as observações feitas com a bussola: observa-se a direcção da agulha, primeira vez afastando o disco, e segunda vez depois de o tornar a pôr exactamente

em seu lugar: o desvio para fora do meridiano magnetico pode reputar-se duplo, na segunda observação, do que era na primeira. A comparação dos dous resultados faz, pois, conhecer o desvio devido ao ferro do navio, e, por consequencia, a correccão, que a primeira observação deve soffrer.

### § XXVIII

#### AGULHAS ASTATICAS

Dá-se o nome de *agulhas astaticas* a agulhas magnetizadas, dispostas de maneira que sejam influenciadas pela acção da terra. Podemos preencher esta condição de varios modos.

1.º Subtrahimos uma agulha à acção da terra, collocando no meridiano magnetico e em distancia conveniente um iman poderoso, dirigindo para ella o seu polo repulsivo. Por este meio a acção da terra não pode, tadavia, ser completamente dissimulada, porque, reduzindo-se esta acção a um binario, não pode ser destruido senão por um binario opposto; o que exigiria, que o iman estivesse em muito grande distancia da agulha.

2.º Podemos dispor duas agulhas da mesma forma, do mesmo comprimento e igualmente magnetizadas, quer sobre um mesmo eixo vertical, de maneira que os polos de nomes contrarios fiquem para o mesmo lado, *fig. 96*, quer na mesma direcção, *fig. 97*, mas d'um modo symmetrico. E' evidente, que manifestando-se a



acção da terra em sentido contrário sobre as duas agulhas, não resulta d'aqui nenhuma força directriz, comtanto que as agulhas sejam bem idénticas na forma, no grau de magnetização e na distribuição do magnetismo.

3.º Poderíamos tãobem empregar uma agulha vertical, fixada numa alavanca horizontal movel à roda d'um eixo vertical, *fig. 98*, ou duas agulhas eguaes, collocadas symmetricamente nas extremidades d'uma alavanca horizontal, *fig. 99*.

4.º Finalmente, podemos tornar a agulha movel em tórno d'um eixo paralelo ao eixo magnetico da terra; pois é evidente, que a acção da terra tenderá a fazer mover a agulha em uma direcção, que sua suspensão torna impossivel.

## § XXIX

### DECLINAÇÃO NOS DIVERSOS PONCTOS DO GLOBO

A declinação é differente nos differentes ponctos da superficie da terra. As primeiras observações seguidas, sobre este objecto, forão feitas, em 1599, por navegadores hollandezes por ordem do principe de Nassau. O célebre astronomo Halley, com o fim de verificar ideas theoricaricas, attinentes ás variações da declinação, emprehendeu uma longa viagem, e combinando os resultados, que obteve, com os que havião sido anteriormente colhidos, formou cartas, em que traçou as linhas isogonicas. Halley não ti-

vera conta com a influencia das peças de ferro empregadas no navio ; por isso, as suas cartas serão imperfeitas. As cartas, publicadas por Barlow, em 1823, são muito superiores ás de Halley.

*Linhas agonicas.* Entre as linhas isogonicas não se as linhas *agonicas* ou *sem declinação*, isto é, a serie dos pontos, em que o eixo da agulha magnetizada coincide com o meridiano geographico. Uma d'estas linhas agonicas principia ao nor-oeste da bahia de Hudson, atravessa o Canadá e parte do Atlantico, corta a America meridional perto do cabo de S. Roque e vem encontrar o meridiano de Paris por 65° de latitude austral. As linhas agonicas deslocão-se, lentamente, de este para oeste.

*Meridianos magneticos verdadeiros e paralelos magneticos.* Duperrey, na volta de sua viagem de circumnavegação, publicou outras cartas das declinações, em que se vião curvas analogas ás linhas isogonicas, mas traçadas de maneira que fazião conhecer, em cada um de seus pontos, a direcção do meridiano magnetico. Estas linhas são as que obteriamos, se transportassemos a agulha magnetizada do norte para o sul, seguindo, constantemente, a direcção por ella indicada. Duperrey deu a estas linhas o nome de *meridianos magneticos verdadeiros*. São curvas de dupla curvatura: os meridianos magneticos, propriamente dictos, são circulos maximos.

Traçando curvas normaes, em cada um de

seos pontos, aos meridianos magneticos verdadeiros, obtemos os *parallelos magneticos* de Duperrey.

*Polos magneticos.* Hansteen inferiu da curvatura das linhas isogonicas nas regiões polares, que em cada hemispherio havia dous pontos, em que ellas convergião, e lhes poz o nome de *polos magneticos*. Barlow mostrou, que não ha realmente senão dous polos magneticos, em que os meridianos magneticos verdadeiros de Duperrey se cortão. O do hemispherio boreal é ao norte da bahia de Hudson.

### § XXX

#### BUSSOLA DE INCLINAÇÃO

A inclinação obtem-se por meio d'um aparelho, chamado *bussola de inclinação*, *fig. 100*, em que a agulha magnetizada é movel á roda d'um eixo horizontal, fixado, normalmente, ao centro d'um limbo vertical: este limbo pode collocar-se em diversos azimuths, gyrando em tórno d'um eixo vertical, e sua rotação é medida sobre outro limbo, horizontal e fixo. Para cada azimuth a agulha faz um certo angulo com o horizonte: fazemos gyrar o limbo movel, até que a agulha se torne vertical; o limbo é, então, perpendicular ao meridiano magnetico: basta, pois, fazel-o gyrar um quadrante, para ser *parallel* a este meridiano e podermos observar,

directamente, a inclinação da agulha magnetizada.

A bussola de inclinação pode apresentar a mesma causa de erro que a bussola de declinação: o eixo magnetico pode não coincidir com o eixo de figura; então corrigimos o erro pela reversão. Mas ha outra causa de erro, cuja influencia pode ser muito maior; tal é a falta de coincidência do centro de gravidade com o eixo de rotação. Para reconhecer este defeito, se existe, e medir sua influencia, é preciso mudar os polos da agulha. É evidente, que o desvio da agulha, proveniente da causa, de que falámos, se achará em sentido contrário; e, portanto, a semi-somma das inclinações, observadas antes e depois da mudança dos polos, será a inclinação verdadeira.

### § XXXI

#### INCLINAÇÃO NOS DIFFERENTES PONCTOS DO GLOBO

*Equador magnetico.* Dá-se o nome de *equador magnetico* ou *linha acclinica* (*alpha* priv.) à curva, que passa por todos os ponctos, em que a inclinação é nulla. Segundo Duperrey, que em sua viagem à roda do mundo cortou seis vezes o equador magnetico, esta curva não intercepta a linha equinoccial senão em dous ponctos, quasi diametralmente oppostos, e situados um no oceano Atlantico, outro no Grande Oceano, pouco mais ou menos na circumferencia do meridiano de Paris. Quando este equa-

dor não atravessa senão algumas ilhas raramente disseminadas, pouco se desvia da linha equinoccial; quando as ilhas se multiplicão, desvia-se mais, e não chega ao maximo de excursão, quer ao norte, quer ao sul, senão nos dous grandes continentes, que atravessa.

A linha acclinica soffre um deslocamento muito lento, de maneira que os nós ou pontos de intersecção d'esta linha com o equador geographico se movem de este para oeste. Este movimento explica as differenças entre as posições dos nós, dadas por diversos observadores em epochas muito afastas umas das outras. Os nós, que são sensivelmente nas extremidades d'um mesmo diametro da terra, tem andado 40° desde 1780 até 1836.

*Linhas isoclinicas.* Dá-se este nome ás linhas, em que a inclinação é a mesma. Estas linhas correspondem a inclinações tanto maiores, quanto mais distão do equador magnetico. Em 1768, Wilcke publicou uma carta das linhas isoclinicas, a qual foi depois modificada por Lemonier. Hansteen inferiu tãobem da disposição d'estas linhas a existencia dos quatro polos magneticos, de que falámos, hypothese, que foi destruida por Barlow. Ross encontrou, em 1832, na terra de Bothia-Felix, o ponto, em que a agulha de inclinação é vertical, isto é, o polo magnetico do norte. Este ponto coincide, sensivelmente, com o polo magnetico determinado pelas linhas isogonicas da carta de Duperrey, circumstancia digna de mencionar-se.

Nas regiões do globo, em que o equador magnetico é pouco mais ou menos circular, isto é, na Europa, Africa, oceano Atlantico e costas orientaes da America, a inclinação é, sensivelmente, a mesma d'um e d'outro lado e em igual distancia d'esta linha. Mas ao norte e ao sul das regiões, em que o equador magnetico apresenta inflexões, as linhas isoclinicas as offerecem tãoobem, e suas irregularidades são tanto mais pronunciadas, quanto mais para o polo se caminha.

### § XXXII

#### VARIAÇÕES SECULARES DA DECLINAÇÃO

Em um mesmo lugar, a declinação conserva-se, ás vezes, constante durante certo tempo; mas, em geral, é variavel, como podemos ver na seguinte tabella da declinação da agulha magnetizada em Paris.

ANNOS	DECLINAÇÕES	ANNOS	DECLINAÇÕES
1580	41°,30' este	1819	22°,29'
1618	8,0	1822	22,11
1663	0	1823	22,23
1678	1,30 oeste	1824	22,23
1700	8,10	1825	22,22
1767	19,16	1827	22,20
1780	19,25	1828	22,6
1785	22,0	1829	22,12
1805	22,5	1832	22,3
1813	22,28	1835	22,4
1814	22,34 maximo	1849	20,34
1816	22,25	1850	20,31
1817	22,19	1851	20,25
1818	22,22		

Estes resultados são as médias dos que se obtem para cada dia, depois para cada mez do anno, afim de fazer desaparecer as variações mensaes e diurnas. Vê-se, que a declinação, ao principio, oriental, diminuiu até 1663, epocha, em que foi nulla; depois fez-se occidental, cresceu até 1814, e desde então tem ido diminuindo. Actualmente a diminuição é, proximamente, 10' por anno.

Em Londres, a declinação era 41° 30' *E.* em 1580; era nulla em 1660; fez-se depois occi-

dental, attingiu o maximo,  $24^{\circ} 36'$ , em 1800. Em 1831 era  $24^{\circ}$ .

Para exemplo das variações seculares no hemispherio austral, citaremos as observações feitas no Cabo da Boa Esperança desde 1605. Então, a declinação era  $30'E$ ; tornou-se nulla entre 1605 e 1609, fez-se depois occidental e attingiu o maximo,  $25^{\circ} 40'$ , em 1794.

São variações as seculares, que occasionão os deslocamentos das linhas agonicas e isogonicas.

### § XXXIII

#### VARIAÇÕES DIURNAS

Independentemente das variações, que a agulha de declinação experimenta com as mudanças de lugar e no mesmo lugar em grandes intervallos de tempo, soffre ainda variações diurnas. No hemispherio boreal, a extremidade boreal da agulha caminha de este para oeste, desde as 8 horas e  $\frac{1}{4}$  da manhã até uma hora e  $\frac{1}{4}$  da tarde, e de oeste para este, desde uma hora e  $\frac{1}{4}$  da tarde até ao outro dia pela manhã: no hemispherio austral, a extremidade sul da agulha tem movimento analogo. E entre os equinoccios da primavera e do outomno que tem lugar as maiores variações diurnas, e é na outra parte do anno que as menores se manifestão. A extensão d'estas variações muda com os lugares.



Tãobem resulta da comparação das observações da declinação nas mesmas horas do dia, que a extremidade norte da agulha caminha para este, desde o equinoccio da primavera até ao solsticio do estio, e para oeste, no resto do anno.

Parece, que nas regiões do norte as variações diurnas são mais consideráveis e menos regulares; a agulha não estaciona durante a noite, e é somente de tarde que ella attinge seo maximo de desvio occidental. Perto do equador magnetico, a amplitude das variações diurnas vai decrescendo, e no equador magnetico são sensivelmente nullas. Segundo Aymé, os maximos e minimos das declinações em um mesmo logar manifestão-se em epochas muito proximas das que correspondem aos maximos e minimos de temperatura.

*Bussola das variações.* Não podemos observar as variações diurnas da agulha senão a favor de instrumentos capazes de grande precisão, denominados *bussolas das variações*. Estes instrumentos constão, ordinariamente, d'uma barra magnetizada, suspensa a um feixe de fios de seda sem torsão, que pode mover-se em uma caixa fechada por um vidro. As duas extremidades da barra percorrem arcos de circulo, divididos em muito pequenas fracções de grau, sobre as quaes se lê a posição da extremidade da barra por meio d'uma lente fixa.

§ XXXIV

PERTURBAÇÕES DA BUSSOLA DE DECLINAÇÃO

A bussola de declinação é, as vezes, deslocada de sua posição ou perturbada, em suas variações diurnas, por varias causas accidentaes. Uma das mais influentes é a apparição das auroras polares. Emquanto este meteoro se manifesta, o que pode durar 12 horas, a agulha magnetizada soffre uma agitação continua e um desvio muitas vezes consideravel, sendo, ás vezes, de mais de 5 graus. Estas perturbações se verificão não só no lugar, em que a aurora polar é visivel, mas tãobem, posto que menos pronunciadamente, em grandes distancias e nos logares, em que nenhum vestigio de luz se divisa na atmosphaera. Assim, um observador em seo gabinete é advertido pela bussola do que está acontecendo nas regiões polares, como é advertido pelo barometro do que se passa nas mais altas regiões da atmosphaera.

Os tremores de terra e as erupções vulcanicas obrão tãobem sobre a agulha magnetizada. Bernouilli viu, em 1767, a inclinação diminuir meio grau por occasião d'um tremor de terra. La-Torre achou uma differença de graus na declinação durante uma erupção do Vesuvio, e, na erupção de 1839, Copocci, director do observatorio de Napoles, viu a declinação diminuir, repentinamente, meio grau.

Pretende-se, que as trovoadas tãobem tenham

influencia sobre a bussola. O que ha de positivo a este respeito, é, que, quando o raio fere os corpos magnetizados, lhes altera o estado magnetico, chegando, ás vezes, a inverter-lhes os polos.

### § XXXV

#### VARIAÇÕES DA INCLINAÇÃO

A inclinação soffre, como a declinação, variações seculares, annuaes e diurnas; mas, geralmente, muito mais fracas.

Desde 1671, a inclinação em Paris tem, constantemente, diminuido. Das observações, feitas em Londres desde 1720, segue-se, que a inclinação tãobem aqui vai diminuindo.

As variações da inclinação em um mesmo logar determinão os deslocamentos seculares das linhas isoclinicas e do equador magnetico.

As variações annuaes da inclinação forão estudadas, principalmente, por Hansteen. Este observador, tomando a média de grande número de observações, reconheceu, que a inclinação é, pouco mais ou menos, 15' maior de verão que de inverno.

Finalmente, o mesmo observador poude reconhecer variações diurnas; achou, que a inclinação é de 4' a 5' maior ao meio dia do que depois.

§ XXXVI

LINHAS ISODYNAMICAS

Tadas as observações mostram, que a intensidade magnetica da terra vai augmentando do equador magnetico para os polos: nos polos parece ser uma vez e meia maior do que no equador, de sorte que a linha sem inclinação é também a linha de menor intensidade. Também se tem reconhecido, que as linhas da mesma intensidade ou *isodynamicas* (*dynamé* força) differem, na forma e posição, das linhas isoclinicas; d'onde se segue, que sobre o equador magnetico as intensidades não são as mesmas em toda a parte, o que está de acordo com a observação.

Segundo Duperrey, as linhas isodynamicas e as linhas isothermicas tem a maior analogia em sua curvatura e direcção. Este habil navegador reconheceu também, que os pontos do equador magnetico são precisamente os pontos mais quentes de cada meridiano; e pensa, que as irregularidades das linhas magneticas á superficie da terra provêm das anomalias, que as temperaturas apresentam á superficie dos mares e dos continentes.

Segundo Hansteen, a intensidade magnetica em um mesmo lugar está sujeita a variações periodicas, diurnas e annuaes. O minimo diurno tem lugar ás 11 horas da manhã, o maximo ás 4 horas da tarde de verão e ás 6 horas

de inverno ; o minimo annual de inverno e o maximo de verão.

### § XXXVII

#### DECRESCIMENTO DA INTENSIDADE MAGNETICA NA ATMOSPHERA

Segundo as experiencias de Biot e de Gay-Lussac em suas viagens aerostaticas, as de Humboldt nos paizes montanhosos e as muito mais antigas de Saussure, parecia, que a acção magnetica terrestre era a mesma á superficie da terra e nas maiores alturas accessiveis ao homem ; mas não tendo estas experiencias sido correctas da influencia da temperatura, e não permittindo as experiencias de Kupffer duvidar de que um abaixamento de temperatura augmenta o número das oscillações d'uma aguiha, a constancia d'este número, achado pelos physicos acima indicados, prova que a intensidade do magnetismo terrestre vai diminuindo da superficie da terra para a atmospheria: é o que por outro lado demonstrão as experiencias feitas no Caucaso por Kupffer.

Não se tem podido verificar experimentalmente, se a inclinação é a mesma acima, abaixo e á superficie do solo; porquanto, as observações nos aerostatos são impossiveis, e a differença de composição do solo pode occasionar grandes erros nestas determinações abaixo d'elle.

## CAPITULO XI

### GÁLVANISMO

#### § I

#### DESCOBERTA DO GALVANISMO

Dá-se o nome de *galvanismo* ou *electricidade galvanica* á causa, que desenvolve certos phenomenos electricos pelo simples contacto de corpos heterogeneos, ou de corpos homogeneos, diversamente aquecidos. Durante muito tempo se pensou, que o fluido, que produz estes phenomenos, era differente dos fluidos electricos resinoso e vitreo, cuja existencia suppozemos; mas vierão a ligar-se todos os factos á mesma theoria, postoque se continue a empregar a expressão de electricidade galvanica.

Galvani, cujo nome se tornou tão célebre, era médico e professor em Bolonha, e entregava-se com ardor a indagações physiologicas, as quaes, segundo o espirito d'aquelle tempo, tinham por objecto principal questões relativas ao principio vital. Em 1789, fazia curiosas experiencias. Depois de mortas e esfoladas algumas rans, pendurou as coxas por um gancho de cobre mettido nos nervos lombares. Havia na mesma casa, mas em grande distancia das coxas das rans, uma máchina electrica, constantemente carregada, da qual se tiravão faiscas, de quando em

quando. Galvani observava, que em cada descarga electrica os musculos das rans entravão em contracção. Este facto era claramente um exemplo da contra-descarga, de que noutro logar falámos.

Galvani, terminadas por então as suas experiencias, dependurou as coxas das rans, de que tinha feito uso, na sacada de sua janella, que era de ferro; e no mesmo momento notou com admiração novas contracções dos musculos. Não podendo este phenomeno ser attribuido á presença da máchima, Galvani examinou attentamente as circumstancias, em que elle se dava, e reconheceu, que as contracções tinhão logar no momento, em que, assentando o gancho de cobre sobre a barra de ferro, os musculos viñhãõ tocar noutra parte d'esta barra; d'onde inferiu, que uma communicação metallica, estabelecida entre os nervos, que se distribuem no interior dos musculos e a superficie externa d'estes orgãos, era a condição necessaria das contracções.

Pode-se repetir a experiencia de Galvani, com toda a simplicidade, do seguinte modo, *fig.* 401. Macta-se uma ran, corta-se em duas partes pela região lombar, e esfolia-se a parte, que fica abaixo d'esta secção. Toma-se, então, um arco metallico, formado d'uma parte *C* de cobre e d'outra *Z* de zinco. Introduzindo *C* por debaixo dos nervos lombares, observa-se, que, logo que se toque, com *Z*, nos musculos de qualquer das coxas ou das pernas, estes se contrahem.

A nova experiencia fez grande arruido no

mundo scientifico, e foi repetida por todas as formas possiveis.

A idea theorica, proposta por Galvani, e geralmente acolhida e defendida durante muito tempo, consistia em estabelecer, que os orgãos vivos produzião um fluido analogo á electricidade; que os nervos e o exterior dos musculos se achavão carregados de electricidades oppositas, pouco mais ou menos como o interiore e o exterior d'uma garrafa de Leyde; e que no momento, em que, por meio d'um conductor metallico, os nervos communicavão com o exterior dos musculos, se produzia uma pequena commoção, que determinava a contracção.

Todos ficarão tão convencidos da verdade d'esta explicação, que o fluido em questão se chamou *electricidade animal*.

## § II

### DESPUTA ENTRE GALVANI E VOLTA SOBRE A NATUREZA DA CHAMADA ELECTRICIDADE ANIMAL

Se ninguem punha em dúbida a realidade d'um fluido, que fazia entrar em contracções os musculos da ran, nem todos concordavão sobre a natureza d'este fluido. Uns, á testa dos quaes se achava, naturalmente, Galvani, sustentavão, que este fluido, não obstante certas analogias com a electricidade ordinaria, era de natureza muito especial; julgavão haver descoberto o fluido nervoso propriamente dicto. Os outros



pensavão, que este pretendido fluido nervoso não era mais do que a electricidade ordinaria, e consideravão sômente os órgãos vivos como verdadeiros apparatus electricos. Apoiavão-se, principalmente, no facto notavel, que o fluido animal não podesse ser conduzido senão por substancias metallicas, formando o que se chama-va o *arco excitador*; por similhaça com o nome do instrumento, de que se usa, para fazer communicar o interior com o exterior d'uma bateria electrica. Galvani respondia, que uma só analogia, qual era a propriedade de ser conduzido pelos mesmos corpos, não bastava para estabelecer a identidade dos dous fluidos.

Até então, apenas se tinha attentado numa circumstancia do phenomeno, que havia de vir a ser a principal; a saber, que, para obter grandes effeitos de contracção dos musculos da ran, era necessario, que dous metaes differentes entrassem na composição do arco excitador. Volta, professor de Pavia, que já tinha imaginado o precioso instrumento, que descrevemos com o nome de condensador, foi o primeiro, que assignalou esta circumstancia, e que attribuiu ao contacto dos dous metaes differentes a producção da electricidade, que até então o havia sido aos proprios órgãos. Esta nova maneira de ver, destruindo todas as ideas physiologicas, fundadas na electricidade animal, experimentou vivas contradicções. Ao principio objectou-se, que um só metal, o mais puro possivel, sendo empregado como arco excitador, bastava para determinar

contrações, fracas na verdade, mas assaz sensíveis. Galvani foi mais longe e fez ver, que os proprios nervos lombares, immediatamente applicados á superficie exterior dos musculos, determinavão contrações. Volta respondeu, então, com uma proposição mais geral do que a primeira, a saber, que se produzião phenomenos electricos só pelo contacto de quaesquer duas substancias heterogeneas, mas que o contacto dos metaes dava logar a phenomenos mais salientes.

Até então, a questão permanecia indecisa, as duas opiniões oppostas podião ser, igualmente, sustentadas. Estava reservado ao célebre professor de Pavia, apresentar a prova experimental de que o contacto de dous metaes produzia electricidade, em tudo semelhante á que se excita pela fricção, e que era a unica, até então conhecida: isto é, determinando attracções e repulsões entre os corpos leves, como a electricidade ordinaria.

Volta obteve esta prova com o seo condensador. Havendo sido postos em contacto dous metaes differentes, Volta fez ver, que cada um d'elles, posto, successivamente, em relação com o prato collector de seo instrumento, fazia divergir as folhas de ouro: mas que um dos metaes dava sempre electricidade positiva, quando o outro a fornecia negativa.

Esta bella descoberta derribou, completamente, o systema da electricidade animal. O arco excitador tornou-se em apparelho de producção,

e os órgãos animaes forão reduzidos ao officio de conductor da electricidade; mas este conductor sensivel e contractil tinha o merito de annunciar por seos movimentos a passagem de quantidades de electricidade tão pequenas, que provavelmente nunca terião podido ser descobertas por outros meios, de sorte que, se os órgãos dos animaes perdêrão o privilegio de produzirem a electricidade particular, que tem o nome de galvanismo, ficárão sendo o galvanometro mais sensivel que se conhece.

Devemos aqui notar, que por uma reversão, que não é sem exemplo nas sciencias naturaes, para as ideas, que ao principio se apoderárão dos espiritos dos observadores d'um factó novo, cada dia nos vai aproximando mais do pensamento, que os apparatus nervosos são, com effeito, productores d'alguns fluidos analogos ao galvanismo, e sobre os quaes a electricidade exterior não exerce uma acção tão saliente pouco tempo depois da morte, senão porque os excita d'um modo muito analogo á acção, que determinavão durante a vida.

### § III

#### PHENOMENOS FUNDAMENTAES DO GALVANISMO

Se sobrepomos duas laminas metallicas de natureza differente, ou, melhor, se soldámos dous pedaços de metaes differentes, zinco e cobre, por exemplo, e, se, tomando, com a mão esquerda,

pelo lado do zinco, a peça preparada, applicamos a extremidade de cobre ao prato inferior do condensador, e, com o dedo da mão direita humedecido, tocamos no prato superior, vemos, logo que levantamos o prato collector, divergirem as folhas de ouro; e será facil, certificarmos-nos, com um pao de resina esfregado, que a electricidade accumulada é de natureza negativa. E' indispensavel, que o cobre, de que os pratos são feitos, seja da mesma natureza que o que se soldou com o zinco.

Se renovamos a experiencia, tendo na mão o lado cobre e com o zinco tocando no prato do condensador, não obteremos nenhum effeito sensivel; mas se substituimos ao prato de cobre do condensador um prato de zinco, a experiencia sortirá bom effeito. Neste caso, a electricidade accumulada é positiva.

D'esta experiencia simples e fundamental resulta, que os dous metaes, soldados junctamente, contrahem duas electricidades oppostas, o cobre electricidade negativa, o zinco electricidade positiva. E' evidente, que estas duas electricidades estão espalhadas por toda a superficie livre de cada metal; porquanto, pouco importa tocar no condensador por um ou por outro ponto d'esta superficie: os effeitos são os mesmos.

E' tãoobem evidente, que a tensão d'estas duas electricidades, espalhadas na superficie dos dous metaes, é excessivamente fraca; porquanto, tocando, directamente, com estes metaes no mais sensivel electroscopio, não apparece nenhum ef-

feito sensível, e a tensão electrica, que produz a repulsão, não pode tornar-se visível senão a favor do condensador, e, ainda assim, é sempre muito pouco consideravel.

Outra proposição muito importante, que também se deriva d'esta unica experiencia, é, que a tensão electrica, que existe na superficie dos dous metaes, é capaz de se restabelecer instantaneamente, quando a diminuimos pelo contacto com outro conductor, ou a fazemos cessar, completamente, pela communição com o reservatorio commum. Com effeito, se a tensão electrica do cobre, por exemplo, fosse produzida por uma só vez, e não pudesse reproduzir-se, esta tensão não faria senão espalhar-se no prato do condensador; diminuiria, necessariamente, por esta distribuição: mas, pelo contrario, vemos a electricidade accumular-se neste condensador; o que suppõe, que a tensão electrica primitiva se repete e se multiplica, á medida que d'alguma sorte se extingue no prato collector. Dizemos, que esta reproducção de electricidade é instantanea ou pelo menos extremamente rapida, porquanto basta o contacto mais curto possivel, para levar o condensador ao maximo de carga, que elle pode receber por esta via.

#### § IV

#### FORÇA ELECTRO-MOTRIZ

Como todos os pontos de cada um dos me-

taes soldados da experiencia de Volta tem um dado character electrico, tendo o character electro-negativo os pontos da peça de cobre mais vizinhos da linha de junção, e o character electro-negativo os pontos correspondentes da peça de zinco, situados do lado opposto d'esta linha, Volta, desprezando a acção chymica, que pode exercer-se e, effectivamente, se exerce pelo contacto entre o zinco e o liquido, que molha o dedo, admittiu, que a acção ou força, que separa assim as duas electricidades, tem sua séde no plano de junção das substancias metallicas, e lhe pôz o nome de força *electro-motriz*.

A experiencia de Volta foi variada de mil maneiras: todos os corpos conductores forão, successivamente, postos em contacto com um dos pratos do condensador de cobre. Muitos physicos fizerão construir condensadores de ouro ou de platina, para melhor se evitarem as acções chymicas; e conforme as condições, em que os collocarão, obtiverão ou deixarão de obter electricidade. Em geral, procedendo, como dissemos, o condensador se carrega, quando o metal, que toca no prato inferior, ou quando o mesmo prato superior, a que se applica o dedo humedecido, são corpos facilmente oxydaveis; mas, em geral, tãoobem, a carga do condensador não é sensivel, quando o corpo, que se submette á prova, não é alteravel, sendo os pratos de ouro ou de platina.

Tãoobem nenhuma carga se consegue, quando empregâmos uma lamina de zinco e cobre, *fig.*

132, e lhe pegâmos pela peça de cobre, para pôr a de zinco em contacto com o prato inferior. Neste caso, os physicos, que negão a existencia da força electro-motriz e que explicão estes phenomenos pela acção chymica, limitão-se a dizer, que não ha electricidade, porque não ha acção chymica; entretanto que Volta e os partidarios da força electro-motriz dizem, que, estando a peça de zinco entre duas de cobre, ha duas forças electro-motrices, cujos effeitos se contrarião: a primeira, que se exerce entre o zinco e o prato, tende a carregar este de electricidade resinosa; mas ao mesmo tempo carrega o zinco de igual quantidade de electricidade vitrea: a segunda, que se exerce entre o zinco e o cobre da lamina dupla, tende, similhantemente, a carregar o zinco de electricidade vitrea: assim, o prato não pode tomar senão uma quantidade de electricidade resinosa, igual á metade da electricidade vitrea, que se accumula no zinco; e seria necessario, que a superficie da peça de zinco fosse extremamente grande, para que o condensador podesse carregar-se.

Ha, pois, incerteza a respeito da verdadeira origem da electricidade, que se manifesta nas experiencias sujeitas. Por mais de trinta annos os physicos admittirão, quasi unanimemente, que esta electricidade era devida, como Volta opinava, á acção d'uma força electro-motriz; mas depois reconheceu-se, não só, que a acção chymica desenvolve sempre as duas electricidades, senão **tãobem** que a maior parte dos phenomenos, que

havião sido explicados pela força electro-motriz, devem sel-o, essencialmente, pelas acções chymicas. Neste logar, limitar-nos-emos a acceitar simplesmente os resultados das experiencias, conforme os verdadeiros principios do methodo experimental, que consiste em estabelecer bem os factos e suas consequencias, antes de investigar as explicações. Admittiremos, pois, como um facto fundamental, descoberto por Volta, que certos metaes e, principalmente, os metaes oxydaveis, desenvolvem electricidade e carregão o condensador, quando se achão nas condições, que indicámos.

§ V

PROPRIEDADES DA FORÇA ELECTRO-MOTRIZ

Uma das propriedades, attribuidas por Volta, à força electro-motriz. era, decompor o fluido natural e separar as duas electricidades, que por sua natureza tendem a combinar-se. Sendo a tensão muito fraca e promptamente limitada, admittia-se, que o phenomeno se suspende no momento, em que a potencia electro-motriz se acha em equilibrio com a attracção reciproca dos dous fluidos desenvolvidos. Tãobem se admittia, que o fluido natural é inesgottavel, visto que fazendo desapparecer as duas tensões oppostas, ellas se restabelecem logo e indefinidamente.

A intensidade da força electro-motriz varia com a natureza das substancias, postas em con-



tacto; é muito grande entre o cobre e o zinco, por exemplo. Esta intensidade não tem, pelo contrário, nenhuma relação com a extensão das superficies, pelas quaes os metaes se tocão; porquanto, duas grandes placas de cobre e de zinco tomão exactamente a mesma tensão que duas placas pequenas; e duas placas, que se tocão em toda a sua superficie, tomão a mesma tensão que duas placas, que se tocão por um ponto sómente.

A propriedade de separar os dous fluidos um do outro não é a unica, que a força electro-motriz deve possuir: é mister, suppor-lhe ainda a de se oppor á sua combinação; mas não se oppõe senão nos mesmos limites, em que pode produzir sua separação. Com effeito, se, quando duas laminas de cobre e de zinco estão sobrepostas, fizessemos communicar um excesso de fluido negativo á lamina de cobre, este fluido passaria para o zinco, apezar da resistencia da força electro-motriz, até que o cobre ficasse reduzido á fraca differença de tensão, que elle teria podido tomar pela força electro-motriz isolada.

Tãobem admittimos, como principio necessario para a explicação do phenomeno, que a força da acção electro-motriz se conserva constante, quaesquer que sejam as quantidades de electricidade estranha, de que os metaes podem estar penetrados por outras causas; isto é, se representâmos pela unidade a differença dos estados electricos do cobre e do zinco em seo contacto

no estado natural, esta differença seria ainda a mesma, se um e outro estivessem carregados de qualquer quantidade de electricidade estranha. E' muito difficiloso, conceber os phenomenos da pilha, segundo as ideas de Volta, não suppondo na força electro-motriz outra potencia senão a que é necessaria para explicar a separação das muito pequenas quantidades de fluido livre, que se achão sobre os dous metaes oppostos. E' forçoso admittir, que esta força goza de muito maior energia; que separa, dos dous lados do plano de contacto, mui grandes quantidades dos dous fluidos contrarios, que, todavia, retidos por sua attracção reciproca, se achão no estado de electricidade dissimulada, salvo os pequenos excedentes, cuja existencia podemos verificar directamente.

Biot comparou as duas laminas de metaes sobrepostas ao aparelho, que descrevemos com o nome de *vidro electrico*. A lamina de vidro, que neste aparelho separa as duas electricidades accumuladas e dissimuladas nas superficies metallicas, é pefeitamente representada, debaixo do poncto de vista do obstaculo á combinação dos fluidos, pela força electro-motriz situada no plano de contacto dos dous metaes. A differença é que a lamina de vidro não pode carregar o vidro electrico, e que é necessario introduzir uma electricidade estranha, entretanto que a força electro-motriz tem, por si mesma, a propriedade de carregar as duas laminas metallicas. D'esta differença se deriva outra muito impor-

tante; é que o vidro electrico se descarrega com uma só fiação e não pode tornar a entrar em acção senão por uma nova carga vinda do exterior, e que exige sempre muito tempo; entretanto que no contacto dos dous metaes a força electro-motriz carrega, continuamente, o aparelho, e com tal rapidez, que mesmo no caso, em que fazemos communicar por um fio conductor as duas faces oppostas dos metaes, este fio se torna a sede d'uma corrente electrica tão abundante, que o fio de comunicação pode ser abrazado e fundido.

No contacto de dous metaes, como no vidro electrico, as tensões electricas são muito fracas sobre as duas faces oppostas no estado de isolamento, aindaque a corrente se torne abundante e rapida no momento, em que se estabelece uma comunicação, pela qual as duas electricidades podem junctar-se: a unica differença é, que no vidro electrico a corrente é momentanea, e que no aparelho galvanico se continua pelas razões já deduzidas.

Consideremos dous corpos de natureza differente, de egual superficie, isolados e em contacto, por exemplo, uma lamina de zinco e outra de cobre. O zinco tomará uma tensão  $+ \frac{1}{2} a$  de electricidade positiva e o cobre uma tensão  $- \frac{1}{2} a$  de electricidade negativa, de maneira que a differença algebraica das tensões das duas laminas será egual a  $a$ : esta quantidade  $a$  depende da natureza das substancias, que se achão em contacto. Se fazemos communicar a

lamina de cobre com o solo, ella perderá sua electricidade, a força electro-motriz deixará de ser equilibrada pela attracção mutua dos dous fluidos, e nova electricidade se produzirá instantaneamente e dará ao zinco a tensão  $a$ , de sorte que a differença de tensão das duas laminas seja sempre igual a  $a$ . Se, depois, cortada a comunicação do cobre com o solo, fornecemos nova electricidade ao zinco, esta não poderá ser retida pela força electro-motriz e se derramará igualmente nas duas laminas, dando-lhes um augmento de tensão  $b$ ; de maneira que, sendo  $a + b$  a tensão no zinco e  $b$  no cobre, a differença d'estas tensões será sempre igual a  $a$ .

## § VI

### OUTROS MEIOS DE TORNAR PATENTE A PRODUCCÃO DA ELECTRICIDADE

A experiencia de Volta não é o unico meio de tornar patente a producção da electricidade. Se applicâmos a lingua, separadamente, a uma peça de zinco e a uma peça de cobre, não lhes achâmos nenhum sabor apreciavel; mas se os sobrepomos, incompletamente, e applicâmos a lingua ao mesmo tempo sobre os dous metaes, sentimos um sabor muito activo, picante e provocando a salivação.

Se pomos debaixo da lingua o bordo d'uma peça de zinco e debaixo do freio do labio superior o bordo d'uma peça de cobre, no momento,

em que estabelecermos o contacto das duas peças por quaesquer pontos das suas superficies, sentiremos, derepente, o sabor mencionado, e as pessoas mais impressionaveis julgarão ver um clarão azulado, rapido como um relampago.

Se esfolâmos, rapidamente, uma ran, lhe separâmos as coxas pela secção das vertebrae lombares, poupando a reunião dos nervos cruraes; se envolvemos o feixe d'estes nervos em uma pequena folha de estanho, dobrada sobre si mesma; se depois collocâmos as coxas sobre uma lamina de cobre, pondo os membros na flexão e apoiando as patas contra um obstaculo resistente; no momento, em que tocarmos na folha de estanho com um pequeno excitador de prata, já em contacto pela outra sua extremidade com a lamina de cobre, os musculos extensores se contrahirão, subitamente, com energia: as coxas serão projectadas para longe, como se seos orgãos ainda gozassem da vida.

Estes diversos phenomenos de sensações e de movimentos erão tãobem attribuidos, segundo as ideas de Volta, á combinação, através dos orgãos, das duas electricidades, que o contacto dos dous metaes differentes separa.

## CAPITULO XII

### PILHAS VOLTAICAS

#### § I

#### PILHA DE COLUMNNA

Volta havia notado, que, pegando na peça dupla de cobre e zinco pela parte cobre e applicando a parte zinco ao prato do condensador, mas interpondo um bocado de papel humedecido, não se manifestavão effeitos electricos. Volta opinava, que a presença do papel, oppondo-se ao contacto dos dous metaes, impedia o desenvolvimento da força electro-motriz; mas como o corpo interposto era bom conductor, permittia, que o fluido positivo do zinco se diffundisse no condensador, que então se carregava quasi tão bem, como se se tivesse tocado no prato com a parte cobre. Baseado nesta observação, Volta imaginou um aparelho precioso para a sciencia e para as artes. E' a *pilha voltaica* ou *pilha galvanica* ou *pilha electrica*. A pilha primitiva, construida por Volta, chama-se *pilha de columnna* por causa da forma, que este physico lhe deu.

A pilha de columnna é formada de discos de zinco, discos de cobre e rodellas de panno molhado, todos do mesmo diametro: cada disco de zinco está soldado a um disco de cobre. Um disco de zinco e um disco de cobre, assim soldados, constituem um *elemento* ou um *par* da pilha.

Quando queremos construir uma pilha de columna, collocámos um primeiro elemento sobre uma lamina de vidro; sobre este elemento pomos uma rodella humida; depois alternativamente elementos e rodellas, tendo o cuidado de dispor todos os elementos no mesmo sentido, isto é, de maneira que os discos da mesma natureza estejam todos para baixo ou todos para cima em cada um dos elementos. Para dar à pilha mais fixidez, dispõem-se, de ordinario, os elementos e as rodellas entre tres varetas de vidro, verticaes, fixadas inferior e superiormente a discos fortes de madeira, *fig. 103*.

Podemos indagar a distribuição da electricidade, na pilha, por meio do condensador de laminas de ouro. Para isso, fazemos communicar, por um fio metallico, um dos elementos da pilha com o prato superior do condensador, enquanto tocámos no outro prato com o dedo, para fazel-o communicar com o solo; depois retirámos o dedo e levantámos o prato superior. Apreciámos então, pela divergencia das laminas, a carga electrica do elemento considerado. A natureza da electricidade, que ella contém, reconhece-se pelos meios ordinarios.

Achámos, assim, que a pilha não contém se não electricidade positiva em uma de suas metades e electricidade negativa na outra; e que a tensão d'estas electricidades cresce do meio, em que é nulla, ás extremidades, em que é maxima. É sempre a extremidade que termina por um disco de zinco, que possui a electricidade

positiva, e a extremidade, que termina por um disco de cobre, que possui a electricidade negativa. Estas extremidades appellidão-se, ordinariamente, *polo positivo* e *polo negativo*.

## § II

### TENSÃO DA PILHA

A electricidade, desenvolvida na pilha, possui uma tensão incomparavelmente mais fraca do que a electricidade devida ao attrito: não produz fuisca nenhuma, quando aproximâmos o dedo ou um conductor metallico, não atrahê os corpos leves; nenhuma acção tem sobre os electroscopios de palha ou de bolinhas de sabugo. Podemos, todavia, tornal-a sensivel por meio do condensador de laminas de ouro, como vimos. Até poderiamos carregal-o, pondo uma lamina de tafetá ou uma placa de vidro entre os pratos; mas a carga é tão fraca, que não dá fuisca, a não empregarmos uma pilha de dous ou tres mil elementos. Por outro lado, um contacto instantaneo entre o condensador e a pilha produz o mesmo effeito que um contacto prolongado, comtanto que as communicações estejam bem estabelecidas.

Se fazemos communicar a extremidade inferior da pilha com o solo, achâmos: 1.º que sua tensão cresce desde a base, em que é nulla, até ao vertice, em que é maxima; 2.º que não contém senão fluido positivo, quando commu-



nica com o solo por um disco de cobre e que não encerra senão fluido negativo, quando a comunicação se estabelece por um disco de zinco; 3.º que a tensão é muito maior em seu vertice do que no caso de estar isolada do solo. A tensão da pilha é independente do diâmetro dos elementos e muito pouco varia com a natureza do liquido, com que se impregnação as rodellas de panno.

### § III

#### CORRENTE DA PILHA

A pilha deixa de possuir tensão accessivel ao condensador de laminas de ouro, logo que pomos em comunicação seus dous polos por um fio metallico, ou logo que lhes tocamos, respectivamente, com as mãos humedecidas. Os fluidos accumulados nos dous polos se combinão então pelo arco de comunicação: produzem mesmo uma *corrente continua*; o que prova, que a pilha continua a carregar-se por si mesma, tanto que seus fluidos se tem combinado por meio d'um conductor.

De muitos modos se demonstra a existencia da corrente da pilha. Esta corrente produz, com effeito, uma commoção continua em nossos orgãos, quando passa através d'elles, para ir d'um para outro polo. Aquece até ao rubro e chega a fundir os fios de metal, que lhe servem de

conductor, se não são assaz grossos e assaz compridos; opera sobre a agulha magnetica e dá logar a numerosas decomposições chymicas.

A intensidade da corrente depende, essencialmente, da natureza do liquido, com que se impregnão as rodellas de panno. Nunca se emprega agua pura para humedecel-as; sempre se usa de soluções acidas ou salinas. A agua, que contém  $\frac{1}{30}$  de acido sulphurico, é muito empregada; daria uma corrente ainda mais intensa, se contivesse uma proporção mais forte de acido, mas obraria com demazia da actividade sobre os metaes e estragaria a pilha promptamente.

Fixão-se, ordinariamente, aos dous discos, que terminão a pilha, fios de metal, pelos quaes dirigimos a corrente aos corpos, que queremos submeter à sua acção. Estes fios denominão-se *reophoros* (*rheos* corrente, *pheró* leve) da pilha, e suas extremidades tomão o nome de polos ou antes *electrodos* (*hodos* caminho). Não é certo, que os dous fluidos se movão d'uma para outra extremidade do fio, que une os dous polos; é mais provavel, que se não desloquem sensivelmente e que soffrão decomposições e recomposições successivas em todos os pontos do fio; mas não se deixa de empregar a expressão de *corrente*, para designar o estado da electricidade no conductor interpoiar, e não se deixa de dizer, que a corrente vai do polo positivo para o polo negativo através d'este conductor. Poderíamos attribuir á corrente uma

direcção contrária; é objecto de pura convenção.

As electricidades das máchinas ordinarias e das garrafas de Leyde tãobem produzem correntes, quando se recompõem através d'um fio conductor; mas estas correntes são passageiras; as da pilha são continuas.

#### § IV

##### THEORIA DA PILHA SEGUNDO VOLTA

Consideremos o primeiro elemento *cz* da pilha, estando o disco de cobre *c* em communição com o reservatorio commum, *fig. 104*. A força electro-motriz, operando no plano de junção *n*, repellirá para *c* fluido negativo e para *z* fluido positivo, que immediatamente attingirá o maximo de tensão *a*, de que é capaz a força electro-motriz. Posto o segundo disco de cobre por cima do zinco, ficando de permeio a rodella de panno, embebida em agua acidulada, a tensão em *z* diminue, mas logo se restabelece por uma nova decomposição, que se faz em *n*, de modo que a tensão fica sendo *a* em *z* e *c'*. Se agora collocâmos outro disco de zinco *z'* sobre *c'*, a força electro-motriz em *n'* lançará fluido positivo para *z'* e fluido negativo para *c'/z*, o qual diminuirá a tensão *a*; mas esta tensão sempre será immediatamente restabelecida pela acção, que se exerce em *n*. Ora, a força electro-motriz em *n'* não será satisfeita senão

quando a tensão em  $z'$  exceder  $a$  a que existe em  $c'$ , isto é, quando a tensão em  $z'$  for  $2a$ . Esta tensão diminuirá, se sobre  $z'$  pomos outra rodella de panno e outro disco de cobre  $c''$ , mas será logo restabelecida pela acção, que se exerce em  $n'$ , a qual produzirá, ao mesmo tempo, fluido negativo, que virá para  $c'z$  diminuir a tensão  $a$ ; tensão, que é logo restabelecida pela força, que reside em  $n$ , a qual, ao mesmo tempo, lançará para  $c$  fluido negativo, que passará para o reservatorio commum. Do mesmo modo veriamos, que a tensão seria  $3a$  no 3.º disco de zinco e assim por diante. Poderemos, pois, obter uma tensão muito forte na parte superior, empilhando grande número de discos.

Se em lugar de começar por um disco de cobre communicando com o solo, principiássemos por um disco de zinco, o systema conteria fluido negativo em vez de fluido positivo.

*Pilha em actividade.* Se unimos os polos da pilha por um fio metallico, effectua-se logo, em todos os elementos, um movimento de electricidade, que faz dizer, que a pilha está *em actividade*. Seja  $b$  a quantidade de electricidade positiva, que passa do polo superior  $z'''$ , para o fio conjunctivo  $o'f'fo$ . A tensão de  $z'''$  já não será igual a  $4a$ ; então a força electro-motriz obrará em  $n'''$  para substituir a quantidade  $b$ , produzindo ao mesmo tempo uma quantidade  $-b$  de fluido negativo, que virá diminuir  $b$  a tensão de  $c'''z''$ . Esta tensão será logo restabelecida pela força electro-motriz, que resi-

de em  $n''$ , e ao mesmo tempo a tensão  $2a$  de  $c''$  será diminuída, depois restabelecida pela acção, que se exerce em  $n$ ; e assim successivamente, até ao último elemento  $zc$ , cujo disco de cobre receberá a quantidade —  $b$  de fluido negativo: este fluido passará para o fio conjunctivo, para o qual será attrahido pelo fluido positivo  $+b$ , que vem de  $o'$ , e se combinará com elle. Esta serie de decomposições e de recomposições, que se faz instantaneamente, se supponmos, que as rodellas humidas não offerecem nenhuma resistencia á passagem da electricidade, se renovarã, continuamente, emquanto se mantiver a communicacão entre os dous polos, e o fio conjunctivo será, constantemente, a sêde da combinaçã dos dous fluidos.

*Pilha isolada.* Em tudo, que precede, supozemos a pilha em communicacão com o solo por um de seos polos. Agora supponhamol-a isolada. Para achar a distribuicão da electricidade entre os diversos elementos, basta considerar duas pilhas eguaes não isoladas, principian-do em baixo, uma por cobre outra por zinco. A primeira conterà fluido positivo, a segundo negativo. Se invertêmos a última, de maneira que seo zinco inferior venha applicar-se ao cobre, que está por baixo da primeira, tendo o cuidado de interpor uma rodella de panno, formaremos uma só pilha, cujos discos estarã todos na mesma ordem, achando-se metade d'ella carregada de electricidade positiva e metade de electricidade negativa; porquanto, estando os discos

do meio no estado neutro, nenhuma mudança ha no estado electrico de todos os outros. Vê-se, que a tensão dos dous polos não será senão metade da tensão, que teria logar em uma das extremidades d'uma pilha não isolada, que tivesse o mesmo numero de elementos.

Se pomos a pilha isolada em actividade, os phenomenos se darão em cada metade como na pilha não isolada; a unica differença está em que os fluidos, na mesma quantidade, que chegarem á rodella do meio, se neutralizarão aqui, em vez de passarem para o solo. Demais, quando a pilha não isolada está em actividade, a electricidade não tarda a distribuir-se nella, como na pilha isolada; isto é, as duas metades encerrão electricidades contrárias, e a rodella do meio se acha no estado natural.

## § V

### NOÇÕES SOBRE A THEORIA CHYMICA DA PILHA

Consideremos, em primeiro logar, um só elemento *zc*, *fig. 105*, isolado do solo e coberto com uma rodella impregnada com agua acidulada. A acção chymica do acido sobre o zinco dá logar, como já dissemos, a desenvolvimento de electricidade: a electricidade negativa dirige-se para o zinco e para o cobre, entretanto que a electricidade positiva se dirige para o acido da rodella. Se pomos agora sobre esta rodella outro elemento *z'c'*, este elemento participa

simplesmente da electricidade positiva da rodella, sem que elle a desenvolva, suppondo, todavia, que o acido não actua sobre o cobre; mas se pomos outra rodella sobre este elemento, tem logar nova acção chymica e, por consequencia, novo desenvolvimento de electricidade: a electricidade negativa dirige-se ainda para o elemento  $z'c'$ , entretanto que a electricidade positiva vai para a rodella  $h$ . Vemos, pois, que o elemento  $z'c'$  recebe ao mesmo tempo a electricidade positiva, que lhe vem da acção da rodella  $h$  sobre o zinco  $z$ , e a electricidade negativa, que lhe vem da acção da rodella  $h'$  sobre o zinco  $z'$ . Ora, se estas duas acções são eguaes, e podemos admittir esta egualdade, se os dous elementos estão nas mesmas condições, estas electricidades se recomporão completamente, e não haverá electricidade livre senão nas partes extremas da pequena pilha formada; electricidade positiva na rodella  $h'$  e electricidade negativa no elemento  $zc$ . Se junctassemos novo elemento  $z''c''$ , coberto de nova rodella  $h''$ , ainda não teriamos electricidade livre senão na rodella  $h''$  e no elemento  $zc$ . O mesmo tem logar, qualquer que seja o número dos elementos.

As electricidades contrárias dos dous polos da pilha tendem, constantemente, a neutralizar-se pelo effeito de sua attracção mutua; mas esta neutralização não pode ter logar completamente, emquanto dura a acção chymica; porque, por um lado a pilha reproduz, constantemente, novos fluidos e, por outro, estes fluidos expe-

rimentão resistencia, quando se movem através dos corpos, de que a pilha se compõe, e quando passão d'um solido para um liquido ou d'um liquido para um solido.

Explicâmos, facilmente, a influencia do número dos elementos sobre a tensão da pilha, partindo d'estes principios. Se a pilha tem poucos elementos, os fluidos se combinão mais facilmente pelo effeito de sua attracção, e a tensão é fraca, postoque a acção chymica tenda, constantemente, a levar a mesma quantidade de fluido às duas extremidades. Se a pilha tem grande número de elementos, a reunião dos fluidos torna-se mais difficultosa, e a tensão é mais forte. Tãobem facilmente explicâmos, como é, que uma pilha, carregada de agua ordinaria, possui uma tensão quasi tão forte como uma pilha carregada d'uma solução salina ou acido: neste último caso, a electricidade, desenvolvida em um tempo dado sobre cada disco de zinco pela acção chymica, é, realmente, mais consideravel; mas como as duas electricidades tem muito mais facilidade em se combinarem, d'aqui resulta uma compensação, em virtude da qual os polos podem carregar-se mais depressa, mas não podem adquirir maior tensão.

A intensidade da corrente depende pouco do número dos elementos, quando o corpo, interposto aos polos, é muito bom conductor; porque as electricidades accumuladas nos polos se combinão muito mais facilmente através d'este corpo do que através da pilha. Pelo contrario,



depende d'este número, quando o corpo inter-  
polar não é muito bom conductor; porque en-  
tão as electricidades se combinão, em grande par-  
te, através da pilha, visto não offerecer muito mais  
resistencia do que o corpo. Vemos, pois, que  
uma mesma pilha pode dar uma corrente muito  
forte, se o corpo interpolar é muito bom condu-  
tor, e uma corrente muito fraca, se este corpo  
é muito mau conductor; não daria mesmo ne-  
nhuma corrente, se o corpo offerecesse mais re-  
sistencia do que a pilha á combinação dos flui-  
dos. A intensidade da corrente depende, essen-  
cialmente, da superficie dos discos, suppondo o  
mesmo número de elementos e o mesmo condu-  
tor interpolar; depende, com effeito, da quan-  
tidade de electricidade, que atravessa o corpo  
interpolar em um tempo dado, e esta quantida-  
de cresce, evidentemente, com a extensão da  
superficiè atacada pelo acido.

Taes são as noções geraes, que convem já  
apresentar sobre a theoria da pilha: mais tarde  
voltaremos a esta theoria, depois de vermos, co-  
mo se mede a intensidade das correntes. Então  
estabeleceremos as verdadeiras leis, que regem  
este precioso apparelho.

## § VI

### PILHAS D'UM SÓ LÍQUIDO

A forma das pilhas tem variado muito desde

a descoberta de Volta até aos nossos dias. As pilhas podem dividir-se em tres classes, pilhas d'um só liquido, pilhas de dous liquidos e pilhas seccas. A pilha de columna é uma pilha d'um só liquido: esta pilha não conserva muito tempo sua electricidade primitiva, porque as rodelas de panno se seccão depressa por causa da pressão dos discos superiores, nem tem grande energia, porque o liquido, escorrendo, estabelece communicação entre os elementos e produz assim uma recomposição parcial dos fluidos. Muitas outras pilhas d'um só liquido se tem inventado, preferiveis á de columna, as quaes são conhecidas pelos nomes de seus inventores, como são, Cruikshank, Wollaston, Smée, Sturgeon, Young, Münch, Wheatstone, Bagration. Descreveremos sómente as primeiras quatro.

*Pilha de Cruikshank.* Os elementos d'esta pilha, chamada, vulgarmente, *pilha de cubos*, são feitos de chapas de zinco e de cobre, soldadas entre si; são fixadas, parallelamente, dentro d'uma caixa de madeira, distantes uns dos outros um centimetro: as paredes interiores da caixa são revestidas de mastique: nos espaços, chamados cubos, que ficão entre os elementos, deita-se agua acidulada. Devem-se enxugar, cuidadosamente, os bordos superiores da caixa e dos elementos, afim de supprimir toda a communicação entre os liquidos dos differentes cubos. Nos dous cubos extremos d'esta pilha adaptão-se duas chapas de cobre soldadas a fios do mesmo

métal; são estes fios, que servem de rheophoros.

Podem reunir-se muitas pilhas de cubos, para formarem *baterias voltaicas*. Se fazemos comunicar o polo positivo d'uma primeira pilha com o polo negativo d'uma segunda, obtemos uma bateria, cuja tensão nas extremidades é igual á tensão d'uma só pilha d'um número dobrado de elementos. Se reunissemos as duas pilhas, fazendo communicar os polos positivos, bem como os negativos, obteríamos uma nova pilha, que possuiria a mesma tensão que cada uma das duas primeiras, mas cuja superficie dos elementos seria dupla.

*Pilha de Wollaston.* Para fazermos comprehender a construcção da pilha de Wollaston, faremos nella uma secção por um plano vertical, perpendicular aos elementos e passando pelo meio d'elles.

O primeiro elemento consta d'uma lamina de cobre  $cc'z$ , *fig. 106*, de dous centímetros de largura, soldada em  $z$  a uma placa de zinco  $zk$ , muito mais larga. Esta placa tem suas duas faces cercadas por uma lamina de cobre  $abd$ , que se solda em  $d$  a uma lamina mais estreita  $dez'$ , também soldada em  $z'$  a uma placa de zinco  $z'k'$ , semelhante á primeira. O cobre  $abez'$  e o zinco  $z'k'$  formão o segundo elemento da pilha. O terceiro elemento consta d'uma lamina de cobre  $a'b'd'e'$ , soldada do mesmo modo a uma placa de zinco... As diferentes placas de zinco e as laminas de cobre, que as envolvem, não se to-

ção metallicamente; estão somente unidas por peças de madeiras, que se collocão na parte superior e na inferior de cada placa, para consolidar o systema. Todas as laminas de cobre estão solidamente presas a uma travessa de madeira, *fig. 107.*

Pomos a pilha em acção, mergulhando cada placa em um vaso com agua acidulada; e suspendemos sua acção, levantando a travessa, de maneira que as placas saião da agua. Não se costuma dar a esta pilha mais de doze elementos; mas podemos reunir muitas pilhas, para formar uma bateria. O polo negativo da pilha de Wollaston está em *c* na primeira lamina de cobre soldada ao zinco, e seo polo positivo está na última lamina de cobre, que cerca este metal. A estas laminas soldão-se fios de cobre, para servirem de rheophoros.

*Pilha de Smée.* Um elemento da pilha de Smée compõe-se d'uma larga lamina de platina *P*, *fig. 108*, e de duas laminas de zinco *Z* da mesma altura, mas de menor largura, que se fixão de cada lado da lamina de platina. Esta lamina está apertada entre duas travessas de madeira, cujos prolongamentos assentão sobre as bordas do vaso de vidro, em que o elemento mergulha, e as laminas de zinco estão fixadas por meio d'uma pinça contra a mesma travessa, cuja espessura determina a distancia d'ellas. O liquido empregado é agua com a oitava parte de seo peso de acido sulphurico. O zinco é o elemento negativo como em todas as pilhas, e a platina é o ele-

mento positivo. Formâmos uma pilha com muitos elementos de Smée, pondo em communição o zinco de cada um dos elementos com a platina do elemento vizinho.

*Pilha de Sturgeon.* Cada elemento d'esta pilha consta d'um vaso cylindrico de ferro fundido e d'um cylindro de zinco de menor diametro, *fig. 109.* O cylindro de zinco põe-se dentro do cylindro de ferro fundido; assenta sobre um disco de madeira, que serve para isolal-o. Usa-se do mesmo liquido que no elemento de Smée, e reúnem-se, do mesmo modo, os diversos elementos, que devem constituir a pilha.

Hoje não se emprega já o zinco ordinario na construcção das pilhas; sempre se emprega o zinco *amalgamado*, isto é, o zinco revestido d'uma ligeira camada de mercurio. Tem-se, com effeito, reconhecido, que o zinco d'estas pilhas deixa de ser atacado pela agua acidulada, enquanto se não estabelece um conductor entre os polos; e que dão uma corrente mais energica para uma mesma quantidade de zinco dissolvida. Kempt foi o primeiro, que assignalou esta singular propriedade. Podemos verificall-a com uma só lamina de zinco, mergulhada em acido diluido: esta lamina desenvolve abundante hydrogeneo, se não está amalgamada, entretanto que não fornece vestigio d'elle, se está amalgamada, menos, todavia, no caso de a pormos em contacto, por qualquer de seus pontos, com uma peça de cobre, que communique com a agua acidulada.

A força das pilhas, precedentemente descritas, não é constante, mesmo em curto espaço de tempo; é maxima nos primeiros minutos, depois decresce muito rapidamente, e depressa se torna incomparavelmente mais fraca do que no começo da acção. Este enfraquecimento procede, em parte, da diminuição de intensidade, que sobrevem á acção *chymica*, em consequencia do enfraquecimento do acido; é devido tãobem á decomposição, que a corrente faz experimentar á agua, em que os elementos estão mergulhados: esta segunda causa é talvez a mais energica. A corrente, atravessando, com effeito, a pilha tão bem como o conductor interpolar, decompõe uma parte da agua, leva o oxygeneo para o zinco e o hydrogeneo para o cobre, ou para os metaes, que o substituem. Cada placa de cobre se reveste, assim, d'uma camada de hydrogeneo, que lhe adhere durante, muito tempo, e que enfraquece a corrente por sua falta de conductibilidade. O sulphato de zinco, que resulta da acção do zinco sobre a agua acidulada, é tãobem decomposto no fim de certo tempo: o oxygeneo vai com o acido para o zinco, o que reproduz egual quantidade de sulphato de zinco, entretanto que o zinco se dirige para o cobre e o reveste mais ou menos completamente. D'aqui resulta uma corrente secundaria, dirigida em sentido contrário da corrente principal, e, por conseguinte, uma diminuição na intensidade da corrente.

Smée conseguiu obstar a que o hydrogeneo fi-

casse sobre a lamina de platina de sua pilha, empregando a *platina platinada*, isto é, laminas de platina ordinaria, revestidas d'uma camada negra e pulverulenta de platina. Por isso, sua pilha tem intensidade mais constante, quando apresenta esta modificação.

A platina platinada é facil de obter: basta mergulhar uma lamina de platina em uma solução de chlorureto dobrado de platina e de potassio, e pol-a em communicação com o polo negativo d'uma pilha, enquanto o polo positivo d'esta pilha mergulha na mesma solução.

Às vezes, substitue-se, e com vantagem, a platina platinada, nas pilhas de Smée, por cobre, primeiramente prateado, depois platinado. A pilha de Sturgeon conserva tãobem mais tempo sua intensidade primitiva, quando se platina o interior dos cylindros de ferro fundido do que quando se lhes deixa seo estado ordinario.

## § VII

### PILHAS DE DOUS LIQUIDOS

As pilhas de dous liquidos são as que hoje se empregão, quasi exclusivamente, porque tem uma intensidade muito mais constante do que as pilhas ordinarias. Tem-se construido muitas pilhas de dous liquidos, as quaes são conhecidas pelos nomes de seos auctores, como são, Daniell, Becquerel, Bunsen, Lemolt, Schönbein, Grove,

Delarive. Não descreveremos senão as primeiras quatro.

*Pilha de Daniell.* Foi Daniell, quem construiu a primeira pilha de corrente constante: a forma, que lhe deu, tem já soffrido numerosas modificações: eis-aqui a mais simples.

Um elemento d'esta pilha consta d'um vaso de cobre *ABCD*, *fig. 110*, d'um cylindro poroso *EFGH* de porcelana, fechado na base, e d'um cylindro oco *ZM* de zinco amalgamado, aberto nas duas extremidades. No vaso poroso deitamos agua com a oitava parte de seu volume de acido sulphurico, ou antes uma solução saturada de sal commum, e enchemos o vaso de cobre com uma solução saturada de sulphato de cobre. Na parte superior do vaso de cobre, ha outro vaso pequeno *AXYD* do mesmo metal, cuja base tem muitos orificios. Neste vaso, lançamos boccados de sulphato de cobre, que se dissolvem á medida que o sulphato da solução se decompõe, e que mantem sempre assim o liquido no mesmo estado de saturação.

Este elemento não funciona, enquanto o cobre e o zinco se não achão em communicação; mas a acção se produz, logoque communicação entre si: a agua é decomposta pelo zinco, o hydrogeneo atravessa o vaso poroso e dirige-se para o cobre, entretanto que o oxygeneo vai para o zinco. O hydrogeneo, porém, não se evolve, reduz o oxydo de cobre do sulphato em dissolução e dá logar a um depósito de cobre metallico sobre as paredes do vaso, enquanto o acido



sulphurico do mesmo sulphato se dirige através do vaso poroso sobre o oxydo de zinco e forma sulphato de zinco. Vemos, pois, que o sulphato de cobre do vaso *AXYD* deve dissolver-se cada vez mais para substituir o da solução, que foi decomposto, e que a quantidade de sulphato de zinco augmenta cada vez mais no vaso poroso á custa do acido sulphurico e do sulphato de cobre. A corrente, que acompanha a acção chymica, vai, como de ordinario, do cobre para o zinco através do fio de comunicação; tem a mesma intensidade, durante muitas horas, e até durante dias inteiros, se ha o cuidado de junctar, constantemente, fragmentos de sulphato de cobre, para manter a solução do sulphato no mesmo grau de saturação.

Podemos reunir muitos elementos de Daniell, para formar uma pilha. Seo rheophoro positivo é, como de ordinario, o fio adaptado ao último cobre, e rheophoro negativo é o fio soldado ao último zinco.

*Pilha de Becquerel.* Esta pilha é uma modificação da antecedente. Cada um de seos elementos consta, essencialmente, d'uma lamina de zinco amalgamada, de 20 centímetros de altura, 15 de largura e 5 millímetros de espessura. Introduce-se esta lamina em um sacco de lona, em que entra com attrito, e mette-se o sacco em um vaso rectangular de cobre da mesma altura, mas de largura e espessura um pouco maiores. Carrega-se este elemento, como o de Daniell, deitando agua saturada de sal commum ou agua

acidulada no diaphragma poroso e agua saturada de sulphato de cobre no vaso exterior. Practica-se uma pequena cavidade rectangular na parte superior do vaso de cobre e no sentido do maior lado do rectangulo, a qual communica por numerosos orificios com o interior do vaso; é destinada a receber pequenos fragmentos de sulphato de cobre, que se dissolvem á medida que o sulphato da solução se decompõe.

Facilmente se reúnem varios elementos de Becquerel, para formarem uma pilha, que funciona como a de Daniell: tem a vantagem de occupar menos espaço do que esta última e de dar uma corrente um pouco mais forte para uma mesma superficie dos metaes.

*Pilha de Bunsen.* Cada elemento da pilha de Bunsen consta d'um vaso cylindrico de vidro *AB*, *fig. 111*, em que se introduz sem fricção um cylindro oco, de carvão, *CC*, aberto nas extremidades e atravessado por grande número de buracos. Dentro d'este cylindro põe-se um vaso poroso *EF* de terra cozida, fechado na base, e neste vaso mette-se um cylindro oco *ZM* de zinco amalgamado. Os bordos superiores do cylindro de zinco e do cylindro de carvão são envolvidos respectivamente por um anel de cobre munido d'uma pequena peça do mesmo metal, que serve, ou para communica estes cylindros entre si, ou para unil-os com outros cylindros no caso de querermos formar pilha. Carregâmos os elementos de Bunsen, deitando acido azotico do commercio no vaso de vidro e

agua com um décimo de seo volume de acido sulphurico dentro do vaso poroso.

A acção chymica principia, logoque as communicações entre o zinco e o carvão se achão bem estabelecidas. A agua é decomposta pelo zinco: seo oxygeneo vai para o zinco, e o oxydo formado se combina com o acido sulphurico para formar sulphato de zinco: o hydrogeneo atravessa o vaso poroso, e se dirige para o carvão; desoxygena, em parte, o acido azotico e o transforma em acido hypo-azotico, o qual fica em dissolução. A corrente, que acompanha a acção chymica, vai do carvão para o zinco pelo fio de communicação, de sorte que o zinco continua a ser negativo, sendo o carvão o elemento positivo.

A força das pilhas de Bunsen é muito maior, em egualdade de superficie, do que a das outras pilhas; por isso, hoje são, geralmente, empregadas.

Os cylindros de carvão, empregados nas pilhas de Bunsen, são muito bons conductores da electricidade e completamente inatacaveis pelo acido azotico; fazem-se, aquecendo convenientemente em um molde de folha de ferro uma mistura intima de hulha gorda e de coke, muito bem pulverizados.

*Pilha de Lemolt.* Esta pilha não é mais do que uma modificação da de Bunsen, da qual não differe senão na disposição e na forma dos carvões, que é rectangular em vez de ser cylindrica. O carvão põe-se dentro do vaso poroso e o

zinco fora. Deita-se, então, acido azotico dentro d'este vaso e acido sulphurico diluido no vaso de vidro. Esta disposição torna as pilhas muito mais economicas, porque o acido azotico, cujo preço é assaz elevado, emprega-se, então, em menor quantidade; tãobem as torna mais energicas e mais constantes, porque o acido sulphurico, que se enfraquecia, rapidamente, nas primeiras pilhas, se altera nestas muito menos promptamente, visto que o seo volume é muito mais consideravel.

## § VII

### PILHAS SECCAS

Tãobem se tem construido pilhas d'outra especie, a que se tem dado o nome de *pilhas seccas*, por entrar muito pouco liquido em sua composição. Tomão-se folhas de papel ordinario um pouco forte, e tão humido quanto o possa ser em tempo chuvoso: d'um lado pega-se com gelatina, gomma ou amido, uma folha de zinco laminado e depois batido: do outro lado deita-se peroxydo de manganesio muito bem porphyrizado, espalhando-o muitas vezes com um bocadinho de papel. Então, sobrepõem-se na mesma ordem varias folhas semelhantes, e, com um instrumento apropriado, tirão-se de cada vez tantos discos quantas são as pilhas. Por sua vez., estes discos se sobrepõem na mesma ordem, e assim, se fazem pilhas de 500, de 1000, ou de

2000 pares. Para melhor garantir o contacto, põem-se os discos em uma prensa, depois de ter collocado em cada extremo peças metallicas assaz fortes, com 5 ou 6 appendices salientes, que se ligão um ao outro por meio de cordão de seda; depois, para preservar a pilha do contacto do ar, mergulha-se em enxofre fundido ou em resina laca.

A's vezes, imbebe-se o papel com uma ligeira solução salina, ou com leite, mel, manteiga, essencia de terebenthina, etc.; mas se as pilhas, que são feitas por estes meios, tem a vantagem de parecer um pouco mais fortes nos primeiros instantes, tãoobem tem o inconveniente de se deteriorarem, promptamente, em comparação com as primeiras; pois é raro, que, passados alguns annos, conservem ainda toda a sua energia primitiva.

Estas pilhas tãoobem se chamão de Zamboni, porque este physico se applicou muito a aperfeiçoar a sua construcção. As pilhas de Zamboni tem as seguintes propriedades: não dão nenhuma commoção e não produzem nenhuma decomposição chymica: todavia, se com o condensador de tafetá tocámos em um dos polos d'uma pilha de 1000 ou 2000 elementos, obtemos uma carga, que, ás vezes, dá uma faisca. Mas é preciso tempo, para que a pilha repare suas perdas, quer por causa da lenteza das acções chymicas, que se exercem, quer por causa da má conductibilidade do papel.

Quando dous conductores isolados, por exem-

plo, duas espheras de metal, communicão com os dous polos d'uma pilha ou d'um systema de pilhas de Zamboni, temos sobre estas espheras duas electricidades contrárias, que podemos empregar em produzir movimentos alternativos ou continuos; mas deve haver cuidado em proporcionar o consumo de electricidade, que estes movimentos exigem, á fraqueza da fonte, que repara estas forças.

*Electroscopio de Bohnenberg.* Bohnenberg fez das pilhas seccas outra applicação, que, á primeira vista, parece assaz engenhosa. Depois de ter supprimido uma das folhas de ouro do condensador de laminas de ouro, dispoz em egual distancia da folha restante os dous polos d'uma pilha secca muito pouco energica: então é evidente, que a menor carga de electricidade resinosa ou vitrea obriga esta folha muito movel a dirigir-se para o polo positivo ou para o negativo, e que, uma vez posta em movimento, deve continuar suas idas e vindas durante mais ou menos tempo. Mas este apparelho sempre pareceu infiel a Pouillet, quer por causa da agitação do ar da campanula, quer por causa da electricidade, que este ar recebe dos dous polos da pilha.

## § VIII

### MOVIMENTO PERPETUO

Colloquem-se duas pilhas seccas, verticalmente, sobre uma placa metallica, ficando os polos

contrarios em frente um do outro, e suspenda-se, entre os polos superiores, uma agulha de vidro muito móvel, munida nas extremidades de duas pequenas laminas de ouro: obtem-se uma especie de movimento perpétuo, *fig. 112*. A agulha é, primeiramente, attrahida por um dos polos, depois repellida, quando tem d'ella recebido a electricidade, e attrahida para o outro polo, que possui electricidade contrária: toma, assim, movimento de rotação em tórno de seu eixo, e conserva a mesma velocidade, emquanto as pilhas conservão a mesma energia. Os movimentos d'este apparelho não são sempre regulares; ora são rapidos, ora são lentos, muitas vezes parão, durante algum tempo, para recommencarem depois. Estas irregularidades são, principalmente, devidas ás variações de tensão, que o estado hygrometrico do ar produz nas pilhas.

### CAPITULO XIII

#### EFFEITOS CALORIFICOS LUMINOSOS DA PILHA

##### § I

#### EFFEITOS CALORIFICOS

Um fio de metal, posto em communicação com os dous rheophoros d'uma pilha, aquece-se e incandesce, se não tem grande comprimento e grande diametro; funde-se e volatiliza-se, se é muito fino e muito curto. Um fio de platina, por

exemplo, d'um metro de comprimento e d'um millimetro de diametro, se abrazeia em todos os seus pontos por uma pilha de Bunsen de trinta elementos: um fio mais curto e mais fino ter-se-ia fundido, e um fio mais longo não incandesceria senão pelo meio de seu comprimento.

Se aproximâmos, um do outro, os dous rheophoros d'uma pilha, um millimetro ou mesmo um décimo de millimetro, não obtemos nenhum effeito calorifico ou luminoso, porque a tensão dos fluidos é tão fraça, que não podem vencer a resistencia do ar; mas, se os aproximâmos muito mais, ou, ainda melhor, se os esfregâmos de maneira que se toquem um no outro intermittentemente, obtemos bellas faiscas e notaveis effeitos de calor. Estes effeitos varião com a natureza dos metaes: quando um dos fios é de platina e o outro de ferro, a platina aquece-se até ao rubro claro, e o ferro funde-se; quando um é de ferro e o outro de ouro, o ferro entra em ignição e o ouro não soffre nenhuma alteração; quando um é de ouro e o outro de prata, a prata não é alterada e o ouro entra em ignição.

Os effeitos calorificos dependem menos do número dos elementos do que de sua extensão. Com um só par de Wollaston, bastante largo e mergulhado em agua fortemente acidulada, podemos produzir calor sufficiente para abraçar um fio de platina muito fino e muito curto.

Quando queremos produzir grandes effeitos calorificos por meio d'uma corrente, practica-se



em um pedaço de carvão uma cavidade em forma de cadinho, *fig. 113*, mette-se aqui o corpo, que queremos fundir, e, depois de ter feito communicar o carvão com um dos polos d'uma pilha, aproximâmos do corpo um cone de carvão, que communique com o outro polo. Alguns segundos bastão, para fundir uma peça de prata, de ouro ou mesmo de platina, d'alguns grammas, com uma pilha de Bunsen de 40 a 50 elementos. O ferro e o aço não só se fundem nesta experiencia, mas tãobem ardem com luz deslumbrante.

## § II

### EFFEITOS LUMINOSOS

A pilha electrica é, depois do sol, a fonte de luz mais intensa, que se conhece. Seos effeitos luminosos se manifestão por faiscas ou pela incandescencia das substancias, que unem os dous polos.

Para obter faiscas, quando a pilha é muito poderosa, aproximâmos os dous electrodos, deixando entre elles um pequeno intervallo, e então vemos saltarem faiscas brilhantes, que podem succeder-se tão rapidamente, que produzão uma luz continua.

As correntes, pela incandescencia dos conductores, que ellas atravessão, apresentam notaveis effeitos luminosos. Um fio de ferro ou de platina, que une os dous polos d'uma pilha forte, e que tem diametro sufficiente para se não fun-

dir, faz-se incandescente e refulge todo o tempo que a pilha está em actividade. Se o fio está enrolado sobre si mesmo em helice, o effeito luminoso cresce.

E', principalmente, pondo em communição os dous electrodos com dous cones de carvão de coke bem calcinado, como a *fig. 114* mostra, que obtemos um bello effeito de luz electrica. O carvão *b* está fixo, e o carvão *a* pode elevar-se ou abaixar-se por meio d'uma aste dentada e d'um carrete, que se faz gyrar por meio d'um botão *c*. Postos em contacto os dous carvões, a corrente passa e logo os torna incandescentes. Se então os desviámos dous millimetros ou mais, conforme a intensidade da corrente, produz-se d'um para outro um arco luminoso de grande brilho, a que se dá o nome de *arco voltaico*.

O comprimento d'este arco varia com a força da corrente. No ar pode attingir um comprimento de 7 centimetros com uma pilha de 600 elementos dispostos em 6 series parallelas de 100 cada uma, quando o carvão positivo está por cima, como na *fig. 115*; se está por baixo, o arco é mais curto perto de 2 centimetros. No vacuo, a distancia entre os dous carvões pode ser muito maior que no ar: com effeito, a electricidade, não achando resistencia, se lança dos dous carvões mesmo antes de terem sido postos em contacto.

Alguns physicos tem pensado, que o arco voltaico é formado d'uma successão muito rapi-

da de faiscas; mas, em geral, admitte-se, que é devido á corrente electrica, que vai do polo positivo para o polo negativo por meio de moléculas incandescentes, que são volatilizadas e transportadas no sentido da corrente, isto é, do polo positivo para o polo negativo. Com effeito, quanto mais facilmente são os electrodos desaggregados pela corrente, tanto mais podemos desvial-os sem interrompê-la. O carvão, que é uma substancia muito friavel, é um dos corpos, que dão um arco luminoso mais longo.

A primeira experiencia da luz electrica por meio de dous cones de carvão foi feita em Londres por Davy, em 1801. Davy fazia uso de carvão de madeira leve, que tinha sido apagado, no estado de incandescencia, em um banho de mercúrio, que, penetrando nos poros do carvão, augmentava sua conductibilidade. Como o carvão de madeira arde muito depressa no ar, operava-se no vacuo; é, por isso, que a experiencia da luz electrica se fez durante muito tempo, mettendo os dous cones de carvão em um ovo electrico. Hoje, que se faz unicamente uso, nestas experiencias, de carvão de coke, proveniente dos residuos das retortas de gaz, este carvão, que é duro e compacto, arde lentamente no ar, o que dispensa operar no vacuo. Quando a experiencia se faz no vacuo, não ha combustão, mas os carvões se gastão ainda, principalmente o carvão positivo, o que mostra, que ha volatilização e transporte do carvão do polo positivo para o negativo.

## § III

## PROPRIEDADES DA LUZ DO ARCO VOLTAICO

A luz do arco voltaico tem numerosas analogias com a luz do sol. Pouco tempo depois da experiencia de Davy, Brande reconheceu, que o arco voltaico, do mesmo modo que a luz do sol, provoca a combinação do chloro com o hydrogeneo, colora o chlorureto de prata. Delarive observou, que pode tãobem actuar sobre a camada sensivel das placas daguerreotypicas: pode reproduzir no daguerreotypo a imagem d'um busto de gesso, esclarecido pela luz electrica. Tãobem reconheceu, bem como Arago, que os raios d'esta luz, como os do sol, não possuem a polarização optica. A luz do arco voltaico tem ainda a propriedade de tornar phosphorescentes, isto é, luminosos na obscuridade, os corpos, que apresentam a mesma propriedade depois de estarem expostos ao sol. Este effeito não é devido ao contacto directo da electricidade; porquanto Biot e Becquerel verificãrão, que, se a substancia é exposta á luz electrica em tubos de vidro hermeticamente fechados e de differentes côres, a phosphorescencia, que se mostra no mais alto grau nos tubos roxos, não tem logar nos tubos de vidro vermelho.

Fizeau e Foucault comparãrão a intensidade da luz do arco voltaico com a do sol. Para isso comparãrão os effeitos chymicos, produzidos

pelas duas especies de luz sobre uma mesma camada de iodureto de prata, obtido pelo processo de Daguerre, e chegarão a este resultado curioso, que as irradiações luminosas d'estas duas fontes estão entre si nas mesmas relações que suas acções chymicas. Com o arco, produzido entre dous cones de carvão por uma pilha de Bunsen de 92 pares dispostos em duas series de 46, achárão, que a luz, desenvolvida no electrodo positivo, em que tem mais intensidade, está comprehendida entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{3}$  da do sol, ás duas horas com o ceo muito puro. A experiencia foi feita em agosto. A relação das duas especies de luz era de 1 para 2,59.

#### § IV

#### ILLUMINAÇÃO ELECTRICA

Durante muito tempo, a experiencia de Davy sobre o arco voltaico, só rarissimas vezes, foi repetido por causa da difficuldade de reunir grande número de elementos; mas a invenção das pilhas de carvão, de que basta reunir 50 elementos para obter um arco de 7 ou 8 millimetros de comprimento, facilitou o estudo d'este brilhante phenomeno e fizeram conceber a idea de utilizal-o na illuminação.

Nos primeiros ensaios sobre a luz electrica, era preciso estar, constantemente, ao pé do apparelho uma pessoa encarregada de aproximar os carvões, os quaes se gastão mais ou menos ra-

pidamente: não havendo este cuidado, o arco voltaico desapparecia, passado algum tempo. Depois imaginárão-se *reguladores* muito engenhosos, a favor dos quaes os carvões se aproximavão, á medida que se vão gastando. Estes appparelhos funcionão por si mesmos: seo machinismo funda-se nas propriedades do electroiman, que depois estudaremos.

Desde a invenção dos reguladores, a luz electrica tem recebido numerosas applicações: serve para aformosear as festas públicas, para produzir diversos effeitos nos theatros, para substituir os raios solares nas experiencias de optica. Alguns photographos se servem d'ella para illuminar os objectos, que querem reproduzir com grande vivacidade de tons na ausencia do sol.

Martin de Brette propoz applicar a illuminação electrica á arte da guerra, para fazer signaes, desmascarar os trabalhos nocturnos do inimigo, allumiar o terreno em os reconhecimentos, etc. A navegação pode tãobem tirar grande utilidade d'esta especie de luz: applicada aos pharoes, dar-lhes-ia grandissimo alcance: os navios, providos d'uma luz, que pode illuminar o espaço até grande distancia á roda de si, livrar-se-ião d'essas terriveis abordagens, que de tempos a tempos tem lugar, depois que se constroem vapores de grande velocidade. Munidos d'um apparelho, que projecte para diante a luz electrica, os navios poderão entrar no porto com segurança durante a noite mais escura, e a nave-

gação fluvial poderá continuar durante a noite até nas passagens mais difíceis.

Tem-se querido applicar a luz electrica á illuminação das praças públicas, ruas, etc. Haverá sempre, porém, grande desvantagem, se se não empregar um só centro luminoso, porque seos effeitos vão diminuindo rapidamente com a distancia: por isso, Wartmann, Quirini, Deleuil, propozerão, que se empregassem muitos centros servidos pela mesma pilha, e o primeiro reconheceu, que a somma das luzes produzidas é igual á luz ministrada por um só centro. Mas além das difficuldades practicas, que se tem apresentado nos ensaios, que se hão feito, é mister advertir, que a despesa com a luz electrica seria muito maior que a que se faz com a luz de gaz, que pode, facilmente, dar os mesmos effeitos. De experiencias feitas por E. Becquerel, resulta, que o arco, fornecido por uma pilha de carvão de 60 pares, occasiona uma despesa tres vezes superior á que se faz com uma illuminação igual produzida pelo gaz.

## CAPITULO XIV

### ELECTRO-MAGNETISMO

#### § I

#### DESCOBERTA DO ELECTRO-MAGNETISMO

Já antes d'esta fecundissima descoberta se ti-

na notado, que, ás vezes, a passagem da fuisca electrica magnetizava as agulhas ordinarias, e que descargas fortes podião tirar de sua direcção habitual a agulha magnetica. É o que acontecia com frequencia, quando os mastros dos navios se aproximavão das nuvens de trovoada. Em 1676, um navio inglez, que navegava para a ilha Barbada, sendo ferido por um raio, voltou para Inglaterra; porque os polos da agulha se tinham invertido. Franklin, Cavallo e outros physicos, havião tentado reproduzir estes phenomenos por meio d'uma grande bateria electrica, e havião conseguido modificar o magnetismo das agulhas muito pequenas; mas sem obter nenhuma regularidade nem permanencia nos phenomenos.

Finalmente, OErsted, da academia de Copenhague, descobriu, em 1819, a acção das correntes voltaicas sobre as agulhas magneticas. Aproximando d'uma agulha o rheophoro d'uma pilha em actividade, viu a agulha desviar-se de sua direcção primitiva. Era a corrente de electricidade, que determinava este desvio; porque, interrompida ella, a agulha retomava logo sua direcção primitiva.

O phenomeno, descoberto pelo physico dinamarquez, abriu uma nova era na sciencia da electricidade. Schweiger imaginou o multiplicador; Colladon fez ver com este instrumento, que a agulha magnetizada pode ser desviada pela electricidade devida ao attrito: depressa forão reconhecidas as propriedades particulares



da electricidade em movimento. Ampère definiu a *electricidade dinamica* e a distinguiu da electricidade estatica, e então se suscitou um immenso movimento scientifico, durante o qual as descobertas se succedêrão com inaudita rapidez. Muitas sciencias, ferteis em applicações, principiárão: o electro-magnetismo, a electro-dynamica, a electro-physiologia.

## § II

### EXPERIENCIA DE OERSTED. HYPOTHESES PARA CHARACTERIZAR MELHOR OS PHENOMENOS

Como dissemos no § antecedente, OErsted fez a descoberta fundamental, que deu origem ao electro-magnetismo. O illustre professor de Copenhague descobriu o meio de fazer actuar a electricidade sobre o magnetismo por modo seguro e permanente. Para que a electricidade opere sobre o magnetismo, basta uma condição, que é, estar em movimento. Com effeito, aproximando uma agulha magnetizada, livremente suspensa, d'um fio conductor, atravessado pela corrente da pilha, vemos a agulha desviar-se de sua posição, e fazer grande número de oscillações, sem ser, em geral, nem attrahida nem repellida. Tal foi a primeira experiencia de OErsted. A força, que assim se exerce entre a corrente da pilha e o magnetismo da agulha, é o que se chama *força electro-magnetica*. E' facil verificar pela experiencia, que a força ele-

ctro-magnetica apresenta os characteres seguintes: 1.º Diminue, à medida que a distancia cresce entre a corrente e a agulha. 2.º Exerce-se em todos os sentidos e através de todas as substancias, excepto as substancias magneticas.

Faremos agora algumas supposições, que nos serão uteis para caracterizar os phenomenos, mais commoda e precisamente. Admittiremos na corrente uma direcção determinada, e delimita-a-emos, dizendo, que vai sempre do polo positivo para o negativo, passando pelo conductor exterior, que une os polos: assim, quando as communicações se achão estabelecidas, e o movimento electrico se executa em todo o circuito da pilha, diremos, falando do arco *pa*, *fig. 116*, que toca no polo positivo, que a corrente o atravessa de *p* para *a*; similhantemente, *ab* é atravessado de *a* para *b*, *bc* de *b* para *c*, etc.; e, considerando o circuito completo, diremos sempre, que a corrente vai de *n* para *p*, passando pela pilha, e de *p* para *n* passando pelo conductor.

Muitas vezes designaremos a corrente pelas formas e dimensões do conductor, que elle atravessa: quando passa por um conductor rectilíneo, chama-a-emos corrente rectilínea; por um fio muito fino, corrente linear; por um cylindro oco, corrente cylíndrica; por um fio curvo, corrente curvilínea; por um círculo, corrente circular; por um conductor indefinido em seu comprimento, corrente indefinida; etc. Nenhuma d'estas expressões deve tomar-se ao pé da letra: quando di-

zemos, que ha uma corrente no conductor, que une os dous polos da pilla, de modo nenhum queremos dar a entender, que ha neste conductor um movimento de translação do fluido vitreo desde o polo positivo até ao polo negativo, e um movimento de translação do fluido resinoso em sentido inverse; pois é provavel, ao contrario, como já muitas vezes indicámos, que a recomposição das electricidades se faz á roda de todas as moleculas ponderaveis e em todos os intervallos, que as separão.

### § III

A CORRENTE TENDE A FORMAR UMA CRUZ  
COM A AGULHA,  
INDO O POLO AUSTRAL PARA A ESQUERDA

A *fig. 117* representa uma agulha magnetizada *ba*, por cima da qual passa, horizontalmente, uma corrente rectilinea *cc'*, situada no plano do meridiano magnetico e dirigida de *c* para *c'*: a agulha é repellida para fora de sua direcção primitiva: seo polo austral anda para o occidente, e, depois d'algumas oscillações, para *b'a'*, soffrendo assim um desvio medido pelo arco *aa'*. Este desvio augmenta ou diminue, segundo a corrente se abaixa para aproximar-se mais da agulha, ou se eleva para afastar-se.

Reduzidas assim as cousas ao primeiro estado, se outra vez aproximâmos a corrente, mas voltando-a para ir em sentido contrario de *c*

para  $c'$ , como indica a pequena flecha punctuada, a agulha experimenta ainda os effeitos de sua presença: então seo polo austral é impellido para o oriente, e é na posição  $b'a'$ , que ella vem parar.

Assim, acima da agulha a corrente desvia o polo austral para o occidente, quando vem do sul para o norte, e a desvia para o oriente, quando vem do norte para o sul.

Podemos repetir as mesmas experiencias, fazendo passar a corrente por baixo da agulha, sempre, horizontalmente, e no plano do meridiano magnetico: então, cousa surprehendente, os effeitos são precisamente inversos, isto é, o polo austral é impellido para o oriente, quando a corrente vai do sul para o norte, e impellido para o occidente, quando vem do norte para o sul.

Nestes phenomenos, a força electro-magnetica é combatida pela acção directriz, que a terra exerce sobre a agulha; e para observar só o effeito d'esta potencia nova, que opera d'um modo tão energico e ao mesmo tempo tão singular, é necessario neutralizar a influencia terrestre: é o que podemos obter muito simplesmente, dispondo, por exemplo, uma barra horizontal no plano do meridiano magnetico, e sobre o prolongamento da agulha, descobre-se, então, o verdadeiro character da força electro-magnetica: vê-se, que ella não é nem uma força attractiva, nem uma força repulsiva, mas uma força directriz, que situa sempre a agulha perpendicularmente ao fio conductor, sem attrahir um

polo de preferencia ao outro, quer dizer, a linha dos polos forma sempre uma cruz com a corrente. Para fazer uma idea mais clara d'esta direcção, concebamos um cylindro oco, de qualquer comprimento, e, por exemplo, d'um decimetro de diametro; segundo o eixo d'este cylindro imaginemos um fio conductor atravessado pela corrente, e sobre sua superficie uma agulha magnetica, que possa mover-se, livremente, em todos os sentidos. O effeito da força electro-magnetica será tal, que a agulha se collocará sempre tangencialmente ao cylindro e transversalmente ás suas arestas; ou, ainda por outros termos, se do meio da agulha baixâmos uma perpendicular sobre a corrente, a agulha, em seu equilibrio debaixo da influencia da força electro-magnetica, será tãobem perpendicular ao plano, que passa por esta perpendicular e por esta corrente. Não basta definir, assim, a direcção da agulha, tãobem é preciso assignar a posição de seus polos, determinar de que lado se acha o polo boreal, de que lado o polo austral, quer a corrente se propague num sentido, quer noutro. Nos primeiros tempos sentia-se grande embaraço em exprimir, em poucas palavras, estas relações de posição e de direcção, as quaes se complicão de mil maneiras; mas Ampère venceu todas estas difficuldades, por meio d'uma comparação muito ingenhosa. Segundo este sabio, a corrente tem uma direcção, uma cabeça, pés, mão direita e mão esquerda; é um homem. Concebamos, em qualquer porção do fio condu-

ctor, uma pequena figura humana deitada no sentido do comprimento com os pés para o lado do polo positivo e a cabeça para o lado do polo negativo, de sorte, que, segundo a precedente definição, a corrente entre pelos pés e saia pela cabeça: concebamos, que esta figura tenha *sempre* a face voltada para o meio da agulha, sobre que a corrente opera: então, o effeito é tal, que a agulha se colloca *em cruz*, como acabámos de ver, e sempre seo polo austral para a esquerda da pequena figura humana; o que exprimimos, dizendo, que forma uma cruz com a corrente, ficando á esquerda o polo austral. Esta especie de fórmula singular offerece uma imagem facil, que suppre muitas palavras; pode applicar-se a todas as experiencias, já citadas, com grande fidelidade e commodidade.

#### § IV

##### ROTAÇÃO DOS IMANS PELA INFLUENCIA DAS CORRENTES

O phenomeno curioso da rotação dos imans pela acção das correntes foi indicado por Wollaston e demonstrado por Faraday, numa epocha, em que ainda não havia senão ideas incompletas acerca das forças electro-magneticas.

Deita-se mercurio numa grande proveta de vidro *cv'*, *fig. 118*, até pequena distancia da borda; um iman cylindrico *ab*, lastrado com um contrapeso de platina *p*, se mantem vertical no mer-

curio, de maneira que o polo *a* se eleve alguns millímetros acima do nível (este iman está representado em ponto maior na *fig. 119*); uma aste *t*, que se pode elevar ou abaixar á vontade por meio d'um parafuso de pressão, vem mergulhar no mercurio por sua extremidade inferior, entretanto que communica pela outra extremidade com um conductor de cobre *c*, que tãobem communica com um dos polos da pilha; finalmente, o conductor *c'* passa sobre a margem da proveta e mergulha no mercurio muito perto de seo contôrno exterior. Dá-se-lhe a forma d'um anel para tudo ser symmetrico. Tanto que a communicação se estabelece, o iman gyra no mesmo sentido com um movimento mais ou menos rapido, e faz revoluções successivas em tôrno da aste *t*: tãobem tem alguma tendencia para vir tocar-lhe, e então gyrar mais rapidamente; mas, com algum cuidado, é facil ajustal-o para se manter a distancia: todavia, é necessario um poderoso aparelho para que a rotação seja regular e rapida.

Podemos, porém, dispor a experiencia por outro modo, que sempre dá grande velocidade, mesmo com pilhas ordinarias de 10 ou 12 pares. E' esta disposição, que está representada na *fig. 118*. A pequena cavidade *g*, que se acha na extremidade do iman, e pela qual pode aparafusar-se sobre o contrapêso de platina, enche-se de mercurio: abaixa-se a ponta da aste, de maneira que mergulhe neste mercurio sem tocar no iman, que assim conserva toda a sua mobi-

lidade; depois, estabelecem-se as communicações com os dous polos da pilha, como na experiencia precedente: então, o iman gyra sobre si mesmo como um pião e com grande velocidade.

No primeiro modo de experiencia, o sentido do movimento se estabelece sempre, como se o polo austral fosse impellido para a esquerda da corrente: na segunda maneira, o polo é immovel, mas o movimento se executa como no primeiro caso, quanto á sua direcção. No capitulo da electro-dynamica, veremos a explicação d'este phenomeno.

### § V

A INTENSIDADE DA ACCÇÃO DA CORRENTE  
É INVERSAMENTE PROPORCIONAL Á SIMPLES  
DISTANCIA

Esta lei fundamental foi demonstrada por Biot e por Savart com o aparelho representado na *fig. 120*; *ab* é uma agulha magnetizada, semelhante ás pequenas agulhas de prova, de que falámos: está suspensa a um fio de coco por meio d'uma pequena lamina de cobre e abrigada da agitação do ar por uma campanula de vidro. A accção da terra é, convenientemente, neutralizada por uma barra convenientemente situada, de sorte que esta agulha deixa de ter força directriz; fica indifferente e prompta a obedecer sem resistencia ás novas forças, que fazemos actuar sobre ella: *cd* representa a direcção d'um grosso fio de cobre de 2 ou 3 metros de comprimento,



extendido, verticalmente, e atravessado por uma corrente, ora de cima para baixo, ora de baixo para cima. Para fixar as ideas suppremos, que a corrente é ascendente: este fio, sempre vertical, pode ser levado a diversas distancias da agulha, que em todas as suas posições corresponde, sensivelmente, ao meio de seo comprimento. Segundo a lei, que acabámos de indicar, a agulha forma uma cruz com a corrente, ficando à esquerda o polo austral, como a *figura* representa; mas, por pouco que se afaste d'esta posição, a agulha volta a ella por oscillações isochronas, cuja duração depende da energia electro-magnética. O número das oscillações, executadas em um dado tempo, a distancia da corrente e a intensidade da força, que ella exerce, são, pois, tres cousas ligadas entre si.

Em uma primeira experiencia, sejam  $d$  a distancia da corrente ao meio  $m$  da agulha,  $e$  a intensidade da força, que ella exerce, e  $n$  o número das oscillações, que se executão em um dado tempo, em um minuto, por exemplo.

Em uma segunda experiencia, sejam  $d'$ ,  $e'$  e  $n'$  as quantidades analogas.

Como as intensidades das forças, que produzem oscillações isochronas, são sempre entre si como os quadrados dos numeros de oscillações executadas no mesmo tempo, teremos

$$\frac{e}{e'} = \frac{n^2}{n'^2}$$

Assim, depois de ter observado as oscillações, é facil comparar as intensidades das forças. E' por comparações d'esta especie, para distancias comprehendidas entre 15 e 120 millimetros, e usando das precauções convenientes para obviar ás variações da pilha, que Biot e Savart reconhecerão, que, com effeito, *a intensidade da força electro-magnetica é na razão inversa da simples distancia.*

Não devemos, porém, perder de vista, que, pela disposição do aparelho, a corrente é rectilinea e de grandeza, que pode reputar-se indefinida em relação ao comprimento da agulha e mormente em relação á sua distancia: é sob estas condições sómente, que a lei é verdadeira. Laplace demonstrou, que a força electro-magnetica elementar, isto é, a que é exercida por uma só secção da corrente, está na *razão inversa do quadrado da distancia*, como todas as outras forças conhecidas, e proporcional ao seno do angulo formado pela direcção da corrente e pela linha tirada do meio d'esta secção ao meio do iman. Com effeito, calculando por este principio a somma de todas as acções elementares, que são exercidas sobre uma pequena agulha por uma corrente rectilinea indefinida, achámos, que a intensidade d'esta resultante deve diminuir, como a experiencia indica, isto é, na razão inversa da simples distancia.

D'esta mesma lei da força elementar se segue tãobem, que a intensidade da acção d'uma corrente angular indefinida, como *cmf*, sobre uma

agulha  $ab$ , é na razão inversa da distancia, como a d'uma corrente rectilinea, mas que é proporcional á tangente de metade do angulo  $emz$ : assim, tomando por unidade a intensidade da acção de  $cd$  sobre a agulha  $ob$ , a intensidade da acção de  $emf$  seria representada por

$$tg \frac{1}{2} emz$$

E' o que Biot verificou tãobem pela experiencia; e vê-se, que se a corrente  $emf$  se rectifica a poncto de se confundir com  $cd$ , acontece, que sendo, então,  $emz$  um angulo recto, a tangente de  $\frac{1}{2} emz$  se torna igual á unidade, como deve ser.

### § VI

#### CONDIÇÕES DE EQUILIBRIO D'UMA AGULHA MAGNETIZADA, SUBMETTIDA Á ACÇÃO D'UMA CORRENTE RECTILINEA INDEFINIDA

A lei precedente não é verdadeira senão a partir d'uma distancia, que é, pelo menos, cinco ou seis vezes maior que o comprimento da agulha. Para distancias menores, os phenomenos apresentam-se debaixo d'outro aspecto: sejam, por exemplo,  $a, b$ , *fig. 121*, os dous polos d'uma agulha horizontal,  $acbd$  o circulo, que elles podem descrever, e  $ll'$  uma perpendicular levan-

tada no meio da agulha e prolongada indefinidamente para os dous lados. Eei-aqui o que se observa, quando se faz actuar sobre a agulha uma corrente vertical indefinida, que para mais simplicidade suppremos sempre ascendente, isto é, elevando-se acima do plano da *figura*.

1.º Quando a corrente se acha sobre algum poncto da circumferencia *abcd*, já não tende a formar com a agulha uma cruz, deixa-a em perfeito repouso e não a faz gyrar, nem num nem noutro sentido.

2.º Quando a corrente está no quadrante *anc*, attrahe para si o polo austral até ao contacto: pelo contrário, attrahe para si o polo boreal, quando está no quadrante *bnc*: nos quadrantes *amd* e *bmd* produz effeitos inversos. Portanto, o equilibrio é instavel, quando a corrente está sobre *md*: e pelo contrário observâmos a estabilidade sobre *cl* e a instabilidade sobre *dl'*.

Pouillet analysou estes phenomenos e todos os que dependem das inversões de acção em pequena distancia, quer sobre uma agulha movel á roda de seo centro, ou de qualquer poncto. Das experiencias e do cálculo resulta, que todos estes phenomenos podem ser explicados pelo principio seguinte: a acção, que se exerce entre uma corrente rectilinea indefinida e o polo d'um iman forma um systema de duas forças parallelas eguaes e contrárias, compondo um binario: estas forças são perpendiculares á corrente e perpendiculares á mais curta distancia da corrente ao polo do iman, e sua direcção é tal, que o polo

austral é sempre impellido para a esquerda e o polo boreal sempre para a direita: a intensidade da corrente é inversamente proporcional á distancia da corrente ao polo do iman.

Este mesmo principio explica, similhantemente, todos os phenomenos de equilibrio, apresentados pelas agulhas submettidas a quaesquer condições, como as agulhas fluctuantes á superficie dos liquidos ou as que se movem á roda de qualquer ponto ou eixo.

## § VII

### RHEOMETRO

O rheometro (*rheos* corrente) é um dosapparelhos mais importantes da physica: serve para demonstrar a producção da electricidade em numerosas circumstancias, em que o condensador de laminas de ouro seria insufficiente; para reconhecer a maior ou menor intensidade das correntes; e para determinar as circumstancias, que influem na sua intensidade. Sua construcção funda-se na acção das correntes sobre a agulha magnetizada.

Formâmos um rheometro, envolvendo, em uma moldura rectangular de madeira, um fio de cobre de 40 a 50 metros de comprimento, coberto de seda em toda a superficie, excepto as extremidades, que se deixão descobertas. Fixâmos o plano d'este rectangulo em posição vertical, ficando os lados maiores situados, horizon-

talmente, e suspendemos no centro uma agulha magnetizada, por meio d'um fio de seda, que atravessa o lado superior. Se, então, dirigimos os lados horizontaes do rectangulo, parallelamente á direcção, que a agulha toma sob a influencia da terra, depois fazemos passar a corrente através do fio, immediatamente vemos a agulha desviar-se de sua posição de equilibrio. O desvio observado é muito mais forte do que se o fio não passasse senão uma só vez sobre ella; pois é facil ver, que todas as partes d'uma corrente polygonal *abcd*, *fig. 122*, contribuem para dirigir no mesmo sentido o polo austral d'uma agulha, que estivesse situada no interior do polygono e cujo eixo estivesse em seo plano.

Em lugar de enrolarmos um só fio á roda do quadro, enrolâmos, ás vezes, cinco e a cada um damos um comprimento cinco vezes menor; revestimol-o de seda em todo o seo comprimento, reunimol-os parallelamente e enrolâmol-os junctos: communicão sómente por suas extremidades, que são descobertas. Concebemos a vantagem d'esta disposição, advertindo, que a intensidade d'uma corrente electrica, que procede d'uma fonte determinada, diminue, quando o comprimento do fio augmenta, e cresce, quando seo diametro se torna maior.

Não se pense, que podemos augmentar indefinidamente a sensibilidade do rheometro, augmentando indefinidamente o número das circumvoluções do fio. Alem de certo limite, novas circumvoluções, longe de augmentarem o ef-

feito, são, pelo contrário, prejudiciaes; porque a corrente, que atravessa as circumvoluções exteriores, actua em grande distancia da agulha, e perde cada vez mais sua intensidade, percorrendo um fio cada vez mais longo. Deve, pois, haver, para as diversas correntes, um comprimento de fio, que dê ao rheometro seo maximo de intensidade. Para as correntes, que provêm das acções chymicas, e que se chamão *correntes hydro-electricas* por causa do liquido, que lhes serve de conductor, empregão-se com vantagem os rheometros, em que os fios de cobre tem um terço de millimetro de diametro e fazem 400 ou 500 revoluções. Quanto ás correntes desenvolvidas pela acção do calor e que se chamão *correntes thermo-electricas*, medimol-as com mais vantagem por meio de rheometros, cujos fios tenham maior diametro e muito menor comprimento.

Para augmentar a sensibilidade empregâmos, de ordinario, duas agulhas parallelas, *fig. 423*, ligâmol-as, invariavelmente, ao mesmo eixo, ficando uma dentro, outro fora do quadro, e fazemos corresponder seos polos contrarios. Augmentâmos, assim, o effeito da corrente, fazendo-a obrar sobre maior quantidade de magnetismo, e reduzimos a acção do globo, dando ás agulhas energia pouco differente. Não devemos, todavia, neutralizar, completamente, esta acção, quando queremos applicar o rheometro á medição da intensidade das correntes, porque então as correntes mais fracas, bem como as mais fortes, levarião a agulha, perpendicularmente á sua

direcção, e deixaria de haver comparação possível.

Usâmos d'um mostrador para medir o desvio, fixando-o um pouco abaixo da agulha superior, e pondo-o de maneira, que seo zero corresponda ao polo austral, quando o rectangulo está convenientemente orientado. De ordinario, cobrimos o rheometro com uma campanula de vidro, para preservar a agulha da agitação do ar, *fig. 124.*

*Rheometro differencial.* A's vezes necessita-se d'um instrumento, que indique, não a intensidade, mas a differença de intensidade entre duas correntes. O *rheometro differencial* satisfaz a esta necessidade. Este rheometro consta de dous fios perfeitamente eguaes em comprimento, diametro e conductibilidade: estes dous fios são enrolados na mesma moldura, e quando por cada um d'elles se fazem passar correntes oppostas, as agulhas indicão a differença de sua energia. Se as correntes tem, exactamente, a mesma energia, as agulhas não saem do zero.

O rheometro foi construido por Schweiger, pouco tempo depois da descoberta de OErsted; muitas vezes se lhe dá o nome de *galvanometro* e tãohem o de *multiplicador*, porque effectivamente multiplica a força *electro-magnetica*.



§ VIII

MAGNETIZAÇÃO PELAS CORRENTES ELECTRICAS

Logo depois da descoberta de OErsted, Arago reconheceu, que a corrente da pilha podia magnetizar os corpos simplesmente magneticos: observou, com effeito, que o fio conductor, mergulhado em limalha de ferro, retinha grande quantidade d'ella, emquanto era atravessado pela corrente. A magnetização do ferro não subsiste senão debaixo da influencia da corrente; a limalha cae, logo que a corrente é interrompida, e o ferro torna a assumir suas propriedades primitivas. Se, porém, empregâmos limalha de aço ou muito pequenas agulhas d'esta substancia, a corrente lhes communica uma magnetização de maior dura.

Algun tempo depois d'estas primeiras observações, reconheceu-se, que as agulhas, perpendiculares á corrente, se magnetizavão com mais força do que as parallelas, e que a magnetização se tornava ainda mais energica, se faziamos actuar a corrente sobre muitas secções transversaes da agulha. Desde logo se imaginou um meio assaz simples para multiplicar o effeito da corrente; foi enrolar em helice um fio de cobre á roda d'um tubo de vidro, collocar a agulha no interior do tubo e fazer passar a corrente através da helice. Uma corrente instantanea basta para a producção do phenomeno; depois d'uma acção de muitos minutos, a magnetização não é mais forte do que a acção d'um segundo.

Ha duas especies de helices empregadas na magnetização, as helices *dextrorsum* e as helices *sinistrorsum*. Formâmos as primeiras, enrolando o fio da esquerda para a direita, *fig. 425*, sobre a parte superior do tubo de vidro; formâmos as segundas, enrolando o fio da direita para a esquerda. Quando empregâmos as helices *dextrorsum*, o polo austral da agulha está sempre na extremidade, por onde sae a corrente, e o polo boreal na extremidade, por onde entra. Quando usâmos das helices *sinistrorsum*, é o contrário; o polo austral se acha na extremidade, por onde entra a corrente, e o polo boreal na extremidade, por onde sae. Tãobem conseguimos magnetizar as agulhas de aço com duas helices contrárias, enroladas sobre o mesmo tubo, uma depois da outra; mas damos-lhes, então, um poneto consequente ao pé do poneto de junção das duas helices: poderíamos tãobem usar de 3, 4, 5... helices contrárias, enroladas em seguida nmas às outras, e as agulhas possuirião, então, 2, 3, 4... ponetos consequentes.

## § IX

### ELECTRO-IMANS

Podemos communicar ao ferro macio uma potencia magnetica extraordinaria por meio das correntes electricas. Para isso, damos a um cylindro de ferro macio a forma de ferradura, depois enrolâmos á roda de cada um de seos ramos e

sempre no mesmo sentido um fio de cobre, revestido de seda, *fig.* 126, e fazemos commu-  
nicar as duas extremidades do fio com os dous  
polos d'uma pilha. A barra de ferro torna-se lo-  
go um iman tão poderoso, que pode sustentar  
muitos kilogrammas. Conserva sua força duran-  
te todo o tempo da passagem da corrente; mas  
perde-a, tanto que a corrente deixa de atraves-  
sar o fio, para retomal-a, tanto que as commu-  
nicações se restabelecem. Damos, a este appare-  
lho, o nome de *electro-iman*, por não ser um  
iman senão debaixo da influencia da electricida-  
de.

A forma dos electro-imens depende do dia-  
metro do cylindro de ferro macio, de seo com-  
primento, do número das circumvoluções do fio  
e da intensidade da corrente. Formâmos um ele-  
ctro-iman, capaz de sustentar mais de 400 ki-  
logrammas, com um cylindro de ferro de 4 cen-  
timetros de diametro e 40 de comprimento, no  
qual enrolâmos um fio de cobre de 1000 metros:  
basta 1 ou 2 elementos de Bunsen para forne-  
cer a corrente. Pouillet obteve effeitos muito mais  
extraordinarios, empregando dous electro-imens  
similhantes, postos um por baixo do outro, de  
maneira que seos polos estivessem em contacto,  
e fazendo passar uma mesma corrente pelos fios.  
Conseguimos, facilmente, este resultado, pren-  
dendo duas extremidades do fio e fazendo com-  
municar, respectivamente, as outras duas ex-  
tremidades com os polos d'uma pilha: basta ha-  
ver o cuidado de estabelecer as communações,

de maneira que os polos contrarios dos electro-imans estejam na presença uns dos outros.

Os electro-imans são, muitas vezes, formados de dous cylindros de ferro macio, parallellos, unidos, por uma de suas extremidades, d'uma placa de ferro, que se lhes adapta com parafusos, e que substitue a curvatura da ferradura. O fio de cobre enrola-se, como de ordinario, nos ramos do ferro macio.

### § X

#### MÁCHINAS ELECTRO-MAGNETICAS

Tem-se procurado utilizar a potencia dos electro-imans em muitas máchinas, as quaes se denominão *máquinas electro-magneticas*. Vamos estudar o principio, em que se fundão.

Supponhamos, que uma placa de ferro macio *ED*, *fig. 127*, pode gyrar, livremente, á roda d'um eixo, situado em *D*; supponhamos tãobem, que uma mola *KG*, fixada em *G*, mantem esta placa em sua posição horizontal, quando não está sujeita senão á acção da gravidade; supponhamos, finalmente, que um electro-iman *AB*, ligeiramente inclinado, está um pouco abaixo da placa em tal posição, que ella pode applicar-se sobre uma de suas extremidades, quando a atraher com força sufficiente para contrabalançar o effeito da mola.

Ponhamos, agora, em communicação, d'um modo permanente, uma das extremidades do fio

do electro-iman com um dos polos d'uma pilha de Bunsen, o polo positivo, por exemplo, e fazemos communicar, *por intermittencia*, a outra extremidade *H* do mesmo fio com o polo negativo *Z* da mesma pilha. Estabelecida a communicação, o fio é atravessado pela corrente da pilha; a placa é attrahida pelo electro-iman, vai para a sua extremidade *A*, e permanece na posição *DF*, enquanto a communicação tem lugar. Logo, porém, que a communicação deixa de existir, o fio deixa de ser atravessado pela corrente, e a placa, que já não é retida pelo electro-iman, volta, por effeito da mola, à posição primitiva *ED*. Quando a communicação recommença, a placa torna de novo a *DF*, e quando a communicação outra vez cessa, outra vez a placa torna a *ED*; e assim por diante. Vemos, pois, que basta estabelecer e interromper, successivamente, as communicações da extremidade *H* com o polo *Z*, para fazer mover a extremidade *E* da placa, successivamente, de *E* para *F* e de *F* para *E*. Para ter uma máchina electro-motriz, não falta senão utilizar as idas e as voltas do poncto *E*, como utilizâmos as idas e as voltas da extremidade da aste d'um embolo, posto em movimento pelo vapor.

O movimento do poncto *E* produz-se do mesmo modo, qualquer que seja a distancia da pilha ao electro-iman, com tanto que a intensidade da corrente seja assaz grande; começa mesmo a produzir-se, em virtude da velocidade da electricidade, logo que o circuito principia a ser comple-

to, isto é, logoque a extremidade *H* do fio principia a communicar com o polo *Z* da pilha. Podemos, pois, transmittir um signal, com extrema velocidade, do ponto, em que a pilha está, para o ponto, em que se acha o electro-iman. Tal é o principio dos telegraphos electricos, de cujo estudo nos faremos cargo noutro capitulo.

## § XI

### MAGNETIZAÇÃO PELA ELECTRICIDADE ORDINARIA

Quando fazemos passar uma corrente de electricidade ordinaria por um fio recto, pondo uma de suas extremidades em communicação com o conductor d'uma máchima electrica e a outra com as almofadas, não se desenvolve nenhum vestigio de magnetismo em uma agulha vizinha do fio, aindaque seja perpendicular á direcção d'este fio; mas a agulha magnetiza-se a pouco e pouco, se a electricidade passa para o fio por faiscas successivas. O magnetismo, que ella recebe, augmenta d'um modo sensível com a força da faisca e com a distancia, em que ella se produz. Tornâmos os effeitos mais intensos, substituindo helices aos fios rectos: com as helices podemos até magnetizar as agulhas por uma corrente continua. As descargas das garrafas de Leyde e das baterias electricas exercem acção mais forte, quer passem através de fios rectos, quer atravessem helices.

A magnetização pelas descargas das baterias

apresenta algumas particularidades notaveis. Se por exemplo, fazemos passar a descarga por um conductor rectilineo horizontal e submettemos á sua acção agulhas de aço eguaes, parallelas, horizontaes, perpendiculares ao comprimento do conductor, e cujos pontos medios se achão na mesma vertical, as agulhas não se magnetizão todas no mesmo sentido; o polo austral fica á esquerda da corrente em umas, e á esquerda em outras. Os mesmos phenomenos se produzem nos conductores enrolados em helice. Savary, a quem se devem estas observações, tão-bem reconheceu, que a quantidade de fluido, desenvolvida em um iman, depende da natureza e das dimensões dos corpos, que o cercão, ou que nelle tocão; quando enrolámos um fio em helice sobre um tubo de cobre bem espesso, a agulha, situada no tubo, não recebe quasi nenhum magnetismo pela acção da corrente; pelo contrario, recebe uma carga muito consideravel, se o tubo tem paredes delgadas. Estes phenomenos não forão ainda satisfactoriamente explicados.

## § XII

### ACÇÃO DO GLOBO SOBRE AS CORRENTES

O globo terrestre pode dirigir as correntes e pode imprimir-lhes movimento continuo de rotação. As seguintes experiencias demonstrão esta verdade.

Se queremos verificar a acção directriz, servimo-nos do conductor rectangular *abcde*, *fig.*

128. Tanto que é atravessado pela corrente, deixa sua posição de equilibrio, para se collocar em um plano perpendicular ao meridiano magnetico; e se o afastâmos d'esta posição, a retoma por si mesmo depois d'algumas oscillações. E' o ramo, por onde a corrente desce, que se dirige para este, de sorte que a corrente vai de este para oeste na parte inferior do rectangulo. Obtemos o mesmo resultado com um conductor circular *ABC*, *fig.* 129.

Se queremos verificar a acção revolutiva, usâmos d'um vaso circular *V*, *fig.* 130, atravessado, no centro, por uma abertura circular, através da qual passa uma aste de cobre. Deitâmos, no vaso, agua acidulada, e suspendemos um conductor rectangular sobre o pequeno vaso, em que a aste acaba. Este conductor gyra, então, com movimento continuo, tanto que fazemos passar a corrente: o movimento de rotação produz-se de oeste para este, passando, pelo meio-dia, se a corrente sobe pela aste *XY*, e se, por conseguinte, percorre o conductor, indo do centro para a circumferencia; teria logar em sentido contrario, se a corrente descesse pela aste *XY*, e, por conseguinte, se percorresse o conductor, indo da circumferencia para o centro.

Para analysar os precedentes phenomenos, é preciso estudar, separadamente, a acção da terra sobre as correntes verticaes e sobre as correntes horizontaes.

1.º O apparelho, de que se usa para estudar as propriedades das correntes verticaes, consta



de dous vasos  $V$  e  $V'$ , *fig. 131*, situados, parallelamente, um por cima do outro, e atravessados, no centro, por uma abertura circular. O vaso inferior é um pouco mais largo do que o superior. Uma aste metallica  $XY$ , que termina em um vaso, atravessa as duas aberturas; sustenta uma travessa horizontal  $PQ$ , que assenta sobre ella por uma ponta situada no meio: á travessa, que é feita d'uma substancia isolante, se prendem os fios verticaes  $AB$  e  $CD$  que mergulhão na agua acidulada do vaso inferior, e que se curvão na parte superior, para mergulharem tãobem no liquido do segundo vaso. Pequenas linguetas,  $H$  e  $K$ , estabelecem a communição entre a agua acidulada do vaso superior e o mercurio da capsula. Quando pomos a aste  $XY$  em communição com um dos polos da pilha, o polo positivo, por exemplo, e a agua acidulada em communição com o outro, a corrente se estabelece no systema; sobe pela aste, entra na capsula, passa para o vaso superior, d'aqui para os fios verticaes  $AB$ ,  $CD$ , e, finalmente, chega ao liquido do vaso inferior. Podemos não fazer passar a corrente senão por um dos fios verticaes, para o que basta levantar a extremidade do outro fio, para não mergulhar no liquido do vaso mais elevado.

Quando só um dos fios verticaes é atravessado pela corrente, o rectangulo  $ABCD$  deixa logo sua posição de equilibrio, e vem fixar-se, depois d'algumas oscillações, em uma posição perpendicular ao meridiano magnetico: o fio, atra-

vessado pela corrente, se dirige para este ou para oeste, conforme a corrente é descendente ou ascendente: o equilibrio poderia, comtudo, ter lugar em posição diametralmente opposta, mas seria instavel. Quando os dous fios dão passagem à corrente, o systema conserva-se em equilibrio em todas as suas posições, porque as forças, que o sollicitão, são eguaes, parallelas, dirigidas no mesmo sentido, e, conseguintemente, destruidas pela resistencia do eixo *XY*. É necessario, todavia, para que o aparelho seja indifferente debaixo da acção do globo, que os dous fios *AB*, *CD* sejam bem eguaes, sejam, igualmente, conductores, e estejam na mesma distancia do eixo de rotação.

2.º O aparelho, de que se usa, para estudar as propriedades das correntes horizontaes, consta d'um vaso de cobre *V*, *fig.* 130, atravessado por uma aste metallica *XY*. A capsula, em que a aste acaba, eleva-se muito pouco acima da agua acidulada, de que o vaso se enche. Um conductor horizontal *AC* assenta sobre a capsula por meio d'uma ponta; curva-se nas extremidades, afim de mergulhar na agua acidulada do vaso *V*. Quando fazemos communicar o liquido com um dos polos da pilha e a aste *XY* com o outro, a corrente se estabelece, e a aste horizontal *AC* toma um movimento contínuo de rotação. O movimento tem lugar de oeste para este, passando pelo meio-dia, se a corrente vai do centro para a circumferencia, e de este para oeste, se vai da circumferencia para o centro. A rota-

ção é, unicamente, devida á corrente horizontal; porquanto, as correntes verticaes não podem ser dirigidas pelo globo, visto que vão no mesmo sentido. O movimento se produziria ainda com uma corrente horizontal *AB*, movel á roda de sua extremidade *B*; do que nos certificámos, levantando a extremidade *C* da aste *AC*, a fim de não mergulhar mais na agua acidulada.

A acção da terra sobre as correntes fechadas é facil de deduzir dos principios, que precedem, sabendo nós tãobem, que qualquer corrente, se não é horizontal ou vertical, pode ser substituída por duas series de elementos muito pequenos, uns verticaes, outros horizontaes. E' evidente, que o conductor rectangular deve collocar-se perpendicularmente ao meridiano magnetico, ficando o ramo ascendente da corrente a oeste, visto que os effeitos dos ramos horizontaes se destroem, por serem atravessados por correntes eguaes e de direcções oppostas, entretanto que os effeitos das correntes verticaes concorrem para darem ao rectangulo uma direcção perpendicular ao meridiano. O mesmo phenomeno se daria com um conductor circular.

### § XIII

#### ACÇÃO DOS IMANS SOBRE AS CORRENTES

Os apparatus, que servem para verificar a acção do globo sobre as correntes moveis, po-

dem tãobem indicar os effeitos produzidos pela acção dos imans. Quando queremos, por exemplo, estudar a acção dos imans sobre as correntes horizontaes, pomos um iman perto do conductor *ABC*, *fig. 128*, já sujeito á acção terrestre. Se o iman está situado, verticalmente, por baixo do conductor, estando o polo boreal mais proximo do apparelho, a acção d'este polo concorre com a acção do globo, e a velocidade de rotação se accelera: se o polo austral é o mais proximo, a acção d'este polo contrabalança, em parte, a acção do globo, e a velocidade de rotação se afrouxa: neste último caso, podemos fazer predominar a acção do iman, aproximando-o, sufficientemente, do conductor, e mudar, assim, a direcção do movimento. O iman teria produzido phenomenos inversos, se tivesse sido collocado por cima do apparelho.

Quando queremos estudar a acção dos imans sobre as correntes verticaes, aproximâmos um iman dos conductores *AB*, *CD*, *fig. 131*. Seo systema, que permanecia em equilibrio debaixo da acção terrestre, toma, então, um movimento. Se o iman está situado, verticalmente, na direcção do prolongamento do eixo de rotação ou mesmo no interior do cylindro indefinido, que os conductores descrevem, gyrando á roda d'este eixo, o systema toma um movimento continuo de rotação. A direcção d'este movimento depende da direcção da corrente nos conductores, da natureza do polo mais proximo e da posição do iman; sua velocidade depende da intensidade da

corrente, da força do iman e da distancia, em que a acção se produz.

#### § XIV

##### ROTAÇÃO DE MERCURIO

Davy demonstrou, experimentalmente, a rotação, que o mercurio toma pela acção das correntes e dos imans. Fazem-se passar através do fundo d'um largo vaso de vidro dous fios de cobre *ab, cd, fig. 132*, cujas partes todas, excepto as extremidades, são cobertas de cera: depois deita-se, no vaso, uma quantidade de mercurio, sufficiente, para cobrir as extremidades dos fios, e põem-se as porções inferiores d'elles em communição com os polos d'uma pilha. Tantoque a corrente se estabelece, a superficie do mercurio se eleva acima dos fios e forma dous pequenos cones, d'onde se escapão ondas metallicas em todas as direcções. Um só poncto da superficie permanece immovel; é o que se acha entre os fios e na mesma distancia de cada um d'elles.

Se levâmos o polo d'um iman poderoso á distancia d'alguns centímetros acima d'um dos cones, seo vertice baixa e sua base alarga: se o aproximâmos mais, a superficie faz-se plana e o mercurio toma movimento de rotação em tórno dos fios. A velocidade d'este movimento cresce com a força do iman; sua direcção depende do

sentido da corrente, da posição do iman e da natureza do polo mais vizinho do liquido. O movimento de rotação cessa, logoque o polo do iman se acha a egual distancia dos dous fios, e, então, se estabelecem no liquido duas correntes oppostas, uma á direita, outra á esquerda do iman. Se chegássemos o polo do iman muito perto da extremidade superior d'um dos fios, um centimetro, por exemplo, o mercurio se depressiria e se formaria uma especie de funil mo-vel, cujo vertice estaria quasi na extremidade do fio.

## CAPITULO XV

### LEIS RELATIVAS Á INTENSIDADE E CONDUCTIBILIDADE DAS CORRENTES

#### § I

#### MEDIDA DA INTENSIDADE D'UMA CORRENTE

Tomâmos por medida da intensidade d'uma corrente, a quantidade de electricidade, que passa na unidade de tempo por uma seccão do conductor, que ella atravessa. Esta quantidade é a mesma em cada uma das seccões do conductor; porquanto, se dobrâmos duas partes d'elle uma sobre a outra, para fazel-as actuar em sentido contrário sobre uma agulha magnetizada, esta permanece completamente immovel. Este resultado prova, que todas as seccões do fio actuão sobre ella com a mesma intensidade, e que, por

consequente, são atravessadas pela mesma quantidade de fluido; por outro lado, é independente da natureza dos corpos, que formão as diversas partes do conductor e da grandeza de suas secções.

Podemos avaliar a intensidade d'uma corrente pelo desvio, que produz sobre a agulha magnetizada; porquanto a agulha não se conserva em equilibrio senão quando a acção da corrente é contrabalançada pela componente tangencial da força magnetica da terra. Não podemos, todavia, tomar esta componente por medida da intensidade da corrente, porque suas diversas secções não obrão do mesmo modo sobre a agulha nas differentes posições, que recebe. Esta intensidade determina-se por meio da *bussola de senos* de Pouillet.

## § II

### BUSSOLA DE SENOS

O principio d'este instrumento foi descoberto por Larive. E' evidente, que se o plano da moldura d'um rheometro conservasse sempre a mesma posição em relação á agulha magnetizada, as intensidades de duas correntes successivas seriam, entre si, como as componentes efficazes da força magnetica terrestre. Ora, a componente efficaz *nf*, *fig.* 133, tem por valor  $t \text{ sen } a$ , sendo  $t$  a componente horizontal da força terrestre, e  $a$  o angulo, formado pela agulha com o meridia-

no magnetico *mm*. Podemos, pois, dizer, que as intensidades das correntes são, então, entre si, como os senos dos desvios. Um rheometro ordinario pode constituir uma *bussola de senos*, quando fazemos gyrar a moldura de maneira que o zero do mostrador venha sempre collocar-se debaixo da agulha.

A *fig. 434* representa um modelo d'uma bussola de senos construido por Pouillet. O fio, revestido de seda, cujas extremidades vemos em *f. f'*, dá uma ou muitas voltas sobre o circulo *AA'*, em cujo centro se acha a agulha magnetizada *e* com seu limbo graduado. Uma aste leve de barba de baleia ou de canna está fixada, perpendicularmente, ao meio da agulha, e serve para observar sua posição com tanto maior exactão, quanto mais comprida é a aste. O circulo *AA'* pode gyrar á roda d'um eixo vertical, e as quantidades angulares, que o fazemos gyrar, são dadas pelo vernier *v*, que percorre as divisões d'um circulo horizontal *cc'*. Durante a passagem da corrente fazemos gyrar o plano *AA'*, de maneira que a agulha corresponda sempre ao zero. O vernier dá, então, o angulo, que o plano *AA'*, e, por conseguinte, a agulha *e*, fazem com o meridiano magnetico, angulo, de que depois tomámos o seno. Em vez de manter a agulha no zero do limbo, que ella percorre, podemos subjeital-a a fazer um angulo constante com o plano do circulo *AA'*. D'esta maneira, podemos fazer variar a sensibilidade do instrumento. E' evidente, que é mais sensivel, quando mantemos



a agulha sobre o zero, porque a corrente opera, então, com mais efficacia. Note-se, tãoobem, que não tendo a bussola de senos senão uma só agulha, os resultados, que ella dá, não são modificados pelas alterações, que seo estado magnetico pode experimentar; porquanto, estas alterações affectão, egualmente, a acção terrestre e a acção da corrente sobre a agulha.

§ III

BUSSOLA DE TANGENTES

A bussola de senos exige uma manipulação, que demanda certo tempo; mas ha casos, em que é mister conhecer, promptamente, a força d'uma corrente por uma simples leitura, por exemplo, quando esta corrente varia continuamente. Usa-se, então, da *bussola de tangentes*, cujo principio vamos apresentar. Consideremos uma agulha magnetizada *o*, *fig.* 135, movel sobre uma larga tira de metal *AB*, parallela ao meridiano magnetico *mn*, e atravessada pela corrente, de maneirã que a quantidade de electricidade, que passa por cada direcção parallelã a *mn*, seja a mesma. Supponhamos, tãoobem, que a agulha *o* é muito pequena, e que o fluido, que passa pelas margens da lamina, se acha tão afastado d'esta agulha, que nenhuma influencia tem sobre ella, qualquer que seja sua posição. A acção da corrente sobre esta agulha será, então, a mesma, de qualquer modo que ella gyre. Ora, sen-

dô esta acção  $c$  perpendicular a  $mn$ , sua componente perpendicular á agulha é  $f' = c \cos \alpha$ . Esta componente faz equilibrio á componente efficaç  $f = t \sin \alpha$  da acção terrestre: teremos, pois,

$$c \cos \alpha = t \sin \alpha$$

d'onde  $c = t \operatorname{tg} \alpha$

A intensidade da corrente é, pois, proporcional á tangente do angulo de desvio. Pecllet propoz construir uma bussola de tangentes com esta mesma forma: a agulha estaria, então, encerrada em uma caixa, collocada sobre a tira de metal e munida d'um circulo graduado.

Podemos proceder de sorte que a acção da corrente sobre a agulha seja, sensivelmente, constante em todas as posições d'esta última, pon-do-a no centro d'um circuito circular de grande diametro. E', assim, que Pouillet construiu a bussola de tangentes representada na *fig. 136*: *ama'* é uma tira circular de cobre, cujas extremidades  $a, a'$ , mergulhão em vasos cheios de mercurio  $c, c'$ , em que tãobem se inmergem os fios, que trazem a corrente. A agulha magnetizada  $e$  está suspensa no centro e deve ser muito pequena. Adaptão-se-lhe appendices de cobre segundo o prolongamento de seo eixo, ou fixa-se-lhe, perpendicularmente, uma longa aste de canna para facilitar a medição dos angulos de desvio, dos quaes tomâmos depois as tangentes, a que as intensidades das correntes são proporcionaes.

## § IV

INFLUENCIA DAS RESISTENCIAS  
SOBRE A INTENSIDADE D'UMA CORRENTE

A intensidade da corrente, que provém d'uma pilha dada, não depende sómente da energia da pilha, ou, como, ordinariamente, se diz, de sua força *electro-motriz*; depende tãobem do conductor, posto entre seos polos. Cada parte d'este conductor offerece, com effeito, resistencia à corrente, e diminue sua intensidade. Vamos determinar as leis d'estas resistencias. Consideremos, em primeiro logar, a resistencia dos fios.

1.º A resistencia, que o fio offerece à corrente, é proporcional ao seo comprimento. Demonstra-se esta lei, por meio d'um elemento de Daniell, d'uma bussola de senos e d'uma serie de fios de cobre, todos do mesmo diametro e de 5, 10, 20... 100 metros de comprimento. Fazemos, primeiramente, passar a corrente do elemento através da bussola só, depois fazemol-a passar para a bussola; interpondo, successivamente, cada um dos fios no circuito, e notámos os desvios  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$ , que tem logar em cada um d'estes casos. Se chamâmos  $f$ ,  $f'$ ,  $f''$ , as intensidades correspondentes, as resistencias, offerecidas pelos dous fios, serão, respectivamente,  $f - f'$  e  $f - f''$ . A relação d'estas resistencias se deduz das fórmulas

$$f = \frac{P}{k} \operatorname{sen} a \quad f' = \frac{P}{k} \operatorname{sen} a' \quad f'' = \frac{P}{k} \operatorname{sen} a'';$$

é igual á relação dos comprimentos dos fios additionaes.

2.º A resistencia, que um fio offerece á corrente, é, reciprocamente, proporcional á sua secção. Esta lei demonstra-se como a precedente, mas empregando fios de secções differentes e do mesmo comprimento.

3.º A resistencia, que um fio offerece á corrente, depende de sua natureza. Convence-mo-nos da verdade d'esta proposição, seguindo o mesmo methodo e operando sobre fios de diversas substancias. E' facil determinar, assim, a relação das resistencias, que dous fios de natureza differente, mas com o mesmo diametro e o mesmo comprimento, offerecem á corrente. Chamando 1 a resistencia do cobre, achámos 4,5 para a platina, 7,6 para o ferro e 38 para o mercurio. O ouro e a prata enfraquecem um pouco menos as correntes do que o cobre. Pouillet observou, que a presença d'algumas materias estranhas modifica, singularmente, a resistencia, que um corpo offerece ás correntes electricas. Tãobem reconheceu, que o calor tem pouca influencia na resistencia de certos corpos, como o mercurio, entretanto que faz variar, consideravelmente, a d'outros corpos, como o ferro e o aço: a resistencia dos metaes cresce, em geral, á medida que a temperatura cresce.

Consideremos agora a resistencia, que os liquidos offercem ás correntes. Para isso, usámos d'um tubo de vidro *AB*, *fig. 137*, cylindrico e dividido em millimetros; fechâmol-o na parte inferior com uma rolha, que tem por cima um disco metallico *m*, depois introduzimos no tubo o liquido, que queremos submeter à experiencia, e pomos sua superficie superior em contacto com um segundo disco metallico *n*. Fazemos, então, passar a corrente d'um elemento de Daniell para o liquido e calculâmos o enfraquecimento, que soffreu. Operariamos, como precedentemente, para achar as leis da resistencia e as relações das resistencias dos diferentes liquidos. A resistencia d'uma solução saturada de sulphato de cobre vale, proxima-mente, 15 milhões, a d'uma solução saturada de sulphato de zinco 37 milhões, e a da agua pura 7 mil milhões, tomando sempre a do cobre por unidade.

Podêmos sempre conceber um fio de cobre com uma secção igual á unidade e com um comprimento sufficiente, que offereça a uma corrente dada a mesma resistencia que um cylindro de qualquer corpo, solido ou liquido. O comprimento d'este fio chama-se o *comprimento reduzido do corpo*. Este comprimento reduzido depende do comprimento do corpo, de sua secção e de seo coefferiente de resistencia, isto é, da resistencia, que um cylindro d'este corpo, que tenha a unidade de comprimento e a unidade de secção, offerece á corrente. Sejam *l* seo

comprimento,  $s$  a secção e  $k$  este coefficiente; sejam  $l'$ ,  $s'$  e  $k'$  quantidades analogas para o cobre. As expressões  $\frac{kl}{s}$  e  $\frac{k'l'}{s'}$  representam respec-

tivamente as resistencias, que o corpo e o cobre offerecem á corrente; devem ser eguaes, se queremos, que as duas resistencias sejam as mesmas: temos, pois,

$$\frac{kl}{s} = \frac{k'l'}{s'} \quad \text{e} \quad l' = \frac{ks'l}{k's} \quad \text{e} \quad l = \frac{kl}{s}$$

tomando por unidades a resistencia e a secção do fio de cobre. Poderiamos obter o valor reduzido d'um circuito inteiro, formando o comprimento reduzido de todas as partes, que o compõem e fazendo a somma d'estes comprimentos.

### § V

#### LEIS DE OHM SOBRE A INTENSIDADE DAS CORRENTES

Chamão-se correntes da mesma intensidade as que, nas mesmas condições, produzem o mesmo desvio na mesma agulha magnetizada. Muitos physicos, e, particularmente, Ohm, Fechner, Lenz, Jacobi, Pouillet, Faraday, Larive e Magnus, compararão, debaixo do ponto de vista de sua intensidade, as correntes electricas, procedentes de diversas fontes. Estas investiga-

ções, feitas por meio do galvanometro, bussola de senos, bussola de tangentes e rheostato, conduzirão ás mesmas leis, tanto a respeito das correntes thermo-electricas, como a respeito das correntes hydro-electricas: mas, ácerca das primeiras, despreza-se a influencia conductriz, porque, sendo metallica e de pequena dimensão, sua resistencia é inattendivel. Já não é, assim, quanto ás correntes hydro-electricas. Neste é preciso attender á resistencia da pilha, o que Pouillet fez, junctando ao comprimento do fio interpolar o comprimento do fio, que, por sua resistencia produzisse sobre a corrente a mesma diminuição de intensidade, que a mesma pilha produz por sua pequena conductibilidade. O circuito inteiramente metallico, que supponho, então percorrido pela corrente, é o que Pouillet denominou *corrente reduzida*.

Eis-aqui as diversas leis, por que as correntes electricas se regulão, qualquer que seja a fonte, de que procedão.

1.<sup>a</sup> A intensidade d'uma corrente é, directamente, proporcional á somma das forças electro-motrices, que estão em actividade no circuito: entendendo-se, aqui, por força electro-motriz a causa, qualquer que ella seja, que desenvolve electricidade dinamica.

2.<sup>a</sup> A intensidade é a mesma em todos os pontos do circuito.

3.<sup>a</sup> A intensidade é na razão inversa do comprimento reduzido de todas as partes do circuito.

4.<sup>a</sup> A intensidade é na razão directa da secção e da conductibilidade do fio, que transmite a corrente.

Das duas últimas leis se depreheende, que a intensidade permanece constante, quando a secção do fio varia como seo comprimento.

Pouillet achou, que nos liquidos como nos solidos a intensidade da corrente é na razão directa da secção da columna liquida, que transmite a corrente, e na razão inversa de seo comprimento, com tanto que este seja igual, pelo menos, a cinco ou seis vezes o diametro da secção.

As precedentes leis são chamadas *leis de Ohm*, por ser este sabio, quem as fez conhecer, ha trinta annos. Forão descobertas por considerações theoricas, e verificadas pela experiencia por Lenz, Jacobi e Pouillet.

Representando por  $E$  a somma total das forças electro-motrizes em actividade na pilha, por  $R$  a somma total das resistencias, que a electricidade encontra para se propagar, e  $I$  a intensidade da corrente, Ohm chegou á expressão

$$I = \frac{E}{R}.$$

Esta fórmula, que comprehende a 1.<sup>a</sup> e a 3.<sup>a</sup> lei, é geral, quer seja homogeneo, quer não, o circuito, que une os dous polos.

Se representâmos por  $L$  o comprimento do fio de metal, que liga os polos, por  $r$  o comprimento do fio, que pode substituir a resistencia



da pilha, ou o comprimento reduzido d'esta, a fórmula torna-se em

$$I = \frac{E}{L + r}$$

Nas pilhas thermo-electricas, em que podemos desprezar a resistencia da pilha, sendo todas as peças metallicas e de pequeno comprimento,

a fórmula se reduz a  $I = \frac{E}{L}$ ; quer dizer, a in-

tensidade da corrente é, simplesmente, na razão inversa do comprimento do fio conjunctivo.

No caso de  $n$  pares eguaes, associados em bateria, chamando electricidade a força electromotriz d'um par e  $r$  sua resistencia, Ohm ad-

mitte 
$$I = \frac{nE}{L + nr},$$

fórmula, que podemos escrever assim

$$I = \frac{E}{\frac{L}{n} + r}$$

Se o número  $n$  de pares é muito grande, e  $L$  muito pequeno, podemos desprezar a fracção

$\frac{L}{n}$ , e a fórmula se reduz a  $I = \frac{E}{r}$ , quer dizer,

a intensidade é então a mesma que para um só par.

§ VI

LEIS DA PILHA

As leis da pilha são consequencias immediatas da fórmula

$$f = \frac{ne}{nr + l}$$

em que  $n$  exprime o número dos elementos,  $e$  a força electro-motriz d'um elemento,  $r$  a resistencia d'um elemento e  $l$  a resistencia do conductor interpolar. Discutamos esta fórmula.

1.º Se o conductor interpolar offerece muito fraca resistencia á corrente, comparativamente com a pilha, o termo  $l$  é muito pequeno, comparativamente com  $nr$ , e a intensidade da cor-

rente differe muito pouco de  $\frac{ne}{nr}$  ou  $\frac{e}{r}$ . Esta in-

tensidade é, então, quasi independente do número dos elementos; é o que tem logar nos effeitos magneticos e em varios effeitos calorificos. Se tomámos a pilha de cubos, como caso particular, a resistencia  $r$  differe muito pouco da que provém do liquido dos cubos, porque os solidos offerecem resistencias, incomparavelmente, mais fracas do que os liquidos; temos, pois,

$r = \frac{kd}{s}$ , chamando  $k$  o coefficiente de resisten-

cia do liquido,  $d$  a distancia dos elementos e  $s$  a secção do liquido, ou a extensão da superficie

immersa. A intensidade da corrente é, pois,  $\frac{es}{kd}$

é, por conseguinte, directamente proporcional á força electro-motriz d'um elemento e á extensão de sua superficie immersa, e inversamente proporcional á distancia dos elementos e ao coefficiente de resistencia do liquido.

2.º Se o conductor interpolar offerece grande resistencia, comparativamente com a pilha, o termo  $nr$  é muito pequeno, comparativamente com  $l$ , e a intensidade da corrente se torna,

sensivelmente,  $\frac{ne}{l}$ . Esta intensidade é, então, sen-

sivelmente, proporcional ao número dos elementos; é o que tem logar nos effeitos physiologicos, nos effeitos chymicos e em varios effeitos calorificos.

3.º Uma pilha dada pode produzir uma corrente mais ou menos energica, segundo seo conductor interpolar offerece mais ou menos resistencia. Assim, sendo constantes  $n$  e  $e$ , a intensidade da corrente é tanto mais forte, quanto menor é  $l$ .

## § VII

## RHEOSTATO

Como os methodos empregados para avaliar as conductibilidades e as forças electro-motrices exigião, que se comparassem as intensidades das correntes successivas, as imperfeições dos rheometros e as incertezas de suas indicações levãrão a imaginar um processo, a favor do qual não ha precisão de conhecer as forças, que correspondem aos differentes desvios da agulha. Este processo consiste em introduzir no circuito a resistencia, facil de calcular, d'um fio de metal, cujo comprimento fazemos variar, conduzindo a agulha sempre à mesma posição. D'entre os diversos instrumentos, que preenchem este fim, descreveremos sómente o mais usado, que é o *rheostato*, imaginado por Wheatstone.

Este apparelho, *fig. 138*, consta de dous cylindros eguaes e parallellos *aa'*, *cc'*. Sobre o cylindro *aa'* está practicada uma fenda em helice, no fundo da qual se acha enrolado um fio fino de cobre, soldado por uma ponta com um anel, que o cylindro tem na extremidade. Este cylindro é de madeira; Ruhmkorff fel-o de vidro. A outra ponta do fio está fixada ao outro cylindro, que é de latão. Os dous cylindros podem gyrar, no mesmo sentido, e com velocidades eguaes, por meio d'uma manivella e d'uma engrenagem, de maneira que o fio deixa um dos cylindros, emquanto se vai enrolando no outro.

Um indice  $o$  faz conhecer o número de voltas e de fracções de volta. Para introduzir o aparelho em circuito, pomos os fios d'este último em communicação com duas molas  $r, r'$ , as quaes escorregão, uma,  $r'$ , sobre o cylindro de latão, a outra,  $r$ , sobre a virola do cylindro de madeira. A corrente percorre, então, todas as voltas do fio do rheostato, na porção  $a'$ , que se acha sobre o cylindro de madeira, d'ahi passa para o cylindro de latão, que elle, immediatamente, atravessa, abandonando a porção do fio  $c$ , que o envolve, e chega à mola  $r'$ , como se vê na *fig. 139*:  $P$  é a pilha, que fornece a electricidade,  $R$  o rheometro. Vemos, que quanto mais fio houver enrolado no cylindro de madeira, maior será o comprimento do fio introduzido no circuito pelo rheostato. Sempre poderemos, pois, fazendo variar, assim, este comprimento, levar a agulha do rheometro a uma posição determinada. Quando queremos introduzir uma resistencia muito grande, que exceda os limites do instrumento, introduzimos, tãobem, no circuito, uma bobina  $b'$  de fio de cobre revestido de seda com um comprimento e diametro conhecidos. Ha muitas bobinas  $bb'$  com fios de diversos comprimentos, e podemos fazel-as percorrer pela corrente, quer separadamente, quer todas ao mesmo tempo, conforme a resistencia, de que se tem precisão. Sendo conhecidas as dimensões dos fios, facilmente calculámos a resistencia addicional, que elles produzem.

§ VIII

COMPARAÇÃO DAS FORÇAS ELECTRO-MOTRIZES

Podemos comparar quaesquer duas forças electro-motrizes por meio do rheostato. Formâmos um circuito com um dos electro-motores, com o rheostato e com a bussola de senos. Notâmos, depois, o número de voltas  $n$  e  $n'$ , que é preciso dar ao fio em tórno do cylindro de madeira do rheostato, para produzir dous desvios diferentes  $a$  e  $a'$ . Se, então, chamâmos  $f$  e  $f'$  as intensidades das duas correntes correspondentes a estes desvios, e a força electro-motriz desenvolvida no electro-motor e  $l$  o comprimento reduzido de todo o circuito, excepto o fio enrolado no cylindro de madeira; se, demais, chamâmos  $s$  a secção d'este fio e  $l$  o comprimento d'uma espira, teremos

$$f = \frac{e}{\frac{nl}{s} + l} \quad f' = \frac{e}{\frac{n'l}{s} + l}$$

ou  $e \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{f'} \right) = \frac{l}{s} (n - n')$ .

Do mesmo modo procurâmos para o outro electro-motor os números de voltas  $m$  e  $m'$ , que é

necessario dar ao fio do rheostato em tórno do cylindro de madeira, para obtermos os mesmos desvios  $\alpha$  e  $\alpha'$  que precedentemente, e temos as novas equações

$$f = \frac{e'}{\frac{ml}{s} + l'} \quad f' = \frac{e'}{\frac{m'l}{s} + l'}$$

ou  $e' \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{f'} \right) = \frac{l}{s} (m - m')$

D'estas equações se tira  $\frac{e}{e'} = \frac{n - n'}{m - m'}$ . Tal é

a relação das forças electro-motrizas dos dous electro-motores considerados. Achou-se, assim, que a força electro-motriz d'um elemento hydro-electrico depende da natureza dos metaes e do liquido; mas não depende da natureza das placas, de sua forma e distancia.

## § IX

### CONDUCTIBILIDADE

#### PARA AS CORRENTES HYDRO-ELECTRICAS

O poder conductor dos corpos, nas correntes hydro-electricas, varia com a energia das correntes e com os diversos conductores, que el-

las já atravessarão. Larive reconheceu, com effeito, que as correntes atravessão tanto mais facilmente as placas metallicas e os liquidos, quanto maior é o número das que já atravessarão; propriedade analoga á que se observa nos poderes diathermicos.

Por meio do voltmetro, Davy achou, que a conductibilidade d'um mesmo metal é proporcional á secção do fio e na razão inversa de seo comprimento. Becquerel verificou a exacção d'esta lei por meio d'um galvanometro de dous fios. Quanto á conductibilidade electrica dos metaes differentes, Ed Becquerel achou, que, a zero, seos poderes conductores relativos podem ser representados pelos numeros seguintes; prata recozida, 100; cobre recozido, 91,5; ouro recozido, 65,9; zinco, 24; estanho, 14; ferro, 12,3; chumbo, 8,9; platina, 7,9; mercurio 1,739.

Comparando entre si os poderes conductores dos diversos liquidos e tomando para unidade o da agua distillada, Pouillet chegou aos seguintes resultados: agua com  $\frac{1}{20000}$  de acido azotico, 6; agua saturada de sulphato de zinco, 167; agua saturada de sulphato de cobre, 400. Quanto á relação entre a conductibilidade dos metaes e a dos liquidos, esta última é, immensamente, mais fraca; porquanto, segundo o mesmo sabio, o cobre conduz dezaseis milhões de vezes mais do que a solução saturada de sulphato de cobre; o que corresponde a seis mil e quatro centos milhões de vezes mais que a agua distillada.

Finalmente, a elevação de temperatura aug-



menta o poder conductor dos liquidos, e diminue o dos solidos.

A conductibilidade dos liquidos compostos tem sido até agora considerada pela maior parte dos physicos, como uma conductibilidade puramente electrolytica, isto é, devida á decomposição chymica. Comtudo, Faraday, fazendo conhecer sua lei geral das decomposições electrolyticas, havia annuciado, que ella comportaria algumas restricções, no caso, em que os liquidos fossem capazes de conduzir a electricidade, sem soffrer decomposição.

A conductibilidade puramente electrolytica foi, sobretudo, sustentada por Buff; mas Foucault demonstrou, recentemente, por experiencias delicadas, que os liquidos possuem tãobem uma conductibilidade propria, ou *conductibilidade physica*, á maneira dos metaes; sendo esta última muito mais fraca, do que a conductibilidade electrolytica, mas podendo ter influencia sensivel sobre os effeitos chymicos das correntes, e sobre a lei de Faraday.

### § X

#### CORRENTES DERIVADAS. LEIS DA DERIVAÇÃO

Seja a corrente d'uma pilha, d'um elemento de Bunsen, por exemplo, percorrendo um fio de cobre *rqpnm*, *fig. 140*, e consideremos o caso, em que se unem quaesquer dous pontos, *n* e *q* d'este circuito, por um segundo fio *nπq*.

A corrente da pilha, bifurcando-se, então, no ponto  $q$ , se divide em duas, uma, que continúa a propagar-se no sentido  $qpm$ , e outra, que toma a direcção  $qnm$ .

Posto isto, os dous pontos  $q$  e  $n$ , d'onde parte e onde vem ter o segundo conductor, receberão o nome de *pontos de derivação*; o intervallo  $qn$ , que os separa, o de *distancia de derivação*; e o fio  $qxn$  o de *fio de derivação*. A corrente, que percorre o fio  $qxn$ , se chama *corrente derivada*: a corrente, que percorreria o circuito  $qpm$ , antes da derivação, é a *corrente primitiva*: a que atravessa o mesmo conductor, depois da derivação, é a corrente parcial; e, finalmente, denomina-se *corrente principal* a totalidade da nova corrente, que percorre todo o circuito, quando se junctou o fio de derivação.

Pouillet, que fez numerosas indagações sobre as correntes derivadas, estabeleceu estas leis, que a intensidade da corrente derivada é directamente proporcional á intensidade da corrente primitiva e ao intervallo de derivação, mas na razão inversa da secção do fio neste intervallo, e tãobem na razão inversa da conductibilidade do mesmo fio.

## CAPITULO XVI

## ELECTRO-CHYMICA

## § I

## HISTÓRIA. NOMENCLATURA

As acções chymicas, produzidas pelas correntes electricas, são, principalmente, as decomposições. O estudo d'estas acções constitue a *electro-chymica*. Este interessantissimo capitulo da *physica*, fundado no anno de 1800, tem feito progressos tão rapidos, que já pode constituir uma sciencia, a qual veio elucidar e fecundar muitas theorias da *chymica* e que tem já ministrado á indústria muitas applicações importantes. A primeira decomposição, que a *electro-chymica* realizou, foi a da agua. Logo veremos, em que circumstancias esta descoberta foi feita por Carlisle e por Nickolson. Pouco tempo depois, Cruickshank decompoz alguns saes, e W. Henry diversos acidos. Em 1803, Hizinger e Berzelius estabelecerão, completamente, a existencia do transporte, que se faz para os polos da pilha, dos elementos separados nas decomposições. Em 1806, tiveram logar as primeiras experiencias de Davy, que tão rapidos passos fizeram dar á sciencia. Finalmente, Faraday, em 1832, descobriu as leis das decomposições *electro-chymicas* e assim conseguiu esclarecer um objecto, até então envolto em trevas.

Foi Faraday quem formou quasi toda a nomenclatura electro-chymica. Deu o nome de electrolyto (*lyó* separo) a toda a substancia decomponivel, directamente, pela corrente. Se a substancia não é decomposta senão secundariamente pela reacção dos elementos d'outra substancia decomposta pela corrente, a primeira não é electrolyto. Por exemplo, o acido nitrico, sendo atravessado por uma corrente, parece decompor-se em oxygeno e gaz nitroso; mas é provavel, que esta decomposição não seja, directamente, produzida pela corrente, e que, sendo a agua primeiramente decomposta, seo oxygeno vá para o polo positivo e seo hydrogeno para o polo negativo, onde, reagindo sobre o acido nitrico, lhe rouba oxygeno e o faz passar ao estado de gaz nitroso. Aquelle acido não seria, então, electrolyto. Chamão-se *electrolycaes* as substancias, que não se decompõem assim, senão em virtude de reacções secundarias.

*Electrolysar* significa decompor pela corrente; *electrolysação* ou *electrolyse* a accção de electrolysar; o adjectivo *electrolytico* tudo que se refere á electrolysação; *electrodo* (*hodos* caminho) qualquer ponto, por onde a corrente penetra em um corpo, e, por consequente, as extremidades dos reophoros da pilha; *anhodo* (*ana* para cima) o electrodo positivo; *cathodo* (*kata* para baixo) o electrodo negativo; *ions* os elementos separados pela electrolysação; *anion* o ion depositado no anhodo; *cathion* o ion depositado no

cathodo. Os ultimos cinco termos não estão, geralmente, adoptados.

§ II

ELECTROLYSE DA AGUA

Em 1800, Carlisle e Nickolson, havendo construido uma pilha de columna com discos de zinco e de prata, forão impressionados por um cheiro analogo ao que produz o hydrogeneo, que se evolve d'uma mistura de agua, acido sulphurico e zinco. Fazendo, então, passar a corrente através da agua, entre os electrodos sufficientemente aproximados, reconhecêrão, que se evolvia gaz hydrogeneo no polo positivo, e se manifestavão vestigios de oxydação no polo negativo.

Para fazer passar a corrente da pilha através da agua e decompol-a, usa-se hoje d'um pequeno aparelho, a que Faraday poz o nome de voltmetro, *fig. 144*. E' um vaso, cujo fundo é atravessado por duas laminas de platina, que se elevão dentro até 1 ou 2 centimetros. Deitámos-lhe agua acidulada com pequena quantidade de acido sulphurico; depois cobrimos as laminas de platina com campanulas cheias de agua e fazemos communicar as duas laminas com os polos da pilha. A electrolysação produz-se logo: o hydrogeneo eleva-se na campanula, que cobre o electrodo negativo, e o oxygeneo na que cobre o electrodo positivo: o volume de hydroge-

neo é o dobro do volume de oxygeno. Se empregassemos fios de cobre ou de qualquer outro metal oxydavel, o oxygeno fixar-se-ia no fio positivo e só o hydrogeno se evolveria.

A agua, se é pura, não se electrolysa senão pela acção das mais energicas baterias voltaicas: mas se contém acidos, alcalis ou saes, que augmentão sua conductibilidade, electrolysa-se facilmente. Uma pilha de Bunsen, de 4 ou 5 elementos, basta para a electrolysação, se junctarmos à agua um vigesimo de seo volume de acido sulphurico.

O acido azotico, o acido chlorhydrico, o chlorureto de sodio, e ainda outras substancias, não devem ser misturadas com a agua, para lhe augmentar a conductibilidade, se queremos, recolher os gazes provenientes da electrolyse. Se, por exemplo, empregamos o acido azotico, o hydrogeno não se evolve, no electrodo negativo; porque, á medida que o gaz afflue, decompõe o acido, produzindo agua e acido hypo-azotico.

### § III

#### ELECTROLYSE DOS OXYDOS

Todos os oxydos se electrolysão, como a agua, pela acção da pilha: o oxygeno se dirige sempre para o electrodo positivo, e o radical para o electrodo negativo. Fazemos a experiencia, pondo o oxydo sobre uma pequena lamina de platina, fixada ao rheophoro positivo, e tocando

em sua superficie com um fio de platina, preso ao reophoro negativo. Pequenos globulos metallicos apparecem depressa na extremidade d'este ultimo fio. A's vezes, pulveriza-se o oxydo, para facilitar a electrolisação; ás vezes, tãobem se humedece com agua, para lhe augmentar a conductibilidade: neste ultimo caso, a agua se electrolysa com o oxydo, e seo hydrogeneo vai com o metal para o polo negativo.

A decomposição dos alcalis exige fortissimas correntes electricas por causa das mui poderosas affinidades chymicas entre os elementos, que os formão. Foi H. Davy, que primeiro, em 1807, obteve esta decomposição, e, assim, tirou os alcalis da classe das substancias simples, na qual estavam ainda. Poz um fragmento delgado de potassa caustica, ligeiramente humedecida, sobre um disco de platina ligado ao polo positivo d'uma bateria de 250 pares, e tocou o alcali com o fio de platina do polo negativo: principiando o alcali a fundir-se no ponto de contacto, viu no extremo do rheophoro um pequeno globulo de potassio, reconhecido por seo brilho metallico. Para preserval-o da prompta oxydação occasionada pelo contacto do ar, practica-se na potassa uma pequena cavidade, que se enche de petroleo ou de oleo de naphita.

Tirando partido da affinidade do mercurio para os metaes alcalinos, Pfaff, Herschel e Seebeck empregárão baterias de 10 pares sómente. Faz-se em um fragmento de potassa caustica humedecida, uma cavidade, que se enche de mer-

curio; colloca-se a potassa sobre um disco de platina, que se prende ao polo positivo da bateria; e põe-se o mercurio em contacto com o polo negativo, cujo fio deve ser de ferro ou de platina: immediatamente se deposita um amálgama solido. Depois, distilla-se o amálgama, fora do contacto do ar, em vapores de oleo de naphtha para vaporizar o mercurio.

A favor do mercurio podemos decompor a soda com a mesma facilidade que a potassa, empregando algum de seus saes, especialmente o sulphato e o chlorato. As terras alcalinas também se decompõem a favor do mercurio, que se amálgama com o radical metallico.

#### § IV

##### DECOMPOSIÇÃO DO AMMONIACO

Um processo analogo ao que produzira a electrolysação da potassa, da soda e d'outros alcalis, conduziu Berzelius a admitir a existencia d'um metal, chamado ammonio, para base do ammoniaco ou alcali volatil. Lançando sobre mercurio uma solução concentrada de sal ammoniaco, viu o mercurio dilatar-se até adquirir cinco ou seis vezes seu volume primitivo, tomar consistencia butyrosa, aspecto semelhante ao amálgama de potassio e de sodio; e considerou este corpo como um amálgama de ammonio, objecto de tantos debates entre os chymicos.



Podemos obter este amálgama em maior quantidade e mais secco, enchendo de mercurio uma cavidade, feita em um fragmento de sal ammoniaco humedecido com agua, e fazendo commu- nicar, por meio de fios de platina, o mercurio com o polo negativo, o sal com o polo posi- tivo. O amálgama vai crescendo, gradualmente, e sae da cavidade, quando já o não pode conter.

§ V

ELECTROLYSE DOS ACIDOS E DOS SAES

*Electrolyse dos acidos.* Os acidos são tãobem electrolysados pelas correntes electricas; seo oxy- geneo vai para o polo positivo e seo radical para o negativo. Os hydracidos cedem, egualmente, à acção da pilha; mas, nestes corpos, é o radi- cal, que se dirige para o polo positivo e o hy- drogeneo para o negativo. Vemos, pois, que um dado corpo não se dirige sempre para o mesmo polo da pilha: o enxofre, por exemplo, vai para o polo negativo ou para o polo positivo, conforme provém da electrolysação do acido sulphurico ou do acido sulphydrico. O meio mais simples de produzir a electrolyse consiste em deitar o acido em um tubo com forma de syphão, *fig.* 142, e pôr em comunicação as duas extremi- dades do liquido com os polos da pilha.

*Electrolyse dos saes.* Todos os saes se ele- ctrolysão pela acção da pilha, sendo a electro- lyse umas vezes total, outras vezes parcial. Se

o acido e o oxydo são, difficilmente, decomponiveis, são separados pela pilha, indo o acido para o polo positivo e o oxydo para o negativo. Se o acido é, facilmente, reductivel, seo oxygeno se dirige para o polo positivo, e seo radical passa com o oxydo não decomposto para o polo negativo. Se o oxydo é, facilmente, decomponivel, seo metal vai só para o polo negativo e seo oxygeno se dirige com o acido para o polo positivo. Finalmente, se os elementos do acido e do oxydo não tem grande affinidade, o oxygeno d'elles vai para o polo positivo, e os radicaes para o polo negativo. Produzimos, facilmente, estas decomposições, operando, sobre uma solução salina, que introduzimos em um vaso; mas, então, a agua é electrolysada ao mesmo tempo que o sal.

Ha uma experiencia assaz curiosa, que se funda na electrolyse dos saes e nas mudanças de côr, que as substancias vegetaes soffrem pela acção dos acidos e dos alcalis. Deitámos uma solução de xarope de violas em um tubo com forma de siphão, *fig. 143*, misturámos com ella uma solução de sulphato de potassa ou de soda e fazemos passar através d'ella uma corrente da pilha. Algum tempo depois, o liquido, que cerca o fio positivo, toma uma côr ligeiramente vermelha, e o que cerca o fio negativo, esverdeia, fortemente, o que prova, que o sal se decompõe e que seos elementos se transportão para os dous polos da pilha.

§ VI

CIRCUMSTANCIAS QUE INFLUEM  
NAS ELECTROLYSAÇÕES

Tudo, que augmenta a conductibilidade, favorece a electrolysação. O calor torna a decomposição da agua e das soluções salinas muito mais facil e muito mais rapida, augmentando seo poder conductor. O acido sulphurico concentrado não é decomposto por uma corrente; a agua pura o é por pilhas muito poderosas; e alguns physicos até pensão, que este resultado é devido ao ar, que nella está dissolvido ou a vestigios de materias salinas ou alcalinas, que ella conserva depois de sua distillação em vasos de vidro. Mas, se com a agua misturâmos acido sulphurico, a decomposição d'aquella das duas substancias, que é em muito grande proporção, relativamente á outra, tem logar, porque o liquido é, então, bom conductor.

*Influencia do estado physico.* Os corpos compostos *seccos* são, em geral, muito máos conductores; por isso, muitos d'entre elles não podem ser electrolysados; mas, no estado de fusão ignea, tornão-se conductores e podem, então, ser decompostos pela pilha. Das investigações de Faraday resulta, que uma camada delgada de gelo basta para interceptar a corrente d'uma pilha muito poderosa, capaz de decompor a agua. Grande número de substancias offerecem a mesma particularidade. A substancia

secca-se e funde-se em uma capsula de platina fixada a um dos electrodos; e uma ponta de platina, fixada ao electrodo opposto, se mergulha na massa em fusão: então, a corrente passa e a decomposição tem logar. Logo, porém, que a massa se solidifica ou a ponta de platina se envolve d'uma camada solidificada, a acção cessa e a corrente é interceptada, como podemos reconhecer por meio d'um rheometro situado no circuito.

*Influencia das substancias misturadas.* A afinidade chymica das substancias, misturadas com o electrolyto, para os elementos, que elle contém, pode favorecer a sua decomposição. Faraday foi o primeiro, que assignalou esta influencia: Grove reconheceu, que a presença do oxygeno ou do hydrogeno em dissolução na agua favorece sua electrolysação. Becquerel verificou os seguintes resultados: um só elemento de Wollaston, incapaz de decompor a agua acidulada, a decompõe, quando se lhe mistura chloro, que obra por sua afinidade para o hydrogeno, que elle absorve, à medida que se evolve, ou quando se lhe mistura sulphato de protoxydo de ferro, que tende a combinar-se com o oxygeno. O mesmo physico deu o meio de comparar as afinidades de diferentes corpos para o hydrogeno e para o oxygeno, comparando as quantidades d'estes gazes, absorvidas em diferentes voltametros situados no mesmo circuito, e cuja agua continha chloro, bromo, iodo, ou um pouco de acido sulphurico. Operava com 10 a 20

paes de Wollaston, e havia oxygeno absorvido ao mesmo tempo que hydrogeno. Tirando dos volumes de gaz, e volvidos da agua acidulada, os volumes recolhidos em cada um dos outros tres liquidos, conhecia as quantidades de hydrogeno e de oxygeno absorvidas. Reconheceu, assim, que as tres substancias comparadas devem collocar-se, relativamente á sua afinidade para o hydrogeno, nesta ordem; chloro, bromo, iodo, e na ordem inversa, quanto á sua afinidade para o oxygeno; o que está de accordo com os dados da chymica.

§ VII

THEORIA DA ELECTROLYSE

Grotthuss explicou d'um modo ingenhoso as electrolysações. Exporemos sua theoria, tomando a agua para electrolyto.

Em primeiro lugar, admite-se, que os dous elementos da agua contêm certa quantidade de electricidade; que as moleculas de oxygeno estão electrizadas negativamente e as de hydrogeno positivamente; e que cada molecula de agua é formada d'uma molecula de oxygeno e d'uma de hydrogeno de dobrado volume.

Quando se mergulhão os dous electrodos *P* e *N*, *fig. 144*, em uma massa de agua, a electricidade do electrodo positivo actua por influencia sobre a primeira molecula de agua da fiada interposta aos dous electrodos; attrahe a molecu-

ia de oxygeno, que contém fluido contrário e repelle a de hydrogneo, que contém fluido do mesmo nome; fal-a, por conseguinte, gyrar de maneira que o oxygeno fique do lado do electrodo positivo e o hydrogneo do lado opposto. A primeira molecula de agua obra do mesmo modo sobre a segunda, a segunda sobre a terceira e assim, por diante, até a molecula contigua á electricidade negativa. A acção d'este electrodo concorre ainda para augmentar o effeito. As moleculas de oxygeno e de hydrogneo d'uma mesma molecula de agua estão, assim, sujeitas a duas forças contrárias; a força electrolytica da pilha, que tende a separal-as, e a afinidade chymica, que tende a unil-as. Ora, se a tensão da pilha é sufficientemente energica, a força electrolytica vence a afinidade; e, então, o oxygeno da primeira molecula de agua se dirige para o electrodo positivo, enquanto o hydrogneo da mesma molecula se une com o oxygeno da segunda. O hydrogneo da segunda molecula de agua combina-se do mesmo modo com o oxygeno da terceira, o hydrogneo da terceira com o oxygeno da quarta, e, assim, por diante, até ao electrodo negativo, que recebe o hydrogneo da molecula de agua contigua. Estas composições e recomposições se produzem, ao mesmo tempo, em todas as fiadas de moleculas interpostas aos dous electrodos, e tem lugar durante todo o tempo da passagem da corrente.

Nesta theoria, os corpos, de que a agua se

compõe, não experimentão nenhum transporte na massa líquida; as moleculas contiguas aos electrodos são as unicas, que deixão evolver seo oxygeneo e hydrogeneo.

A mesma theoria se applica á decomposição dos oxydos e dos acidos: o oxygeneo representa em todos os casos o papel de corpo *electro-negativo*, e o outro elemento o de corpo *electro-positivo*. Tãobem se applica á decomposição dos saes, e então o acido, que contém mais oxygeno do que a base, faz o papel de corpo *electro-negativo* em relação á base, que faz o papel de corpo *electro-positivo*.

## § VIII

### TRANSPORTE DE LIQUIDOS

Porret foi, quem observou o primeiro facto d'um transporte de liquido na sua totalidade, debaixo da influencia d'uma corrente. Dividiu um vaso de vidro em duas partes por uma membrana de bexiga, capaz de reter, completamente, um liquido, que se tenha deitado d'um só lado. Encheu uma das partes com agua commum, e nella immergiu o electrodo positivo d'uma pilha de cubos de 80 pares. Tãobem deitou uma pouca de agua do lado opposto, onde mergulhou o electrodo negativo. Viu a agua baixar a pouco e pouco do lado positivo, e elevar-se do lado negativo, de maneira que o nivel se apresentou, em pouco tempo, mais elevado que

do lado positivo. Outros líquidos derão os mesmos resultados; sempre o transporte se fez através do septo no sentido da propagação do fluido positivo. Para que a experiencia seja bem succedida, é necessario, que o liquido opponha certa resistencia á passagem da corrente: assim, Larive reconheceu, que o acido sulphurico diluido, que é bom conductor, não é transportado em quantidade apreciavel.

Becquerel produziu um transporte de liquido nas condições seguintes: dous tubos, contendo agua e argila diluida retida por um boccalho de gaze, são mergulhados, verticalmente, em um vaso cheio de agua um pouco salgada. Estes tubos recebem os electrodos d'uma pilha de cubos de 60 pares. Depressa vemos a argila arrastada turvar a agua por baixo do tubo, por onde entra a electricidade positiva.

## § IX

### LEIS DO TRANSPORTE DOS LIQUIDOS

Estas leis foram descobertas por Wiedemann. A *fig. 145* representa o apparatus, de que fez uso. O liquido está num vaso *VV* e num cilindro de argila porosa *a*, sobre que se acha masticada uma campanula de vidro *c*, tendo na parte superior um tubo *t*. O vaso poroso *a* está cercado por uma manga de platina *p*, communicando em *o'* com o electrodo positivo d'uma pilha de Daniell. Outra manga de platina está



dentro do vaso poroso; communica-se com o electrodo negativo da pilha por meio d'uma aste *o*, que atravessa a parede da campanula *c* por uma abertura guarnecida de mastique. Quando a corrente passa, o liquido sobe no interior do tubo *ct* e corre pelo tubo *l* para o frasco *f*. Depois de se ter certificado, que uma differença de pressão era incapaz de fazer passar o liquido através do vaso poroso, Wiedemann reconheceu que,

1.º As quantidades de liquido, transportadas em tempos eguaes, são proporçionaes ás intensidades das correntes. 2.ª são independentes da espessura e da superficie do vaso poroso. Fazia-se variar a espessura da parede, tirando matéria pela raspadura e modificava-se a extensão da superficie, cobrindo uma porção d'ella maior ou menor com um induto impermeavel. Operando com liquidos differentes, reconheceu-se, que a quantidade transportada augmenta com a resistencia do liquido.

Os resultados das experiencias, que precedem, devem depender da fricção, que os liquidos experimentão em sua passagem através dos poros do diaphragma. Wiedemann empregou outro methodo, que é independente d'esta influencia: fechou o tubo *t* e adaptou um manometro de mercurio *m* á extremidade do tubo *l*, e mediu a energia de acção da corrente pela differença de altura das columnas de mercurio no momento, em que esta differença não variava já. E' evidente, que por este meio não podião as experiencias ser

feitas senão sobre os líquidos, que não davão lugar, por sua decomposição, ao desenvolvimento de gases: por isso, forão feitas, principalmente, com soluções diversamente concentradas de sulphato de cobre. Ellas conduzirão ás leis seguintes:

1.º A força de transporte da corrente é medida por uma pressão proporcional á sua intensidade: 2.º proporcional á resistencia do liquido: 3.º proporcional á espessura do vaso poroso: 4.º esta pressão é na razão inversa da superficie d'este vaso.

As duas últimas leis não estão em contradicção com os resultados achados pelo outro methodo, se attendemos ás leis do corrimento dos líquidos pelos tubos capillares. Com effeito, a resistencia  $r$ , que estas especies de tubos oppõem á passagem dos líquidos, é proporcional ao seo comprimento, visto que a velocidade de corrimento é na razão inversa d'este comprimento, que é, aqui, representado pela espessura. Temos, pois,  $r = ne$ , sendo  $e$  a espessura, e  $n$  uma constante, que depende da natureza do vaso poroso e da extensão de sua superficie. A força, que se equilibra com a acção da corrente é, pois, egual á pressão  $h$  indicada pelo manometro, multiplicada pela resistencia  $ne$ , isto é,  $hne$ . Vemos, pois, que para uma mesma corrente  $h$  deve estar na razão inversa de  $e$ . Quanto á influencia da superficie do vaso poroso, vemos, que o valor de  $h$  deve ser tanto maior, quanto mais livre passagem dão ao liquido os poros mais numerosos.

Quando estudarmos as decomposições electro-chymicas, veremos outros phenomenos de transporte, que se manifestão nas substancias separadas umas das outras debaixo da influencia das correntes.

### § X

#### COMBINAÇÕES ELECTRO-CHYMICAS

As correntes não produzem sómente decomposições chymicas, tãobem, ás vezes, produzem combinações. Se, por exemplo, deitâmos mercurio em uma capsula de chlórhidrato de ammoniaco, e a collocâmos sobre uma lamina de platina, que communique com o polo positivo da pilha, vemos o mercurio augmentar, gradualmente, de volume, desde que immergimos em sua massa o fio negativo. O corpo, que se produz, tem consistencia de xarope; pesa especificamente mais do que a agua e forma crystaes cubicos na temperatura do gèlo fundente. Gay-Lussac e Thénard reconhecêrão, que este corpo era formado de mercurio, hydrogeneo e ammoniaco. Não subsiste senão debaixo da influencia da corrente: tantoque a corrente é interrompida, o hydrogeneo e o ammoniaco se evolvem e o mercurio retoma seo volume primitivo.

§ XI

LEIS DA ELECTROLYSE

As leis da electrolyse são assaz numerosas: não citaremos senão as mais importantes.

1.<sup>a</sup> *As correntes electricas produzem o mesmo effeito chymico em todos os pontos de seo circuito.* Demonstrámos esta lei, dispondo muitos voltametros uns após outros e prendendo seus fios de maneira que sejam todos atravessados pela mesma corrente. Achámos, com effeito, que todos dão a mesma quantidade de hydrogeneo em seus electrodos negativos e a mesma quantidade de oxygeneo em seus electrodos positivos. Este facto é independente da quantidade de acido, que deitámos na agua de cada um dos voltametros.

2.<sup>a</sup> *As correntes electricas produzem effeitos chymicos proporcionaes ás suas intensidades.* Demonstrámos esta lei por meio de tres voltametros *A*, *B*, *C*, em que se deita a mesma agua acidulada, e cujos fios se ligão, como a *fig.* 146 indica. Podemos fazer passar a corrente pelo voltmetro *A* sómente, unindo os fios *m* e *n* dos outros dous voltametros: tãobem podemos fazel-a passar sómente pelos voltametros *B* e *C*, unindo os fios *k* do voltmetro *A*. A corrente, que atravessa os dous voltametros *B* e *C* no segundo caso, tem, evidentemente, a mesma intensidade que a corrente, que atravessa o voltmetro *A* no primeiro, visto que as resistencias são

as mesmas: a corrente parcial, que atravessa cada um dos voltametros *B* e *C*, é, por consequencia, duas vezes menos intensa do que a que atravessa o voltmetro *A*. Ora, se medimos o volume dos gazes recolhidos durante o mesmo tempo em cada um dos dous casos, achámos, que cada um dos voltametros *B* e *C* contém duas vezes menos gaz do que o voltmetro *A*. D'aquí se conclue, que uma corrente produz um effeito chymico duas vezes menor, quando ella se torna duas vezes menos intensa. Se os fios, que formão os dous circuitos *kmN* e *knN* não fossem identicos em tudo, as duas correntes parciaes não serião eguaes, e, por consequencia, cada uma d'ellas não seria metade da corrente total; mas, então, achariamos, que a somma dos volumes dos gazes recolhidos em *B* e *C* seria igual ao volume dos gazes recolhidos em *A*, o que conduz ainda ao mesmo resultado.

Vemos, como consequencia da precedente lei, que as intensidades das correntes electricas podem ser medidas pelos effeitos chymicos, que ellas produzem na unidade de tempo.

3.<sup>a</sup> Quando fazemos actuar uma mesma corrente sobre varios corpos, que ella possa decompor, os elementos separados no mesmo tempo, tem pesos proporcionaes a seus equivalentes chymicos. Podemos demonstrar esta lei com um voltmetro ordinario, contendo agua acidulada, e diversos vasos, que contenhão, o primeiro uma solução de acetato de chumbo, em que mergulhão duas laminas de chumbo, o segundo

uma solução de sulphato de cobre, em que mergulhão duas laminas de cobre, a terceira uma solução de azotato de prata, em que immergem duas laminas de prata... Ligámos os fios do voltmetro ás laminas d'estes vasos, de maneira que se forme uma cadeia, cujas extremidades fazemos communicar respectivamente com os polos da mesma pilha. Produzimos, assim, uma mesma corrente em todo o circuito, e indagámos, no fim d'algum tempo, o peso do hydrogeneo, do chumbo, do cobre, da prata... que se dirigirão para os polos negativos de todos os voltmetros. Achámos, então, que estes pesos são proporçionaes aos equivalentes chymicos do hydrogeneo, do chumbo, do cobre, da prata...

A lei precedente, devida a Faraday, não se applica senão aos compostos, que tem a mesma composição chymica.

## § XII

### ÁRVORE DE SATURNO

Cita-se a árvore de saturno, como uma das applicações mais antigas da electro-chymica. Formámol-o, fixando na rolha d'um frasco, de largo gargalo uma lamina de zinco, bem como varios fios de cobre, que se desvião cada vez mais, a partir do poncto de contacto. Deitámos no frasco uma solução bem limpida de acetado de chumbo e fechámol-o com a rolha, de modo que

a lamina de zinco e os fios de cobre mergulhem no liquido. Immediatamente vemos pequenas palhetas de chumbo com brilho perfeitamente metallico deporem-se sobre o zinco e sobre os fios: depois augmentão a pouco e pouco em número e em largura e ao cabo d'um dia formão brilhantes ramificações, que se estendem por toda a massa.

A precipitação do chumbo sobre o zinco e sobre o cobre procede da acção chymica do zinco sobre o acetato de chumbo e da corrente electrica resultante d'esta acção. A acção do zinco sobre o acetato dá logar, desde o primeiro momento, á deposição de chumbo sobre o zinco e á formação d'um acetato de oxydo de zinco, que se dissolve; depois a corrente electrica, que d'aqui resulta, decompõe outra parte do acetato, transporta o chumbo sobre o cobre e traz o oxygeneo com o acido acetico para o zinco, afim de produzir nova quantidade de acetato de chumbo. A decomposição do acetato de chumbo e a revivificação do chumbo são devidas, por consequencia, a duas causas differentes.

## CAPITULO XVII

## GALVANOPLASTICA

## § I

## HISTÓRIA. DIVERSOS RAMOS DE GALVANOPLASTICA.

Muitos physicos havião notado, que, revivificando os metaes pela acção da corrente electrica, como vimos no que precede, se obtem depositos de apparencia e de constituição molecular muito differentes. A's vezes, o metal se apresenta debaixo da forma de pó negro incoherente, semelhante ao mais fino pó de carvão, ou antes de negro de fumo; outras vezes, é um pó, que alguma cousa tem de metallico, mas que, todavia, não mostra cohesão; outras vezes, enfim, se apresenta debaixo de sua forma ordinaria, com sua côr, brilho, tenacidade, e todas as outras propriedades: a árvore de saturno é um exemplo d'isto. A invenção da pilha de Daniell, pelos depositos de cobre, que dá, continuamente, teve a vantagem de expor, d'alguma sorte, todos os dias este phenomeno aos olhos dos physicos. Spencer, em Inglaterra, e Jacob, na Russia, são os primeiros, que tiveram a feliz idea de observar-o, com attenção, durante os annos de 1837 e 1838, e um e outro reconhecêrão, habilmente, o germe das numerosas applicações, que elle podia offerecer às artes. Depondo-se, debaixo de certas condições, o cobre toma com maravilho-



sa exacção a forma dos corpos, que o recebem; amolda-se sobre elles com tanta ou mais fidelidade do que a cera mais propria para receber impressões, e, comtudo, toma e conserva todas as suas propriedades metallicas, principalmente sua dureza e malleabilidade. E' este facto, que se tornou fecundo, e que deu origem á nova arte da *galvanoplastica*.

Devemos, aqui, acrescentar, que somos da opinião dos que adoptão esta expressão para designar d'um modo geral todos os depositos feitos por meio da electricidade, e que tomão a forma do electrodo ou do corpo, que os recebe; o que, de modo nenhum impede, que se empreguem outras expressões mais restrictas, para designar depositos, que se distinguem por seu destino e characteres. Neste modo de ver, a *galvanoplastica* abrange: a *galvanoplastica* propriamente dicta, que se refere ás estátuas, baixos relevos, medalhas, etc.: a *galvanotypia* ou *electrotypia*, que se referem aos *clichés*, ás laminas gravadas, etc.: a douradura, a prateadura, a platina-gem, a cobaltagem, a zincagem, etc., os depositos de oxydos, etc.; numa palavra, os *depositos preservadores*, que se applicão á superficie dos corpos, como um verniz, não só para lhes dar lustro e brilho, mas tãobem para tornal-os inalteraveis.

Feita esta divisão, vamos dar idea d'estes diferentes ramos de *galvanoplastica*.

§ II

GALVANOPLASTICA

O que acabámos de dizer, basta para fazer comprehender, que não ha um só objecto, um só corpo inorganico ou organico, que não possa cobrir-se com uma camada continua, que o envolva por todos os lados, e que, todavia, seja assaz delgada, para lhe conservar todos os seus delineamentos, ainda os mais delicados. Tome-mos para exemplo uma estatueta de gesso e vejamos, como lhe poderemos dar a apparencia d'uma estatueta de cobre. Para isto basta, evidentemente, mergulhal-a numa solução de sal de cobre, sulphato, azotato, etc. (prefere-se, em geral, o sulphato) e fazer com que se torne o electrodo negativo d'uma pilha, cujo electrodo positivo mergulhe na solução. Tanto que a corrente se acha estabelecida, o cobre vai depor-se sobre este electrodo em camada delgada, a qual vai, progressivamente, crescendo, e, quando tiver adquirido a desejada espessura, bastará fazer cessar a operação, retirar a estatueta, lavá-la, e enxugá-la. Se a operação tem sido bem conduzida, haverá em todos os pontos da estatueta uma camada igual de cobre, de  $\frac{1}{100}$ ,  $\frac{1}{20}$ ,  $\frac{1}{10}$  de millimetro de espessura, conforme a intensidade da corrente e a duração de sua acção.

Nada parece mais simples; ha, todavia, diver-

sas condições de bom exito, que é preciso agora indicar.

1.º O cobre se depõe sobre o electrodo, quando é conductor; mas o gesso é um mau conductor, sobre que não poderião formar-se senão depositos irregulares. Convem, pois, antes de tudo, tornar sua superficie perfeita e igualmente conductriz; o que se consegue de varios modos, por exemplo, com chumbo em pó excessivamente tenue, ou com pó de prata, ou com outras preparações analogas; é o que se denomina *metallizar* as superficies.

2.º O cobre se depõe muitas vezes em parcellas sem cohesão, e aqui importa, que a folha de cobre seja dura e malleavel. As qualidades do deposito dependem, principalmente, da intensidade da corrente, da temperatura do banho, e de seo grau de saturação; em geral, as correntes fracas dão um cobre tão malleavel, que o podemos cortar com a faca; para uma corrente mais forte, o deposito é mais duro; alem d'este limite, faz-se quebradiço, depois granuloso, crystallino, rugoso; emfim, pulverulento e sem cohesão sufficiente: convém, pois, escolher o número conveniente dos elementos, e, sob pena de ver mallograda a operação, observar a intensidade da corrente em suas relações com a temperatura, grau de saturação da solução e seo grau de acidez.

3.º A' medida que o depósito se faz, a solução se empobrece; assim, a natureza do deposito deve mudar, se não regulâmos a intensidade

sobre o grau de saturação. Mas ha uma invenção engenhosa, que remedeia estes accidentes; é a do *electrodo soluvel*; para electrodo positivo empregão se laminas de cobre, que se oxydão e passão ao estado de sulphato; assim, o electrodo positivo restitue ao banho tanto metal, quanto lhe tira o electrodo negativo, ou, pelo menos, se a compensação não é exacta, é bastante aproximada, para conservar ao deposito seo character.

4.<sup>a</sup> Importa, que o deposito seja exactamente uniforme e cresça com egual velocidade sobre todos os pontos da superficie; o que se consegue, d'uma parte multiplicando os pontos de prisão do electrodo negativo com os fios, que vão ao polo negativo da pilha, e da outra parte multiplicando tãobem os electrodos soluveis positivos, com a attenção de apresental-os ao electrodo negativo em pontos diversos e habilmente escolhidos e sobretudo em distancias convenientes, porquanto a intensidade das correntes derivadas, que se formão, então, é mais ou menos influenciada pelas distancias. Tãobem se tem notado, que mesmo a forma dos objectos e a curvatura das superficies facilitão os depositos; assim tendem a fazer-se, em geral, sobre as partes salientes, e são precisos cuidados particulares, para determinar sua formação nas partes concavas.

5.<sup>o</sup> Se o objecto, que tomámos para exemplo fosse de tal natureza, que se impregnasse da solução do sulphato de cobre durante o tem-

po, que ahi se acha immerso, antes de estar inteiramente coberto, seria necessario obviar a esta absorpção, preparando o objecto de tal modo, que se lhe dê sufficiente impermeabilidade.

Taes são, em geral, os principios, por meio dos quaes se consegue revestir de cobre, com maravilhosa perfeição, não só estatuetas ou grandes estatuas, mas tãobem os corpos mais variados; fructos de todas as especies, ramos, folhas, flores, animaes, etc. Mas, para garantia de bom exito requiere-se uma especie de habilitade, que não se adquire senão com a practica.

Comprehendemos já como, pelo mesmo meio, podemos facilmente reproduzir cada uma das faces d'uma medalha metallica: aqui, o electrodo é por si mesmo um excellente conductor; basta, pois, cobrir com cera a face, de que não queremos tomar a parte concava, e proceder como dissemos. Depressa teremos um excellente concavo da medalha, que por seo turno servirá de molde, para reproduzir o relevo. Mas, aqui, se apresenta nova difficuldade: não basta fazer o deposito, é necessario separal-o do molde, e obter um e outro perfeitamente intactos. A difficuldade parece tanto maior, que, se o molde não tem sua superficie viva e metallica, podemos recear, que deixe de ser assaz bom conductor. Comtudo, por diversos artificios conseguimos conciliar estas duas condições d'algu-  
ma sorte oppostas; pomos sobre a superficie do molde uma especie de *veo*, que impede a adhe-

rencia demaziadamente completa, sem impedir, que o deposito se forme com perfeita exacção; ora, é uma camada imperceptível de cera ou de substancia gorda, ora, como Boquillon imaginou, é o deposito ligeiro e quasi invisível, que em um instante pode formar o fumo branco produzido pela combustão d'uma substancia resinosa.

Uma estátua de bronze, de marmore ou de gesso, pode, egualmente, ser reproduzida: para isso, é necessario obter o modelo negativo por partes, ou em gesso, ou de qualquer outro modo, e reunir depois as diferentes peças: é neste molde, que se deita a solução, e se ajustão bem os electrodos positivos, para ser egual a espessura do relevo. Feita a operação, tira-se o molde. Outras vezes, em lugar de executar tudo com uma peça, executa-se por partés, que se reúnem, etc.

Para melhor fazer comprehender estes principios geraes, representámos, *fig. 147*, o apparelho usado nas pequenas operações de galvanoplastica, por exemplo, na reproducção d'uma das faces d'uma medalha. Recebido, na liga fusivel, o cunho exacto d'esta face, temos um *cliché* concavo, em que devemos fazer o relevo: primeiramente, cobrimos com cera ou verniz toda a superficie do *cliché*, em que não queremos receber o deposito, assim como a porção inferior da aste *b*, que serve para sustentalo no banho; em seguida, depois de ter limpo bem com uma escova toda a extensão da superficie, que

deve receber o deposito, dá-se-lhe o vco destinado a impedir a adherencia metallica demaziadamente completa. Feito isto, mergulha-se no banho de sulphato de cobre, defronte d'uma placa de cobre vermelho, tendo, pouco mais ou menos, as mesmas dimensões, sustentada por um fio *c*, e fazendo o officio de electrodo soluvel; então, estabelecem-se as communicações com um elemento de Bunsen, recebendo a placa de cobre o polo positivo, o *cliché* o polo negativo, e abandona-se a operação a si mesma, durante um ou dous dias, conforme a espessura, que queremos dar ao deposito; não falta senão retirar o *cliché* e separar o deposito da superficie, que o recebeu.

Gueyton introduziu, na galvanoplastica, numerosos e notaveis aperfeiçoamentos, sobretudo no tocante á preparação dos moldes destinados a receber os depositos. Conseguiu, por diversos modos, e, particularmente, pelo emprego da gutta-percha, fazer moldes, tendo a dupla propriedade de tomar, com admiravel nitidez, as mais delicadas impressões e de serem elasticos como gomma elastica.

### § III

#### ELECTROTYPYIA

Tem-se tentado reproduzir pela galvanoplastica as gravuras em cobre ou em aço, as imagens daguerreotypicas e photographicas.

*Gravuras em cobre.* A's vezes, obtemos resultados muito satisfactorios, preparando uma gravura em cobre, como precedentemente dissemos ácerca dos moldes, e mergulhando-a na solução, para fazer directamente o deposito sobre ella; outras vezes tomâmos o relevo, pela pressão, ou com laminas de chumbo, ou pelos methodos dos *clichés*. Mas até hoje não tem a indústria tirado grande partido d'estes ensaios.

*Gravuras em aço.* Não podemos, em geral, pol-as directamente na solução de sal de cobre: então tractâmol-as pela solução de cyanureto do brado de prata e de potassio, e assim, se depõe a prata em vez de cobre. Este relevo de prata, destacado e levado ao banho de sulphato de cobre, reproduz, fielmente, o concavo da lamina primitiva.

*Laminas daguerreotypicas.* tractadas directa ou indirectamente, não tem dado, até hoje, resultados, que promettão um futuro proximo a este genero de reproducção.

Os *clichés*, as *vinhetas typographicas*, se reproduzem muito fielmente; mas a galvanoplastica se acha, aqui, em concorrência com processos numerosos e muito economicos.

Kobbel de Munich imaginou desenhar sobre um metal conveniente com verniz de gravador ou qualquer outra composição analoga, variando os tons pela espessura das camadas; então prepara a placa, e, sendo preciso, *metalliza* o desenho, depois, mettendo-a na solução de cobre, faz sobre ella um depósito, que se torna, assim,



uma especie de lamina gravada, propria a reproduzir o desenho.

Em tudo que precede, não falámos senão de depositos de cobre; mas ha outros metaes, que tãobem podem com as precauções convenientes dar resultados analogos aos que tão facilmente se obtem com o cobre. Todavia, o cobre é para a galvano-plastica o metal por excellencia; quasi todos os outros são mais difficeis de tractar, excepto o ouro e a prata, e alguns ha, que se não tem podido obter em massas coherentes e malleaveis de espessura regular: o ferro é d'este número.

#### § IV

##### DEPOSITO DOS METAES EM CAMADAS DELGADAS, DOURADURA, PRATEADURA

Não podemos aqui entrar em todas as miudezas technicas, attinentes á arte do dourador, do prateador, etc.; o nosso fim é, simplesmente, indicar os principios, em que se funda a revivificação dos metaes preciosos, e sua applicação em camadas delgadas sobre outros metaes.

*Douradura pelo processo de Elkington.* Elkington imaginou o seguinte processo, para dourar o cobre e o latão. As peças, depois de convenientemente preparadas, suspendem-se a fios metallicos, e mergulhão-se em um banho ebulliente, composto de agua, acido azotico, acido chlorhydrico, ouro, e carbonato de potassa. As peças são mergulhadas nesta solução e agita-

das, brandamente, até estarem convenientemente douradas, o que exige sómente alguns instantes: lavão-se, depois, e immediatamente se secção por meio de serradura quente.

Nesta operação, o chlorureto de ouro multa de base, passa sobre o cobre para formar chlorureto de cobre, que se solve, e o ouro livre se prende á superficie do cobre, cujo logar vai occupar. O deposito é adherente, e não ha que recear, que tome uma espessura demaziadamente grande. Das experiencias de Arcet resulta, que o pèso de ouro deposto por decímetros quadrados de superficie varia de 30 a 40 milligrammas; na mesma extensão a douradura por mercurio varia de 50 a 250 milligrammas.

*Douradura galvanica.* Foi Larive, quem, nestes ultimos tempos, chamou a attenção dos physicos e dos chymicos para as vantagens, que se podião tirar das correntes electricas para a arte da douradura. As indicações, fornecidas por aquelle eminente physico, forão aperfeiçoadas por Elkington, Ruolz e Boquillon. Faz-se uma mistura de soluções de chlorureto de ouro e de cyanureto de potassio: esta mistura pode ser mais ou menos concentrada e mais ou menos quente. Na parede interior do vaso, que a contém, suspende-se uma lamina de ouro, que faz o officio de electrodo soluvel, e procede-se como na douradura, com a unica differença, que neste caso os fios, que sustentão as peças, são postos em relação com o polo negativo d'uma pilha, entretanto que o polo positi-

vo communica por diversos pontos com a lamina de ouro, de que acabámos de falar. Nesta operação, como nas que descrevemos para o cobre, a intensidade da corrente deve ser regulada por diversas condições relativas á temperatura do banho, ao seu grau de concentração em ouro e até em potassio, e, principalmente, á extensão das peças sujeitas, simultaneamente, á sua acção.

A prateadura practica-se do mesmo modo, empregando um banho de cyanureto dobrado de prata e de potassio.

A cobaltagem e a nickelagem se obtem do mesmo modo pelos cyanuretos dobrados d'estes metaes.

## § V

### DEPÓSITO DOS OXYDOS E COLORAÇÃO

Parece, que Priestley foi o primeiro, que estudou a coloração dos metaes por meio da electricidade. Seu processo consiste em fazer passar descargas electricas através de laminas polidas de metal, sendo a corrente dirigida por duas pontas oppostas e proximas das laminas, pouco mais ou menos, como na experiencia do furador de vidro. Parece, que o metal das pontas é destacado pela descarga e vem sobre a lamina formar anneis concentricos de differentes côres, que dependem da espessura da materia, que assim se estende e como que se encorpora com a que constitue a propria lamina.

Nobili também conseguiu colorar os metaes, mas por um processo, que não tem nenhuma relação com o precedente. Nobili empregava soluções metallicas ou mesmo soluções de succos vegetaes. A lamina de metal, sobre que as côres devião apparecer, era mergulhada na solução e posta em communicação com um dos polos da pilha, entretanto que o outro polo, formado d'uma ponta ou d'um fio muito fino, era apresentado a uma pequena distancia da lamina. Uma pilha, mais ou menos forte, dava uma corrente, a solução era decomposta, e a lamina se cobria, rapidamente, d'uma serie de anneis diversamente corados, de que a ponta formava o centro: ao lado d'esta serie fazia-se apparecer outra, deslocando a ponta, e toda a superficie da lamina depressa se cobria de côres, cujas gradações e disposição podião variar infinitamente. Erão, principalmente, as dissoluções dos saes de chumbo, que davão côres vivas e brilhantes. Mas, em geral, a coloração era mais viva, quando a lamina formava o polo positivo. Parece, que, neste modo de experiencia, os metaes oxydaveis formão camadas de oxydos mais ou menos espessas, e que os metaes não oxydaveis se cobrem de diversos productos óxygenados das soluções.

Becquerel, estudando, recentemente, este assumpto, conseguia, por methodos novos, resultados, que tem, talvez, algumas relações com os de Nobili, mas que parecem destinados a receber applicações mais extensas e mais importantes.

As experiencias de Becquerel versão sobre tres punctos, que vamos, successivamente, examinar: 1.º depósito de oxydo de chumbo sobre os metaes para lhes dar colorações variadas; 2.º depósito de oxydo de chumbo em camadas mais espessas sobre os metaes oxydaveis, para os tornar inalteraveis ao ar; 3.º depósito de peroxydo de ferro para obter o mesmo resultado.

*Coloração pelo oxydo de chumbo.* Ferve-se com lithargyrio uma solução de potassa caustica, de maneira que fique saturada de protoxydo de chumbo. Quando, depois de certo número de experiencias, deixa de estar saturado, ferve-se outra vez com lithargyrio, para se tornar a saturar: e como, ao mesmo tempo, uma parte da potassa absorveu o acido carbonico do ar, juncta-se uma pouca de cal, e filtra-se, para desembaraçal-a do carbonato de cal, que se precipitou.

Esta solução deita-se num vaso de vidro, e mergulha-se o objecto, que se tem de subjeitar á coloração. Depois, faz-se passar a corrente do modo seguinte: o objecto é sempre posto em relação com o polo positivo da pilha, e o polo negativo lhe é apresentado em distancias diversas, conforme os effeitos, que queremos obter. Muitas vezes, é necessario fazer communicar o objecto com o polo positivo, não por um só fio, mas por muitos, tendo punctos de prisão symmetricamente escolhidos segundo sua forma. Quanto ao polo negativo, é preciso, tãoobem, multiplical-o pela mesma razão.

A operação caminha rapidamente, dura apenas um ou dous minutos e, às vezes, menos.

Logoque, pelos movimentos habilmente combinados dos electrodos negativos, se derão às peças as côres desejadas, tirão-se do banho, lavão-se, immediatamente, e seccão-se.

Neste estado, as peças não conservarão seo brilho por muito tempo. Este inconveniente remedeia-se, cobrindo-as com um verniz, preparado com oleo de linhaça, lithargyrio e sulphato de zinco.

A theoria de Becquerel pode resumir-se do seguinte modo. Nas circumstancias, em que se opera, o oxydo de chumbo e a potassa formão um plombato de potassa, que se decompõe, como um sal ordinario, indo o oxydo de chumbo para o polo positivo, e a potassa para o negativo. Ao mesmo tempo a agua se decompõe; o oxygeneo da agua superoxyda o chumbo, e é o peroxydo, que d'aqui resulta, que se fixa sobre o metal do polo positivo com uma completa adherencia. Em camada tão delgada, este peroxydo é transparente: por um lado, deixa ver por transmissão a côr propria do metal, que elle cobre, por outra parte, actua como lamina delgada e deixa ver as bellas côres das bolhas de sabão. Ao mesmo tempo, o hydrogeneo do polo negativo é umas vezes evoldido, ao menos em parte, outras vezes, empregado em reduzir o oxydo de chumbo, para, sobre este polo, formar laminas de chumbo metallico.

Para depor uma camada espessa de oxydo

sobre os metaes oxydaveis, afim de tornal-os inalteraveis, Becquerel adoptou ainda a soluçãõ precedente, mas procedendo por outra forma. Esta soluçãõ é deitada em uma tina de vidro, no meio da qual está um vaso de porcelana porosa, cheio d'uma mistura de agua e acido azotico. O polo positivo d'um elemento ordinario communica com a peça, que se tem de cobrir, a qual mergulha na soluçãõ de chumbo e potassa: o polo negativo, que é um fio de platina, mergulha na soluçãõ azotica, e, em poucos momentos, a peça está toda revestida d'uma camada escura de oxydo, que é muito adherente.

Os depositos de peroxydo de ferro se fazem d'um modo analogo; a unica differença é ser o protoxydo de ferro dissolvido na ammonia: para isto, precipita-se pelo ammoniaco uma soluçãõ de proto-sulphato de ferro, privada de ar, e juncta-se bastante ammoniaco, para tornar a dissolver o protoxydo precipitado: é esta soluçãõ ammoniacal, que substitue a soluçãõ de potassa da experiencia precedente. Quanto ao mais, procede-se do mesmo modo.

## CAPITULO XVIII

### -OZONE

#### § I

#### DESCOBERTA DO OZONE

Em 1786, Van-Marum, havendo feito passar grande número de faiscas electricas através do oxygeno, contido em uma proveta, collocada sobre o mercurio, achou, que este gaz tinha adquirido um cheiro penetrante, que se aproxima dos do acido sulphuroso, do phosphoro e do gaz nitroso. Este cheiro foi considerado como pertencente á *materia electrica*. Um cheiro semelhante se nota na vizinhança das grandes machinas electricas em actividade. Pelo mesmo cheiro somos impressionados nas localidades, que acabão de ser feridas pelo raio. Van-Marum reconheceu tãobem, que aquelle oxygeno tinha adquirido a propriedade de oxydar, muito rapidamente, o mercurio a frio, chegando a ver, algumas vezes, o gaz diminuir um quinto de seo volume na proveta. Este último resultado foi attribuido a alguns vestigios de acido azotico, formado á custa d'um pouco de azote misturado com o oxygeno.

Estas experiencias estavam quasi esquecidas, quando Schönbein, em 1840, descobriu um facto novo, que veio trazel-as á memoria dos physicos. Observou, que o oxygeno, evolvido na



electrolyse da agua acidulada, por meio de electrodos de ouro ou de platina, possui um cheiro penetrante, que é, precisamente, o que Van-Marum havia observado. Consagrou-se, então, ao estudo circumstanciado do oxygeno dotado de cheiro e deu o nome de *ozone* à substancia, que elle suppunha misturada com este gaz e que lhe dava suas novas propriedades. Também achou o meio de obter o ozone por processos, puramente chymicos, fazendo passar uma corrente de ar ou de oxygeno humido sobre fragmentos de phosphoro. O ozone foi, depois, objecto dos trabalhos de outros muitos physicos, entre os quaes citaremos Marignac, Delarive, Becquerel.

## § II

### PROPRIEDADES DO OZONE

Schönbein achou, que o ozone gozava das seguintes propriedades:

1.º O oxygeno odoroso polariza uma lamina de ouro ou de platina, que nelle se mergulha bem secca. O sentido da corrente, que obtemos, mettendo a lamina em um liquido conductor com outra lamina do mesmo metal, que tem estado immersa no oxygeno ordinario, mostra, que a lamina polarizada é negativa em relação á outra. Basta aquecer a lamina polarizada ou mergulhal-a em uma atmospheria de gaz hydrogeneo, para lhe fazer perder sua polaridade, que, a não ser assim, ella conserva, durante certo tempo.

Podemos polarizar uma lamina de ouro ou de platina do mesmo modo, apresentando-a fria e secca ao pennacho luminoso, que sae d'uma ponta collocada sobre uma machina electrica.

2.º A agua não tem acção sobre o ozone, do mesmo modo que o acido sulphurico, o ammoniaco, a agua de baryta.

3.º O ozone destroe as côres organicas; comporta-se em numerosas reacções, como o chlo-ro e o bromo. Decompõe o iodureto de potassio: uma solução d'este sal absorve o oxygeneo ozonado e forma iodato de potassa; ha diminuição de volume, e o gaz, que fica, é oxygeneo ordinario. Um bocado de papel, imbe-bido em iodureto de potassio e posto em con-tacto com o oxygeneo odoroso, toma côr ama-rella, devida ao iodo, que se liberta. Se o papel é amidonado, toma côr azul. Esta reacção mi-nistra um meio muito commodo de verificar a presença do ozone.

4.º As affinidades do oxygeneo ozonado são, fortemente, exaltadas: quando está humido, oxy-da a maior parte dos metaes, levando-os ao seo maximo de oxydação. Faz passar os acidos sul-phuroso e azotoso ao estado de acido sulphuri-co e azotico; comporta-se, em muitos casos, co-mo os peroxydos de chumbo, de manganesio e de prata, e, principalmente, como a agua oxy-genada. O ar ozonado forma azotatos em pre-sença das bases energicas e da agua. Devemos notar, principalmente, a oxydação a frio da pra-ta e a do mercurio. Quando o gaz está sêcco,

não ha oxydação, nem mesmo com o cobre e com o zinco.

5.º Finalmente, E. Becquerel e Fremy reconhecerão, que o ozone altera, rapidamente, a gomma elastica, atravessa-a e a faz quebradiça.

Todas estas reacções, mesmo a do iodureto de potassio, não se produzem senão debaixo da influencia da humidade. Becquerel e Fremy encerrarão em tubos fechados com a lampada e cheios de oxygeneo secco, iodureto de potassio fundido, metaes seccos, e não houve nenhuma absorpção de gaz, depois d'uma longa serie de faiscas electricas, lançadas através do gaz, e que produzião ozone, como vamos ver.

### § III

#### CONDIÇÕES DA PRODUÇÃO E DA DESTRUIÇÃO DO OZONE

Schönbein observou, que o cheiro do ozone se não manifesta, durante a electrolyse da agua, senão no oxygeneo, que se evolve no polo positivo. Também se produz, quando este gaz se mistura com o hydrogeneo; mas sempre é necessario, que os electrodos sejam formados d'um metal não oxydavel, como o ouro e a platina, e que os acidos sulphurico, azotico ou phosphorico, ou certos saes oxygenados, tornem a agua conductriz. O ozone não se produz nas soluções de chloruretos, bromuretos e ioduretos. O gaz ozonado conserva indefinidamente seo chei-

ro e suas propriedades, quando o temos encerrado em um frasco bem tapado. Fazemos desaparecer todo o cheiro e reduzimos o oxygeno ao seu estado ordinario, lançando no frasco pó de carvão, mercurio ou um metal oxydavel pulverizado. O calor destroe também o ozone: se fazemos passar o gaz odoroso por um tubo aquecido a  $240^{\circ}$ , perde seu cheiro e o ozone é destruido: é, por isso, que se não produz, quando a agua, que se electrolysa, está quente. Andrews reconheceu, que, encerrado em um tubo levado a  $100^{\circ}$ , o ozone se destroe a pouco e pouco; desaparece, instantaneamente, quando o pomos em contacto com o vapor de agua ebulliente.

Marignac reconheceu, electrolysando a agua no vacuo, que a presença do azote não é necessaria para se produzir o ozone, como Schönbein havia pensado: mesmo quando a experiencia se tinha protahido por muitos dias e a quarta parte da agua se tinha decomposto, se produzia gaz odoroso, como no principio. Fremy e E. Becquerel chegarão ao mesmo resultado. A *fig. 148* representa o aparelho, de que usárão: a agua acidulada está no tubo em *U*, *ab*: *n*, *n'*, *n''*, são tubos de lavagem, em que é retido o acido sulphurico, que possa ser arrastado. O oxygeno odoroso escapa-se pelo tubo *T*, em que mettemos as substancias, que queremos subjeitar á sua acção. Marignac obteve o ozone muito mais rapidamente do que pelos processos electricos, fazendo passar ar *humido* por um tubo, contendo paos de phosphoro. O oxygeno puro

e sêcco é incapaz de tomar o cheiro do ozone nas mesmas condições. O mesmo acontece a respeito do acido carbonico, do hydrogeneo, do azote, puros. Estes gazes, porém, sendo misturados com o oxygeneo, communicão-lhe a propriedade de produzir ozone, passando sobre o phosphoro. Numa palavra, todas as vezes que a luz phosphorica se não mostra na obscuridade, não se forma ozone.

Fremy e E. Becquerel obtiverão ozone, como Marignac tinha obtido, por meio de faiscas electricas lançadas em oxygeneo sêcco. Empregarão este gaz, preparado pelos differentes methodos conhecidos e cuidadosamente purificado; introduzirão-no em tubos *a*, *a'*, *a''*, *fig. 149*, cujas extremidades erão depois fechadas com a lampada, e fizerão passar através d'elles uma serie de faiscas por meio dos fios de platina *b*, *n*, *n*, *c*. Reconhecêrão, que a proporção de gaz absorvivel pelo iodureto de potassio, é tanto maior, quanto mais longas são as faiscas e menor o volume do gaz. Tendo feito passar faiscas durante um tempo differente por tubos eguaes, observárão, que a proporção de gaz absorvivel augmenta, proporcionalmente, ao tempo, até á duodecima hora; mas, que, depois, esta proporção diminue; o que parece ser devido a que a faisca destroe o que antes produzira. Para transformarem todo o oxygeneo, procedêrão, então, de maneira que o gaz modificado fosse absorvido, á medida que se fosse formando. O oxygeneo estava contido em um pequeno eudiome-

tro *ab*, *fig.* 130, que assenta em um banho de iodureto de potassio: as faiscas passavão entre dous fios de platina *a* fixados á parte superior, e depressa o liquido enchia, totalmente, o tubo. Uma lamina de prata pode tãobem absorver todo o gaz, menos rapidamente, porêm, que o iodureto de potassio. O eudiometro repousa, então, em agua distillada e coberta, exteriormente, com uma camada de oleo, para evitar a dissolução do ar. Sem lamina de prata, esta agua não absorve nenhuma porção do oxygeneo transformado pela faisca. Devemos, finalmente, notar, que o oxygeneo odoroso, obtido pela electrolyse da agua, não contém senão muito pequena quantidade de gaz absorvivel, de tal modo, que o iodureto de potassio não produz, ahí, sensivel diminuição de volume.

Becquerel e Fremy obtiverão o ozone tãobem por meio da electrização por influencia: collocarão um tubo cheio de oxygeneo puro e fechado com a lampada, *fig.* 150, entre as pontas d'um excitador universal; fizerão passar, entre estas pontas, uma serie de faiscas, que lambem a superficie exterior do vidro. Immediatamente virão azular-se um bocado de papel amidonado e iodurado, contido no interior do tubo. Se o oxygeneo é substituido pelo hydrogeno, o papel não se colora; o que prova, que não é a electricidade, que decompõe o iodureto de potassio. A producção do ozone no oxygeneo sêcco e puro prova, que elle não contém compostos azotados ou hydrogenados.

§ IV

NATUREZA DO OZONE

A natureza do ozone é ainda muito obscura. Quando considerámos as numerosas propriedades d'este agente, as reacções energicas desenvolvidas debaixo de sua influencia, as circumstancias variadas, em que sua existencia se manifesta, não podemos deixar de nos lembrarmos d'esse antigo phlogistico, que servia para explicar uma classe inteira de phenomenos, e cujo nome a chymica pneumatica veio riscar da sciencia. Schönbein julgou, ao principio, que o ozone era uma substancia particular misturada com oxygeneo; até concebeu a idea de o considerar como o resultado da decomposição do azote, que elle suppunha necessaria para a sua producção. Considerou-o, depois, como um sobre-oxydo de hydrogeneo. Tendo, porém, sido o ozone produzido na ausencia do azote e no oxygeneo puro e sêcço. Marignac e Delarive, em 1845, explicarão as propriedades do oxygeneo ozonado, suppondo, que a electricidade reduz o oxygeneo ordinario a um estado molecular peculiar, em que suas affinidades são, fortemente, superexcitadas. Schönbein não tardou a perfilhar esta opinião, depois, corroborada pela experiencia de Fremy e Becquerel, que propozirão supprimir a palavra ozone e designar pelo nome de *oxygeneo eletrizado* o gaz, que apresenta o cheiro e as propriedades particulares, que acima enumerámos. Depois, Wil-

liamson e Osann affirmarã), que ha muitas especies de ozone: o que se produz na electrolyse da agua, seria um sobre-oxydo de hydrogeneo; o que é gerado por uma serie de faiscas electricas, seria acido azotoso; e o que se produz pelo contacto do phosphoro, seria uma mistura dos outros dous.

Em 1853, Baumert pretendeu estabelecer, que ha duas especies de ozone, uma, que se forma na electrolyse da agua, e que seria um super-oxydo com esta fórmula  $HO^3$ ; a outra, produzida pela faisca na ausencia de toda a humidade, seria oxygeneo electrizado. Th. Andrews, porém, reconheceu, que o oxygeneo ozonado não pode conter hydrogeneo, porque, então, daria agua, decompondo-se pelo calor. Ora, fez passar 9 litros de oxygeneo sêcco, proveniente da electrolyse da agua, para um tubo aquecido, em que o ozone era destruido, seguido d'um tubo em *U* contendo acido phosphorico, e o pêso d'este tubo não augmentou uma fracção de milligramma, entretanto que com a quantidade de ozone, que o oxygeneo continha, este peso deveria augmentar de 10 a 14 milligrammas, se o ozone fosse um composto, que tivesse esta fórmula  $HO^3$ . Também fez passar 40 litros de oxygeneo ozonado bem sêcco através de dous tubos de esferas de Liebig, o primeiro, contendo iodureto de potassio, e o segundo, acido sulphurico concentrado. O ozone se decompunha no tubo de iodureto, e a quantidade de iodo, posta em liberdade, fazia conhecer o pêso do oxygeneo absorvido



proveniente do ozone. Ora, este pêsó era igual ao augmento de pêsó dos dous systemas de espheras, isto é, á quantidade de oxygeneo, que havião retido. Se o ozone se compozesse de  $HO^3$ , uma parte do oxygeneo teria ficado no estado de agua, e a quantidade de iode isolado não teria sido tão grande. Andrews explica a discordancia entre seus resultados e os de Baumert pela influencia de vestigios de acido carbonico, cuja presença não se pode evitar senão com muito cuidado.

Das experiencias de Andrews resulta, que ha duas especies de ozone e que este agente não contém hydrogeneo. Vemos, pois, que a opinião mais plausivel, no estado actual da sciencia, é, que o ozone é um corpo composto, e que os effeitos, que se lhe attribuem, são produzidos pelo oxygeneo em um estado de actividade particular, provocado pela electricidade, e que podemos comparar com a que elle possui, quando se acha no estado nascênte.

§ V

#### DA PRESENÇA DO OZONE NA ATMOSPHERA

Schönbein achou, que o papel iodurado e amidonado se azulava a pouco e pouco debaixo da influencia do ar atmospherico, e d'aqui desumiu, que havia ozone habitualmente no ar. Esta coloração não é a mesma por toda a parte: não se manifesta ou é apenas sensivel nas cidades po-

pulosas, pelo contrario, manifesta-se no campo, principalmente nas localidades, em que ha muitas arvores. Tem-se instituido observações regulares do ozone da atmospherá e pretendeu-se achar coincidência entre a ausencia do ozone e a constituição medica de certas regiões, durante a última epidemia de cholera-morbus. Mas, as experiencias de Cloez mostram, que as causas da coloração do papel iodurado são tão numerosas, que nada podemos concluir a respeito da presença ou da ausencia do ozone na atmospherá. Assim, observou, que as exhalções, que se evolvem dos vegetaes, que fornecem oleos essenciaes á distillação, como as arvores resinosas, azulão, rapidamente, o papel iodurado. As essenciaes de terebenthina, de limão, de hortelan, de alfazema, misturadas com o ar, produzem os mesmos effeitos; recentemente distilladas, não actuão, quando não tem estado em contacto com o oxygeno. Vestigios de acido azotico ou de acido hypo-azotico bastão para azular o papel iodurado. Finalmente, o ar humido, debaixo da influencia d'uma luz intensa, produz o mesmo effeito: se mettermos tiras de papel iodorado em duas provetas e as suspendermos debaixo d'uma campanula cheia de ar humido e exposta aos raios solares, o papel faz-se azul em uma d'ellas, e, na outra, que se havia tornado opaca, por meio d'um envolvero de papel negro, fica branco.

As observações ozonometricas não poderão, pois, ter utilidade senão quando soubermos tornar em linha de conta as causas numerosas,

que podem obrar sobre o papel amidonado e iodurado, a que, impropriamente, se dá o nome de *reactivo ozonoscopico*, visto que pode colorar-se debaixo de diversas influencias na ausencia do ozone.

## CAPITULO XIX

### ELECTRO-DYNAMICA

#### § I

#### DESCOBERTA DA ELECTRO-DYNAMICA.

#### TABUA DE AMPÈRE

Pouco tempo depois da descoberta do electromagnetismo, Ampère descobriu um phenomeno novo, a acção das correntes electricas umas sobre as outras, e emprehendeu uma serie de bellas indagações theoricas e experimentaes, que o conduzirão á creação da sciencia nova, a *electro-dynamica*. Os apparatus, por meio dos quaes este physico illustre estabeleceu os principios d'esta sciencia e verificou as suas consequencias, receberam d'elle e d'outros physicos modificações numerosas destinadas a simplificar-os e a facilitar seo uso. Não podendo fazer conhecer todas as disposições, que forão, successivamente, empregadas, limitar-nos-emos a descrever as mais simples e as que são, mais geralmente, adoptadas. Ampère imaginára reunir em um só apparelho, que é conhecido pelo nome de *tabua de Ampère*, todas as peças necessarias para a reproducção da

maior parte das suas experiencias; mas a complicação d'estesapparelhos e a difficuldade de seguir a marcha das correntes através de todas as peças, que o compõem, o fizêrão abandonar, e hoje prefere-se usar de instrumentos distinctos para a demonstração de cada especie de phenomenos. Nas experiencias da electro-dynamica, muitas vezes é util mudar o sentido das correntes. Para este fim, imaginárão-se pequenos instrumentos muito commodos, designados pelo nome de *commutadores*. Descreveremos os principaes.

§ II

COMMUTADORES

Ampère imaginou o commutador de baioço, representado na *fig. 151*: *ab*, *a'b'*, *cd*, são sulcos practicados em uma tabua e cheios de mercurio, e *c'*, *d'*, duas cavidades cheias do mesmo liquido e unidas por uma tira de cobre *c'd'*, que cruza o sulco *cd*, passando por cima. Os polos da pilha se mettem no mercurio em *a*, *a'*, e as extremidades da parte *T* do circuito, na qual queremos mudar á vontade o sentido da corrente, se mettem nas cavidades *d*, *d'*. Se unimos *a*, *c*, e *c'*, *a'*, por arcos metallicos, a corrente caminhará, em *T*, no sentido *dTd'*. Se, pelo contrario, unimos *bd'* e *b'd*, a corrente caminhará como as flechas punctuadas. A disposição dos quatro arcos, que servem para estabelecer as communicações, se vê na *fig. 152*,

em perspectiva  $AB$ ; estão adaptados às extremidades de alavancas  $rr'$ ,  $rr'$ , fixadas, perpendicularmente, ao eixo  $oo'$ , por meio do qual podemos fazel-os agitar, para estabelecer as comunicações pelos arcos  $r$ ,  $r$ , ou  $r'$ ,  $r'$ , à vontade.

A *fig.* 153 representa um commutador muito mais simples, que Rumkorff imaginou. Um cylindro  $a$  de marfim está, em parte, cuberto de duas placas de cobre  $c$ ,  $c'$ , uma das quaes  $c$  communica com o apoio  $o$ , ao qual se prende o fio positivo da pilha, a outra com o apoio  $o'$ , ao qual se prende o fio negativo. Duas molas oppostas se apoião sobre o cylindro; a primeira  $r$ , communica, em  $i$ , com uma das extremidades do circuito; a outra, em  $c'$ , com a outra extremidade. Na posição figurada do cylindro, a corrente entra em  $o$ , passa, pela placa  $c$ , para a mola  $r$ , percorre o circuito, e volta à pilha por  $c'$ , placa  $i'$  e apoio  $o'$ . Se fazemos gyrar o cylindro  $a$   $180^\circ$ , por meio do botão  $B$ , de maneira que a placa  $i'$  se ponha em contacto com a mola  $r$ , e a placa  $c$  com a mola opposta, a corrente passará de  $c$  para  $c'$  e voltará à pilha pela mola  $r$  e apoio  $o'$ . Se as molas se apoião sobre o marfim, a corrente é interrompida.

No commutador da *fig.* 154, dous pares de laminas de latão  $ll'$ ,  $ll'$ , são sustentadas por columnas  $o$ ,  $o'$ , às quaes se prendem os fios da pilha: estas laminas se apoião por sua extremidade livre sobre quatro peças de metal, que communicão, por meio de fios obliquos, dous

dos quaes se cruzão, sem se tocarem, com os botões  $a, a'$ , que recebem as extremidades do circuito. Um cylindro de madeira,  $c, c'$ , movel á roda de seo eixo, tem eminencias, que levantão as laminas  $l, l'$ , ou as laminas  $l, l''$ , conforme a manivella está collocada como na *figura*, ou do lado opposto. Quando as laminas  $l, l''$  são as unicas levantadas, a corrente segue a direcção das frechas. Quando se abaixão por sua elasticidade, e as laminas  $l', l''$ , se levantão por seo turno, a corrente segue em  $T$  a direcção opposta. Quando a manivella é perpendicular á tabua do instrumento, o cylindro  $cc'$  apresenta uma eminencia ás quatro laminas ao mesmo tempo e a corrente é interrompida.

### § III

#### CORRENTES PARALLELAS

Duas correntes parallelas não podem estar na presença uma da outra sem exercerem acção reciproca mais ou menos viva, que depende da distancia, intensidade e comprimento d'ellas. Esta acção, considerada sómente em relação á direcção dos effeitos, está sujeita a esta lei geral muito simples. Duas correntes parallelas atrahem-se, quando vão no mesmo sentido, e se repellem, quando vão em sentido contrario. E' o que vamos demonstrar por meio do seguinte apparelho.

*abcdef, fig. 153*, é um fio de cobre dobrado

em rectangulo, cujas extremidades se adaptão aos dous vasos  $x$  e  $y$ , em que terminão as duas columnas  $t$  e  $v$ : a corrente, que entra pela columna  $t$ , o percorre no sentido das frechas, para sair pela columna  $v$ : então, as correntes de  $t$  e de  $de$  caminhão no mesmo sentido, subindo, as de  $v$  e de  $bc$  caminhão no mesmo sentido, descendo, e ha uma viva attracção, que reconduz, continuamente, o rectangulo á posição, em que o lado  $de$  se acha perto de  $t$ , e o lado  $bc$  perto de  $v$ . Logo, as correntes, que vão no mesmo sentido, se attrahem.

Substituindo o rectangulo da *fig. 156* ao da *fig. 155*, temos, neste rectangulo e nas columnas, correntes, que vão em sentido contrário, e observámos uma repulsão. Logo, as correntes, que vão em sentido contrário, se repellem.

Nestas experiencias é necessario dispor os aparelhos de maneira, que o movimento do rectangulo não possa attribuir-se á acção da terra, a que está sujeito, como vimos precedentemente.

A intensidade d'estas attracções e repulsões é, evidentemente, proporcional ao comprimento dos lados verticaes do rectangulo, e ao quadrado da intensidade da corrente, que está em circulação no aparelho; estaria tãobem na razão inversa da simples distancia, se as columnas  $t$  e  $v$  podessem reputar-se com um comprimento infinito em relação ao comprimento das correntes, sobre que obrão.

Quando um fio está dobrado sobre si mesmo,

*fig.* 157, de maneira que dê passagem a duas correntes eguaes e contrárias, seo effeito attractivo e repulsivo é evidentemente, nullo, porque as exerce, quer sobre os imans, quer sobre as correntes, se destroem sempre por serem eguaes e oppostas.

§ IV  
CORRENTES SINUOSAS

A acção de qualquer corrente sinuosa é equivalente á d'uma corrente linear do mesmo comprimento e intensidade, comtanto que estas acções se exerção numa distancia muito grande em relação á amplitude das sinuosidades. E' o que se demonstra por meio da columna da *fig.* 158, que se compõe d'uma lamina de metal e d'um fio de cobre revestido de seda, communicando com seo vertice e descendo, sinuosamente, como a *figura* representa. Esta lamina pode collocar-se a alguma distancia da columna v, e, então, quando a corrente tem descido por esta columna, faz-se subir pela lamina, para tornar a descer pelo fio, e não se percebe, que este systema exerça a menor acção sobre o rectangulo móvel, de que está muito vizinho. Assim, a lamina e o fio sinuoso representam simplesmente uma corrente descendente, cujos effeitos se destroem: logo, a acção do fio sinuoso é somente equivalente á da lamina.

D'aqui resulta, que sempre podemos substituir uma corrente curvilinea de pequena exten-



são, ou por sua corda ou por suas duas projecções fazendo entre si qualquer angulo. Se o fio sinuoso da experiencia antecedente estivesse enrolado em espiral, seo effeito sobre o rectangulo seria ainda igual ao da corrente linear: comtudo, não deveriamos concluir, que uma espiral poderia sempre ser substituida por um fio, mas sómente que, no caso sujeito, sua resultante é a mesma.

### CORRENTES CRUZADAS

Chamão-se *cruzadas* as correntes, que não são parallelas, quer se achem no mesmo plano e suas direcções possam encontrar-se, quer estejam em planos differentes e suas direcções não possam encontrar-se. No primeiro caso, o ponto de cruzamento é o ponto de encontro; no segundo caso, é um dos pontos da mais curta distancia das duas correntes. Duas correntes cruzadas tendem sempre a tornar-se parallelas para caminharem no mesmo sentido, ou, por outros termos, ha attracção entre as partes, que vão uma e outra aproximando-se, ou uma é outra desviando-se do ponto de cruzamento; e repulsão entre as partes, que vão, uma desviando-se e outra aproximando-se d'este mesmo ponto.

Assim, sendo *ab* e *cd*, *fig. 159* duas correntes, cujo ponto de cruzamento é *r*; ha attracção

entre as duas partes  $ar$  e  $cr$ , porque se aproximão de  $r$ , e entre as partes  $br$  e  $rd$ , porque se desvião d'elle; mas ha repulsão entre  $ar$  e  $rd$ , porque uma se aproxima e a outra se desvia de  $r$  e repulsão semelhante entre  $cr$  e  $rb$ , pela mesma razão.

O aparelho das *fig. 160 e 161*, serve para demonstrar esta proposição. Em um disco de madeira ha dous sulcos simi-circulares, separados pelos septos não conductores  $a$  e  $b$  *fig. 161*; no centro eleva-se uma ponta, sobre que descansa um ponteiro de cobre  $cd$  muito moavel, cujos extremos recurvados são de ferro e mergulhão no mercurio dos sulcos: um pouco abaixo d'este ponteiro ha outro  $ef$ , que se faz andar com a mão, e cujas extremidades mergulhão também no mercurio dos sulcos: a corrente, que entra pelo vaso  $x$ , passa pelos dous ponteiros e vai sair pelo vaso  $y$ . Mostra-se a repulsão, pondo os ponteiros nas posições  $cd$  e  $ef$ , *fig. 161*, e sendo levados pela attracção a qualquer outra posição, em que o angulo  $crf$  seja menor que um angulo recto.

D'aqui resulta, que uma corrente angular  $abc$ , *fig. 162*, tende a endireitar-se, porquanto as partes  $ab$  e  $bc$  se repellem.

Esta repulsão não tende sómente a levar  $bc$  ao prolongamento mesmo de  $ab$ ; também se exerce, quando esta condição se acha preenchida, isto é, quando as porções contiguas d'uma mesma corrente rectilinea se repellem. Esta consequencia, que é importante na theoria de Ampère

re, não parece a Pouillet, que esteja demonstrada d'um modo completamente satisfactorio. Eis o aparelho, de que se faz uso: um vaso, cheio de mercurio, está separado em duas partes por um septo não conductor *ab*, *fig. 163*, um fio de cobre revestido de seda está dobrado para passar d'um para outro repartimento, apresentando em cada um d'elles um ramo horizontal paralelo ao septo: este ramo acha-se revestido de cera, excepto a extremidade, em que se curva um pouco para mergulhar no mercurio. Fazendo chegar os dous polos da pilha ao prolongamento dos dous ramos do fio, vemos todo o fio recuar e parecer annunciar uma repulsão entre a parte da corrente, que penetra no fio e a que ainda está no mercurio. Mas, não sabemos bem, de que modo a corrente passa d'um liquido para um solido, para que esta consequencia seja, inteiramente, rigorosa: bastaria, por exemplo, que uma porção da corrente se apresentasse, obliquamente, ao fio, para que certa repulsão devesse ter lugar.

§ VI

ROTAÇÃO D'UMA CORRENTE PELA ACÇÃO  
D'OUTRA CORRENTE

Concebamos uma corrente fixa indefinida *ab*, *fig. 164*, e uma corrente *cd*, movel, parallelamente a si mesma: sendo *r* o ponto de cruzamento, haverá attracção no angulo *brd* entre as partes *rb* e *cd*, que se vão afastando uma e ou-

na do vertice do angulo ou do ponto de cruzamento; haverá, pelo contrario, repulsão no angulo *ard*, porque a parte *ar* se aproxima, entretanto que a parte *cd* se afasta: estas duas forças dão origem a uma resultante parallelá a *ab*, que tende a impellir, incessantemente, a corrente *cd* de *a* para *b*.

Se a corrente fixa *ab* se dobra em círculo, é, então, evidente, que *cd* deverá gyrar indefinidamente, em virude da mesma acção. E' o que se realiza no apparelho representado pela *fig. 165*.

*azsb*, *fig. 166*, é uma fita de cobre revestida de seda, dobrada em helice e adaptada em torno do vaso de cobre *v*; *ci* é um conductor communicando com o pé da columna *p*, que sustenta o fio *m*, e *d* communica com o vaso *v*. Se pomos o polo positivo da pilha em *a* e o polo negativo em *d*, depois de ter estabelecido uma communicação de *b* para *c*, e enchido o vaso *v* de agua acidulada, temos uma corrente, que caminha na helice de *z* para *s*, contornando o vaso, e que desce pelos ramos verticaes do fio, e este entra a gyrar segundo *zis*: se, pelo contrario, pomos o polo positivo da pilha *b* e o polo negativo em *d*, depois de ter estabelecido uma communicação de *a* para *c*, então a corrente caminha na helice de *s* para *z*, dando volta á roda do vaso: é sempre descendente nos ramos verticaes do fio, que, então, gyra em sentido contrario, isto é, segundo *siz*. Esta inversão basta, para mostrar, que a rotação não é devida á acção da

terra; porquanto, sendo a corrente sempre descendente no fio, a terra a faria sempre girar no mesmo sentido.

Outra consequencia do mesmo principio é devida a Savary: quando em um vaso de cobre, analogo ao precedente, mas sem hélice, dispomos o apparelho da *fig. 167*, tãobem observamos uma rotação continua, que se explica da maneira seguinte: sendo não conductor o ramo vertical *n* do fio, a corrente desce sómente pelo ramo *l*, e percorre a fita de cobre no sentido *abc*; porque esta fita é interrompida de *c* para *a* por uma lamina de marfim: da fita a corrente se dirige, já para as bordas, já para o fundo do vaso, atravessando o liquido, e, podendo estas correntes parciaes do liquido ser consideradas como fixas em relação á fita movel, vemos que esta deve girar no sentido *cba*, e que ainda gyraria no mesmo sentido, se a corrente passasse do liquido para a fita, em vez de passar da fita para o liquido. Para inverter o sentido da rotação, seria necessario interromper a fita á esquerda de sua junção com *l*, em vez de interrompela á direita: é o que a experiencia effectivamente confirma. Quando, porém, a fita é continua, como no apparelho da *fig. 168*, as correntes do liquido cessão de ter influencia, ou antes suas influencias se destroem, porque é facil ver, que são eguaes e oppostas.

## § VII

ACÇÃO DIRECTRIZ D'UMA CORRENTE INDEFINIDA  
SOBRE UMA CORRENTE FINITA

Sendo  $ABCD$ , *fg.* 169, uma corrente rectangular, movel em tórno d'um eixo vertical  $KH$ , e  $PQ$  uma corrente horizontal, fixa e indefinida, a corrente fixa tende a collocar a corrente movel em uma posição parallelá a  $PQ$ , e tal que nos fios  $CD$  e  $PQ$  o sentido das duas correntes seja o mesmo.

Este principio, que se verifica pela experiencia, é uma consequencia dos dous principios, acima expostos sobre as correntes angulares. E', com effeito, facil, ver, pela direcção das correntes nos fios  $PQ$  e  $ADCB$ , que a porção  $PH$  da corrente fixa obra por attracção sobre as duas partes  $AD$  e  $DH$  da corrente movel, visto que as correntes vão aproximando-se. A porção  $HQ$  actua ainda do mesmo modo sobre as partes  $BC$  e  $HC$  da corrente movel, visto que as correntes se vão afastando. Logo, a corrente movel tende a vir collocar-se em um plano paralleló a  $PQ$ , de maneira que, segundo  $CD$  e  $PQ$ , as correntes tenham o mesmo sentido. Se, indo sempre a corrente movel no sentido das frechas, a corrente fixa se dirigisse de  $Q$  para  $P$ , todas as attracções, acima indicadas, se transformarião em repulsões, e a corrente movel, depois de ter feito meia revolução, viria ainda collocar-se em um plano paralleló a  $PQ$ , de maneira que na parte

*CD* a corrente seria do mesmo sentido que a corrente *QP*.

Os mesmos principios se applicão á corrente circular *EF*, *fig. 170*.

### § VIII

#### SOLENOIDES

Dá-se o nome de *solenóide* a um systema de correntes circulares, eguaes e parallelas, formadas d'um mesmo fio de cobre, revestido de seda, e dobrado em helice, *fig. 171*. Todavia, para que um solenóide seja completo, é mister, que uma parte *BC* do fio esteja na direcção do eixo no interior da helice. Com esta disposição, sendo o circuito percorrido por uma corrente, a acção do solenóide, segundo o que dissemos acerca das correntes sinuosas, é, no sentido de seu comprimento *AB*, destruida pela da corrente rectilinea *BC*. Esta acção é, pois, nulla no sentido do comprimento, e, por consequencia, o effeito do solenóide equivale, rigorosamente, em uma direcção perpendicular ao eixo, ao d'uma serie de correntes circulares, eguaes e parallelas.

*Acção das correntes sobre os solenoides.* Evidentemente, applicando-se, a cada um dos circuitos d'um solenóide o que dissemos da acção das correntes rectilineas fixas sobre as correntes finitas, rectangulares ou circulares, d'aqui resulta, que uma corrente rectilinea deve ten-

der a dirigir seus circuitos, parallelamente a si mesma. Para verificar este facto pela experiecia, constroese o solenoide, como mostra a *fig. 172*, de maneira que o possamos suspender por duas pontas nas cavidades, *n* e *p*, do apparatus representado na *fig. 128*. O solenoide é, então, muito movel á roda d'um eixo vertical, e se dirigimos por baixo, parallelamente ao seo eixo, uma corrente rectilinea, que ao mesmo tempo passa pelos fios do solenoide, vemos este girar e cruzar-se com a corrente, isto é, tomar tal posição, que seus circuitos se achão parallelos á corrente fixa, e, de mais, na parte inferior de cada uma d'elles, a corrente é do mesmo sentido que no fio rectilineo.

Se, em lugar de fazermos passar, horizontalmente, uma corrente rectilinea por baixo do solenoide, a fazemos passar, verticalmente, ao lado, observámos uma attracção ou uma repulsão, segundo as duas correntes são do mesmo sentido ou de sentidos contrarios no fio vertical e na parte do solenoide mais vizinha.

*Accões mutuas dos solenoides.* Quando fazemos actuar um sobre o outro dous solenoides atravessados por uma corrente assaz poderosa, um que temos na mão, outro movel á roda d'um eixo vertical, passando por seo centro de figura, observámos, entre as extremidades d'estes dous solenoides, phenomenos de attracção e de repulsão identicos aos que os polos dos imans apresentam entre si. Estes phenomenos se explicão pela direcção relativa das correntes na ex-



tremidades postas em presença. Finalmente, veremos depressa, que se produzem entre os solenoides e os imans os mesmos phenomenos de attracção e de repulsão que entre os mesmos imans.

*Acção directriz da terra sobre os solenoides.* Se pomos nas cavidades *n* e *p* do apparatus da *fig. 128*, o solenoide de suspensão representado na *fig. 173*, e que, primeiramente, dirigimos fora do meridiano magnetico, observámos, que, logoque uma corrente assaz energica passa pelo solenoide, este entra em movimento e vem a parar numa direcção tal que seo eixo é paralelo á direcção da agulha de declinação. Demais, na parte inferior das correntes circulares, que compõem o solenoide, a corrente se dirige de este para oeste. A acção directriz da terra sobre os solenoides é, pois, a consequencia da que ella exerce sobre as correntes circulares. Nesta experiencia, dirigindo-se o solenoide como uma agulha magnetizada, dá-se o nome de *polo austral*, do mesmo modo que nos imans, á extremidade, que se dirige para o norte, e de *polo boreal* á que se dirige para o sul.

*Acções mutuas dos imans e dos solenoides.* Já vimos as attracções e as repulsões, que, reciprocamente, exercem os solenoides: os mesmos phenomenos se manifestão entre os imans e os solenoides. Com effeito, se, a um solenoide movel e atravessado por uma corrente, apresentâmos um dos polos d'uma grossa barra magnetizada, ha repulsão ou attracção, conforme os

polos do iman e do solenoide, que pomos em presença. são do mesmo nome ou de nome contrário. Reciprocamente, o mesmo phenomeno se dá, se a uma agulha magnetizada movel apresentâmos, um solenoide, que temos na mão, entretanto que é atravessado por uma corrente. A lei das attracções e repulsões dos imans se applica, pois, exactamente ás acções mutuas dos solenoides e dos imans.

### § IX

#### ACÇÃO DA TERRA SOBRE AS CORRENTES

A terra obra sobre as correntes móveis, como uma corrente fixa, dirigida de este para oeste, perpendicularmente ao meridiano magnetico e principalmente accumulada para o lado do equador: por consequencia, esta corrente pode reputar-se rectilinea, indefinida e situada em uma distancia infinita dos conductores móveis. Então para verificar o facto, que acabâmos de enunciar, basta verificar as suas diversas consequencias.

*Accção da terra sobre uma corrente horizontal, movel em tórno d'um eixo horizontal.* Sabemos pelo calculo, que a accção d'uma corrente, que percorre um circulo ou uma linha recta indefinida, sobre uma porção de corrente infinitamente pequena é sempre perpendicular a esta última: d'aqui se segue, que qualquer corrente rectilinea, sujeita á accção da terra, será, constantemente, solicitada por forças pa-

ralladas entre si em toda a extensão do conductor, por causa da grande distancia, em que se acha a corrente do globo. Assim, uma corrente horizontal, livremente suspensa, não deve tomar nenhum movimento no sentido de seu comprimento, mas transportar-se, parallelamente, a si mesma, segundo o sentido da corrente.

Faraday verificou este facto, suspendendo a um fio de seda muito comprido um fio metallico horizontal, cujas extremidades recurvadas mergulhavam, cada uma d'ellas, em um vaso com mercurio. Em todos os azimuths o fio metallico avançava, como se fosse puxado por forças eguaes, parallelas, e perpendiculares á direcção de fio. Pelo que precede, a corrente movel deve ser repellida para o norte, se ella vai de oeste para este, e attrahida para o sul, se vai de este para oeste. E' o que effectivamente tem lugar.

*Accção da terra sobre uma corrente vertical movel em tórno d'um eixo vertical.* Pelo que dissemos, a corrente vertical deve dirigir-se para este, se é descendente, e para oeste, se é ascendente. Este facto pode verificar-se por meio do conductor e do apparatus, *fig. 174*. O plano do conductor se dirige, parallelamente ao meridiano magnetico, e se empregámos o conductor *fig. 175*, o apparatus fica em equilibrio em todas as posições possiveis.

*Accção da terra sobre uma corrente horizontal movel em tórno d'um eixo vertical.* Se a corrente é movel em tórno d'uma de suas extremidades,

deve gyrrar d'um modo continuo e com movimento uniforme. Verifica-se este facto por meio do conductor movel, que se colloca sobre o aparelho. O effeito sobre as correntes verticaes é nullo, e a rotação tem logar de este para oeste, passando pelo sul, quando a corrente tem logar da circumferencia para o centro, e de oeste para este, passando pelo sul, quando a corrente tem logar do centro para a circumferencia.

A propriedade de tomar, ora um movimento de rotação continuo, ora uma posição fixa de equilibrio, pela influencia da terra, não pertence unicamente ás correntes horizontaes ou verticaes. Com effeito, quando uma pequena corrente rectilinea, situada de qualquer modo no espaço e sujeita á influencia da terra, é sollicitada por uma força perpendicular á sua direcção, se esta pequena corrente é movel em tórno d'um eixo, poderá acontecer de duas cousas uma: ou, em certa posição, a direcção da força encontrará o eixo, ou não o encontrará: no primeiro caso, haverá uma posição fixa de equilibrio, no segundo caso a rotação seria continua. O primeiro caso é realizado por uma corrente horizontal, movel em tórno d'um eixo horizontal ou por uma corrente vertical, gyrrando á roda d'um eixo vertical; o segundo por um conductor horizontal, gyrrando á roda d'um eixo vertical.

*Accção da terra sobre uma corrente, que segue uma curva fechada, suspensa de modo que gyre á roda d'um eixo vertical.* O plano

da curva deve dirigir-se, perpendicularmente ao meridiano magnetico. Este facto se verifica por meio do conductor movel, *fig. 176*, suspenso nos vasos do aparelho, *fig. 128*: logo que a corrente se estabelece, o conductor se colloca, perpendicularmente ao meridiano magnetico, de maneira que a corrente ascendente fique para oeste. Como neste aparelho o apoio impede, que o conductor possa fazer uma revolução completa em todos os sentidos, podemos empregar o conductor, *fig. 177*; tem inferiormente um anel coberto de seda, através do qual passa a aste *mn*, terminada pelo vaso *a*, e a outra extremidade do conductor tem um vaso cheio de mercurio, que descansa, por uma aste isolante, no vaso *x*, e em que mergulha um fio, que se communica com a outra extremidade da pilha.

Larive construiuapparelhos muito simples, que se dirigem muito bem pela influencia da terra. Estes apparelhos consistem, *fig. 178*, em um pedaço de cortiça, atravessado por duas placas de cobre e de zinco, unidas por um fio de cobre. Faz-se fluctuar este apparelho sobre agua acidulada, e a electricidade, desenvolvida pela acção do liquido sobre o zinco, produz uma corrente de intensidade sufficiente para dirigir o apparelho.

A direcção, que uma curva fechada, movel em torno d'um eixo vertical, toma pela acção da terra, é uma consequencia necessaria d'esta acção sobre uma corrente horizontal e sobre uma cor-

rente vertical. Com effeito, consideremos primeiramente o rectangulo, *fig. 179*: sendo eguaes e em sentido contrário as duas correntes horizontaes, as acções directrizes da terra se equilibrão: resta, então, sómente a acção da terra sobre os dous fios verticaes *bc*, *de*: se a corrente segue a direcção indicada pelas frechas, o conductor *bc* tende a dirigir-se para este, e o conductor *de* para oeste; se a direcção da corrente se mudasse, seria o contrário. Nos dous casos, as forças, que sollicitão os dous ramos verticaes, concorrem para dar ao systema a direcção, em que a corrente inferior vá de este para oeste. Se empregâmos uma corrente recurvada de qualquer modo, podemos decompor cada um de seos elementos em duas partes, uma horizontal e outra vertical. Ora, em qualquer curva fechada, a somma dos elementos horizontaes, percorridos em um sentido, será egual á somma dos elementos horizontaes percorridos em sentido contrário: haverá, por consequencia, equilibrio nesta parte do systema; mas as correntes verticaes tenderão todas a tomar uma posição de equilibrio fixo, que será, evidentemente, a mesma, quer o eixo de rotação corte a curva, quer a deixe inteiramente d'um lado.

Para verificar estas consequencias, podemos empregar o conductor, *fig. 180*, em que a acção da terra é augmentada pelas revoluções do fio: suspende-se nos vasos *x*, *y*, *fig. 181*.

Quando submettemos á acção da terra um conductor plano, móvel á roda d'um eixo hór-

zontal, perpendicular ao plano do meridiano magnetico, e que passa pelo centro de gravidade do conductor, o plano do conductor movel se dirige, perpendicularmente ao eixo magaetico da terra.

## § X

### THEORIA DO MAGNETISMO

A theoria physica dos imans, a que se dá o nome de magnetismo, foi, durante muito tempo, considerada á parte. Emquanto nenhum facto a ligava com a electricidade, seos progressos forão incertos e pouco importantes: era uma nova hypothese, que se substituia a outra, e que não tinha senão um valor relativo por abraçar os factos em seo todo. A descoberta de OErsted sobre a influencia poderosa, que a electricidade em movimento exerce sobre os imans, indicou a unica via, que se podia seguir, para remontar á origem do magnetismo e á acção directriz do globo. A descoberta de Arago e de Faraday vierão derramar nova luz sobre estas importantes relações; mas é indispensavel expor aqui a theoria dos imans no estado, em que se achava antes d'estas descobertas.

*Theorias de Thales, de Epicuro e de Descartes.* Vimos, que os antigos conhecião a propriedade, de que o iman goza, de attrahir o ferro. Muitos philosophos da antiguidade, Thales, por exemplo, para explicar este facto extraordinario, suppozerao uma alma no iman: outros, como

Epicuro, admittirão, ou que os atomos de ferro se pegavão aos do iman, ou que o iman gozava da propriedade de fazer o vacuo, no qual o ferro se precipitava. Não faltárão hypotheses mais ou menos absurdas para explicar um phenomeno tão maravilhoso. Finalmente, Descartes, que imprimiu tão vivo impulso aos differentes ramos dos conhecimentos humanos, applicou os seus turbilhões á theoria do magnetismo. Esta hypothese, postoque se não fundasse sobre nenhuma base solida, vogou, todavia, na sciencia, durante mais d'um seculo, e achou, depois d'este lapso de tempo, homens, como Bernouilli e Euler, para apoial-a com provas mathematicas.

*Theoria de Aepinus.* Aepinus deu uma explicação mais satisfactoria. Tentou provar pelo cálculo, que todos os phenomenos magneticos, então conhecidos, podião, facilmente, explicar-se pelas leis da attracção e da repulsão. Depois de Aepinus, varios physicos, conservando os principios por elle admittidos, adoptarão a hypothese de dous fluidos differentes, dizendo, que sua combinação constituia o estado natural, e sua separação o estado magnetico.

*Theoria de Coulomb.* Coulomb, que no estudo dos phenomenos magneticos desenvolveu a mais admiravel sagacidade experimental, estabeleceu os principios da theoria physica do magnetismo. Conservou a hypothese dos dous fluidos, mas mostrou, que não podem soffrer nos corpos senão um deslocamento insensivel. Admittiu, 1.º que o volume apparente d'uma substancia ma-



gnética se compõe d'uma multidão de pequenos espaços, em que ha magnetismo, e d'uma multidão d'outros pequenos espaços, em que o magnetismo não existe: 2.º que os dous fluidos, contidos em cada pequeno espaço magnetico, podem estar separados, quando a força, que os solicita, é capaz de vencer a força coercitiva; que podem dispor-se segundo as leis do equilibrio, mas que não podem jámais sair do pequeno espaço. em que forão, primitivamente, encerrados: tudo o que os cerca, lhes é impene-travel.

Os pequenos espaços, em que o magnetismo está, se denominão *elementos magneticos*; os pequenos espaços, em que o não ha, se denomi-não *elementos não magneticos*. A somma dos elementos magneticos e a dos elementos não magneticos formão o volume apparente d'um corpo.

*Theoria de Ampère.* Este illustre physico, em logar de suppor, que o magnetismo é devido á separação dos dous fluidos, o attribue a corren-tes electricas, que se movem á roda das parti-culas. Estas correntes existem em todos os cor-pos sensiveis ao magnetismo: em um corpo, no estado natural, as correntes se dão em todas as direcções á roda d'uma mesma particula. A magnetização tem por effeito dar, a todas estas correntes, direcções, que tendem ao parallelis-mo, e cujas acções concordantes sobre as cor-rentes exteriores explicão as attracções e repul-sões magneticas.

A influencia d'uma corrente energica, perpendicular a uma agulha de aço, pode produzir a magnetização por suas acções attractivas e repulsivas sobre as correntes electricas das particulas, que tendem a levar seos planos, parallelamente á corrente exterior influente, ou perpendicularmente ao eixo da agulha. Uma barra de aço magnetizada possui uma força coercitiva, que se oppõe a que as correntes particulares retomem suas antigas direcções, quando a corrente influente é desviada; mas não existindo esta força coercitiva no ferro macio, as correntes retomão suas direcções variadas, depois da cessação das acções exteriores, e o corpo torna a entrar no estado natural. A influencia dos imans para magnetizar outros corpos deve ser exactamente a mesma que a das correntes exteriores. Admittindo a theoria de Ampère, somos, naturalmente, conduzidos a pensar, que o globo é atravessado por correntes electricas, tendo a relação de intensidade e a direcção, que, precedentemente determinámos, e que produzem todos os phenomenos de magnetismo terrestre. Estas correntes terrestres dirigem a agulha magnetizada, occasionão nos minerios e nos objectos de ferro todos os phenomenos da magnetização, que parecem espontaneos. As variações da declinação e da inclinação provêm das mudanças periodicas da temperatura, ás quaes correspondem differenças de intensidades nas correntes terrestres. Vemos como a ingenhosa hypothese de Ampère estabelece um laço natural

entre phenomenos tão notaveis da natureza, e que, á primeira vista, parecião tão differentes.

## § XI

### EXPLICAÇÃO DO PHENOMENO DA ROTAÇÃO DOS IMANS PELAS CORRENTES

A explicação do phenomeno da rotação dos imans pelas correntes funda-se em uma proposição, que vamos demonstrar. Uma corrente rectilinea *MN*, *fig.* 182. attrahe ou repele uma corrente fechada *ABCD*, segundo as correntes vão no mesmo sentido ou em sentido contrario nas partes vizinhas. Consideremos, primeiramente, o caso, em que as duas correntes vão no mesmo sentido, e estudemos a acção da corrente rectilinea sobre cada um dos elementos da corrente fechada. O elemento *m*, por exemplo, é mais attrahido pela parte *Mm* da corrente rectilinea do que é repellido pela parte *Nn* d'esta corrente, por ser mais vizinho da primeira parte do que da segunda: os outros elementos da semi-circumferencia *ABC* são também mais fortemente attrahidos do que repellidos, como é facil ver, entretanto que os elementos da semi-circumferencia *ABC* são mais fortemente repellidos do que attrahidos. A attracção, proveniente dos elementos da semi-circumferencia *ABC*, é superior, por causa da distancia, á repulsão procedente dos elementos da semi-circumferencia *ADC*. Do mesmo modo veriamos, que a corrente rectilinea re-

pelliria a corrente fechada, se as correntes fossem em sentido contrário nas partes vizinhas.

Supponhamos agora, que as correntes se dirigem do centro para a circumferencia no mercurio e que o polo boreal do iman se eleva acima da superficie liquida, *fig. 183*. As correntes particulares do iman se dirigirão, neste caso, dã esquerda para a direita do observador; serão, pois, attrahidas pelas correntes analogas a *CA* e repellidas pelas correntes analogas a *CB*. O iman deve, por consequencia, dirigir-se para *CA*, e como a acção se reproduz em cada posição, que elle toma, deve gyrar com movimento continuo à roda do centro *C*. Quanto às correntes, como *Ca*, *Cb*, que atravessão o iman, produzem pouco effeito, porque as partes d'estas correntes, que estão comprehendidas no iman, não podem pol-o em movimento apesar da sua acção sobre estas correntes particulares, visto que um corpo solido não pode ser posto em movimento só pelo esforço, que uma de suas partes exerce sobre as outras. Por outro lado, estas correntes poderião supprimir-se, sem que a rotação deixe de ter logar, como se reconhece, cobrindo a superficie do iman com um verniz não conductor.

O movimento de rotação é mais rapido e mais regular, quando fazemos gyrar o iman em tôrno do seo eixo. Certificâmo-nos d'isto, praticando na extremidade superior do iman uma cavidade, que enchamos de mercurio e immergindo neste liquido a ponta da aste *CD*, sem

tocar no iman, *fig. 184*. O iman gyra sobre si mesmo com grande velocidade, logoque as communicações se achão bem estabelecidas. A rotação é devida, principalmente, ás correntes, que atravessão o mercurio; porquanto, as que atravessão o iman não tem influencia, e as que atravessão o resto do circuito não exercem senão uma acção fraca por causa da distancia. Ora, se considerâmos uma corrente mercurial *CD, fig. 185*, ella attrahe as correntes particulares do iman, que estão á sua direita e repelle as que estão situadas á esquerda, de sorte que tende a fazer gyrar o iman sobre si mesmo e em sentido contrário de suas correntes: todas as outras correntes mercuriaes produzem effeitos analogos. A rotação teria logar em sentido opposto, se o polo austral do iman estivesse para o lado da superficie do mercurio, ou se, conservando-se o iman em sua posição primitiva, a corrente mercurial fosse da circumferencia para o centro.

## CAPITULO XIX

### THERMO-ELECTRICIDADE

#### § I

#### CORRENTES THERMO-ELECTRICAS

As theorias physicas parciaes, de que até aqui temos falado, assignalão muitas causas differen-

tes, que originão correntes electricas, visto que alem das correntes voltaicas, que obtemos, reunindo os polos d'uma pilha por uma serie de corpos conductores, distinguimos as correntes magneto-electricas produzidas pelos imans e as correntes por inducção. Mas outras causas podem, similhantemente, occasionar o movimento continuo dos fluidos electricos. Ha, sobretudo, uma, que convem estudar, não só para nos garantirmos de seos effeitos em grande número de experiencias, mas tãobem para conceber muitos aparelhos, cujas applicações se multiplicão todos os dias. Esta causa é a propagação do calor nas substancias metallicas.

Uma simples differença de temperatura entre as partes d'um circuito, composto de metaes, basta para originar correntes neste circuito. O galvanometro offerece um meio facil para estudar este genero de phenomenos, que se appellidão phenomenos *thermo-electricos*. O aparelho, de que Seebeck se serviu, para verificar este novo effeito do calor, consta d'um cylindro de bismulho ou de antimonio *B*, soldado em suas duas bases com uma lamina de cobre *SMS'*: a parte *M* está cercada d'um estofo isolante, para que a mão possa pegar no aparelho, sem dar saída para o solo aos fluidos electricos desenvolvidos.

Quando todo o circuito se acha na mesma temperatura, não exerce nenhuma acção sobre a agulha magnetizada; mas se aquecemos uma das soldaduras, *S*, por exemplo, a agulha magnetizada se desvia na vizinhança do circuito, e

indica uma corrente em um sentido; a corrente è inversa, quando aquecemos a outra soldadura  $S'$ . Se as duas soldaduras estão, igualmente, aquecidas, deixa de haver corrente; mas se, depois, resfriámos uma d'ellas mais do que a outra, a corrente renasce. E', pois, á differença de temperatura das soldaduras, que devemos attribuir a existencia da corrente.

## § II

### CAUSAS DOS PHENOMENOS THERMO-ELECTRICOS

Becquerel provou, que os phenomenos thermo-electricos dependem d'uma desigualdade no movimento do calor através das differentes partes do circuito. Soldadas entre si as duas extremidades d'um fio de platina, formando um circuito d'um só metal, se o aquecemos em qualquer de seos pontos, nenhuma corrente se manifesta; mas se fazemos um nó em qualquer lugar, e aquecemos uma parte do circuito na vizinhança d'este nó, uma corrente se manifesta. Esta corrente não pode, evidentemente, ser attribuida senão a uma differença na propagação do calor através do fio, dos dous lados do foco.

Se o circuito se compõe de dous fios, ferro e cobre, soldados em  $s$  e  $s'$ , e mettemos a soldadura  $s$  e as partes adjacentes em um banho de mercurio numa temperatura mais elevada que a da soldadura  $s'$ , haverá uma corrente, cuja intensidade não varia senão com a differença

d'estas temperaturas. Se aquecemos a soldadura *s*, levando a acção do fogo a um poncto do circuito pouco distante, mas, successivamente, á parte ferro e á parte cobre, a corrente tem o mesmo sentido e a mesma energia nos dous casos, se a temperatura em *s* é a mesma. As experiencias provão, que as correntes thermo-electricas dependem, unicamente, das temperaturas mesmo nas superficies de contacto entre os metaes. Becquerel demonstrou tãobem, que estes phenomenos não são devidos a uma acção chymica, exercida pelo oxygeneo ou pela humidade do ar; porque se manifestão, egualmente, no hydrogeneo sêcco.

Quando ás duas extremidades do fio de cobre d'um multiplicador soldámos um par de dous metaes differentes, tãobem soldados entre si, e elevâmos esta última soldadura a diversas temperaturas, a energia da corrente é, geralmente, proporcional á temperatura entre limites assaz afastados. Mas, para certos metaes soldados e para altas temperaturas, esta lei deixa de subsistir. Por exemplo, se os metaes empregados são o ferro e o cobre, a lei de proporcionalidade enunciada subsiste, sem desvio sensivel, quando a temperatura da soldadura não excede 140°; alem d'esta graduação, a energia da corrente ao principio augmenta menos rapidamente do que a temperatura, depois diminue: é apenas sensivel a 300°; mais longe, deixa de haver corrente, e, mais longe ainda, muda de sentido.



Para reconhecer as intensidades relativas das correntes electricas, produzidas por differentes pares de metaes, tendo a mesma temperatura a sua soldadura, Becquerel imaginou soldar, pelas extremidades, fios do mesmo diametro de todos os metaes, que elle queria experimentar, e reunir depois esta cadeia com as extremidades do fio d'um multiplicador; elevou, successivamente, cada soldadura, á temperatura de 20°, mantendo todas as outras a zero. Como a disposição adoptada tornava constante a conductibilidade do circuito, as energias das correntes obtidas erão comparaveis. Os resultados numericos, fornecidos por esta experiencia, conduzirão Becquerel ao principio seguinte.

### § III

#### PRINCIPIO THEORICO

Quando um fio metallico se aquece em uma das extremidades, ha decomposição do fluido natural; as particulas metallicas, que recebem, directamente, a acção do fogo, se carregão de electricidade positiva, e repellem a electricidade negativa em todos os sentidos: as particulas seguintes, que se aquecem a expensas das primeiras, lhes tomão electricidade positiva, e lhes dão electricidade negativa. Assim, se opera, em toda a extensão do fio, uma serie de decomposições e recomposições de fluido natural, de sorte que o fluido positivo, successivamente

cedido por uma molecula á seguinte, caminha da extremidade quente para a extremidade fria, e o fluido negativo segue o caminho contrário. Se este movimento dos fluidos electricos pode continuar-se em um circuito completo, evidentemente deve d'aqui resultar uma corrente, analoga á da pilha, no sentido, em que o calor do foco se propaga no metal. E' a energia d'esta corrente, que se chama *poder thermo-electrico* do metal experimentado. Para a mesma differença de temperatura, este poder varia d'um para outro metal: para o mesmo metal, augmenta com o aquecimento, mas não segundo a mesma lei para todos os metaes: de sorte que, para duas temperaturas, sufficientemente afastadas, pode acontecer, que as differenças dos poderes thermo-electricos de dous metaes tenham signaes contrarios.

Quando dous metaes se aquecem na sua soldadura, ou na sua superficie, conservando as outras partes uma temperatura constante, e, assim unidos, fazem parte d'um circuito metallico, em que nenhuma outra causa desenvolve phenomenos electricos, o aquecimento da soldadura põe em actividade os poderes thermo-electricos dos dous metaes contiguos. Duas correntes contrarias tendem, pois, a estabelecer-se, e a energia da corrente observada não é senão a differença d'estes poderes thermo-electricos. Podendo esta differença mudar de signal com o grau de aquecimento, a corrente observada pode também mudar de sentido. Em todos os ca-

sões, a corrente partirá, para atravessar o fio do galvanometro, do metal, cujo poder thermo-electrico é maior; de sorte que, considerando o par dos metaes como uma pilha, o metal, cujo poder thermo-electrico é mais fraco, representará o polo negativo, e o outro o polo positivo.

#### § IV

##### PODERES THERMO-ELECTRICOS DOS METAES

Quando, com fios de diferentes metaes, formamos circuitos galvanometricos e aquecemos uma soldadura a 20°, mantendo as outras à zero, observâmos correntes, cujo sentido mostra, que os metaes devem pôr-se na seguinte ordem, segundo suas propriedades thermo-electricas: bismutho, platina, chumbo, estanho, cobre, ouro, prata, zinco, ferro e antimonio; sendo positivo cada um d'estes corpos, quando está unido a algum dos que o precede, e negativo em relação aos que o seguem. Por exemplo, sendo aquecida 20° uma soldadura de ferro e cobre, a corrente a atravessa do cobre para o ferro, ou caminha no circuito galvanometrico do ferro para o cobre, como se o ferro tocasse no polo positivo, e o cobre no polo negativo d'uma pilha. Segundo o principio theorico de Becquerel, os corpos, que formão a serie precedente, estão aqui dispostos pela ordem crescente de seus poderes thermo-electricos.

As experiencias, feitas por Becquerel sobre a

cadeia de metaes differentes, de que falámos, lhe derão as differenças dos poderes thermo-electricos d'estes metaes, pelo aquecimento a 20º d'uma só das soldaduras. Nestas circumstancias, a prata, o ouro, o zinco e o cobre, tem, pouco mais ou menos, o mesmo poder thermo-electrico: o do ferro é maior. Becquerel, notando, que estas mesmas relações existem entre os poderes de irradiar o calor, que estes diversos metaes possuem, admittiu a hypothese da identidade das relações entre estas duas especies de poderes, para determinar um só dos poderes thermo-electricos, o do ferro, e depois deduzir d'elle todos os outros pelas differenças observadas. Estes poderes thermo-electricos serão então representados pelos numeros seguintes:

ferro	433,50
prata	407,30
ouro	406,80
zinco	406,54
cobre	405,54
estanho	402,26
platina	97,59

Mas, aindaque a hypothese, acima estabelecida, tivesse alguma realidade, não deveriamos considerar os numeros precedentes senão como particulares ás circumstancias de temperatura enunciadas: é, comtudo, provável, que suas relações não mudarão sensivelmente, entre certos graus de aquecimento, que poderão ainda distar bastante uns dos outros.

## § V

## PROVAS EXPERIMENTAES DO PRINCÍPIO ESTABELECIDO

As considerações, que precedem, bástão para mostrar, que o principio theorico, estabelecido por Becquerel, explica, perfeitamente, a diversidade dos phenomenos thermo-electricos, observados em circuitos compostos de muitos metaes. Este principio suppõe, que uma particula ponderavel, que se aqueçe recebendo seo calor d'uma particula vizinha, toma-lhe electricidade positiva e dá-lhe electricidade negativa. Grande número de factos abonão esta hypothese: tal é, entre outros, este resultado constante, que de dous corpos da mesma natureza, mas, em diversas temperaturas, esfregados ou apertados um contra o outro, o mais aquecido se electriza negativamente e o mais frio positivamente. Phenomenos mais proximos dos que nos occupão, dão, por outro lado, uma grande probabilidade á supposição feita por Becquerel, e ás consequencias, que deduziu d'ella. Podêmos, primeiramente, provar, por uma experiencia directa, que a extremidade livre d'um fio metallico se carrega de electricidade positiva, quando só está fortemente aquecida.

Um fio de platina, encerrado em um tubo de vidro, que se fecha com a lampada por uma extremidade, se dispõe de modo que seo extremo descoberto communique, com o prato inferior d'um electrometro condensador de pilha secca,

por um disco de papel humido, entretanto que o prato superior communica com o reservatorio commum: o extremo fechado do tubo é cercado de muitas espiras d'um segundo fio de platina, que toca no tubo pela outra extremidade. Aquecemos bem a espiral metallica, e as partes do tubo, que ella cerca, com uma lampada de espirito de vinho: reconhecemos então, que o prato collector se carrega de electricidade positiva. A fonte d'esta electricidade é a espiral aquecida, o fluido negativo desaparece no solo, e o fluido positivo, accumulado na espiral pela acção constante do calor, atravessa o tubo de vidro, tornado conductor por sua alta temperatura, e se encaminha para o prato pelo fio de platina interior. Uma decomposição de fluido natural semelhante deve ter logar em sentido inverso neste último fio, por causa da desigualdade de temperatura de suas duas extremidades; mas, sendo aqui a acção do calor menos directa e menos forte, o effeito produzido sobre o primeiro fio deve ser superior e determinar os signaes electricos, que observámos.

## § VI

### CHARACTER DISTINCTIVO DAS CORRENTES THERMO-ELECTRICAS

As correntes thermo-electricas, ou produzidas pela desigualdade das temperaturas em um circuito metallico, se distinguem das correntes vol-

taicas e magneto-electricas, em se transmittirem com muito mais difficuldade através dos liquidos. A mais intensa corrente thermo-electrica não actua senão fracamente sobre o galvanometro, quando se corta o circuito, e se immergem, separadamente, as duas extremidades livres, armadas ou não de placas metallicas, em um mesmo vaso com agua, cuja conductibilidade seja augmentada pelos saes ou acidos; e, se a distancia das placas ou espessura da camada liquida são sufficientes, não se manifesta o menor indicio de corrente. Esta propriedade negativa permite separar, uma da outra, uma corrente voltaica e uma corrente thermo-electrica, que seguem um mesmo conductor. Dá-se, geralmente, o nome de correntes *hydro-electricas* ás que não são retidas pelos liquidos.

## § VI

### PILHA THERMO-ELECTRICA. THERMO-MULTIPLICADOR

A pilha thermo-electrica, nomeada *pilha de Nobili*, do nome de seu inventor, serve para accumular as tensões das correntes thermo-electricas, que se produzem num circuito, formado de varios metaes, *fig. 187*. Consta d'uma serie continua de barras de bismutho *bb'* e de antimonio *aa'*, soldadas entre si, e dobradas de sorte que todas as soldaduras de ordem par estão d'um lado, e as de ordem impar do lado opposto.

Estas barras, cujo número podemos multiplicar á vontade, se dispõem por series verticaes de quatro ou cinco pares, communicando entre si, e collocadas dentro d'um estojo rectangular, de cobre, que não deixa ver senão a soldadura da pilha, *P*, *fig.* 188.

Duas pequenas astes metallicas servem para pôr em communicação com os fios do galvanometro o polo positivo da pilha, representado pela última barra de antimónio, e o polo negativo, correspondente á primeira barra de bismutho.

A pilha thermo-electrica, combinada com o galvanometro, tem o nome de *thermo-multiplicador*. E' com este apparatus, disposto, como a *figura* representa, que Melloni estudou o poder diathermico dos diversos corpos, solidos e liquidos. *L* é uma lampada Locatelli, que serve de foco de calor, *E* um anteparo movel, atravessado por um orificio circular, para a passagem dos raios calorificos, *C* um apoio, em que se collocão os corpos, submettidos á experiencia, *P* a pilha thermo-electrica, *G* um galvanometro. Estas differentes peças, menos o galvanometro, estão fixadas a uma regua de cobre *AB*.

## § VIII

### CONSTRUÇÃO D'UMA TÁBUA THERMO-ELECTRICA

Para estudar a influencia, que o polido das superficies, a espessura e a natureza d'um corpo diaphano, exercem sobre a quantidade de



calor, que o atravessa debaixo da forma irradiante, é preciso conhecer a relação existente entre o número de graus de cada desvio e a força da corrente thermo-electrica, que a produzia. Melloni determinou pela experiencia os diversos elementos d'uma tábua; os quaes devem procurar-se para cada instrumento, por não pertencerem senão ao, de que elle se serviu. Esta tábua dá, para cada extensão do desvio, a razão da intensidade da corrente, que a produz, para a da corrente, que não produziria senão um desvio de  $1^{\circ}$ .

Eis como esta tábua foi construida. Melloni certificou-se, primeiramente, que entre  $0^{\circ}$  e  $20^{\circ}$  o desvio, indicado pelo seu instrumento, era sensivelmente proporcional á força da corrente; porquanto, havendo exposto, successivamente, as duas extremidades da pilha, uma a uma primeira fonte de calor, afastada, quanto era necessario, para desviar o ponteiro  $20^{\circ}$  em um sentido, e a outra a uma segunda fonte produzindo  $10^{\circ}$  de desvio no outro sentido, observou, que, fazendo obrar, simultaneamente, estas duas fontes sobre a pilha, o ponteiro se desviava  $10^{\circ}$ , ou precisamente a differença entre os dous primeiros desvios.

Mas esta proporcionalidade deixava de existir em desvios superiores a  $20^{\circ}$ . Por exemplo, quando as duas fontes oppostas erãõ capazes de produzir desvios contrarios de  $44^{\circ}$  e  $42^{\circ}$ , actuando, separadamente, sobre a pilha, seos effeitos reunidos davãõ um desvio de  $8^{\circ}$ , de sorte que

a differença das intensidades d'estas duas correntes equivalia a oito vezes a intensidade da corrente, tomada para unidade, aindaque a differença dos desvios correspondentes não fosse senão 2°.

Melloni estudou assim a marcha de seo instrumento de 4° em 4°, desde 20° até 44°, determinando, como no exemplo antecedente, a differença de intensidade das correntes, que produzia os dous desvios, separados por cada intervallo de 4°. Ponde depois, por um processo, facil de imaginar, deduzir, dos numeros obtidos nesta serie de experiencias, todos os elementos da tábua, de que se tracta, até 44°.

### § VIII

#### INFLUENCIA DO POLIDO DAS SUPERFICIES E DA ESPESSURA DO CORPO DIAPHANO SOBRE O CALOR TRANSMITTIDO

*Influencia do polido das superficies.* Para verificar a influencia do polido da superficie do corpo diaphano, Melloni collocou, successivamente, diante da abertura do diaphragma, placas de vidro da mesma espessura, fragmentos d'um mesmo vidro, cuja superficie anterior, ou era polida, ou tinha sido gasta com areia, esmeril ou outras substancias: os desvios do ponteiro variarão nestas diferentes placas de 19° a 5°. Assim, a quantidade de calor, irradiado através

d'uma placa diaphana, é tanto maior, quanto mais pólida é a sua superficie.

*Influencia da espessura do corpo diaphano.*  
Pedaços de vidro polido, de faces parallelas, mas de espessuras muito differentes, crescendo de 2 a 81<sup>mm</sup>, derão desvios cada vez menores; mas, calculando pela tábua as intensidades das correntes thermo-electricas, correspondentes a estes desvios. e, por suas differenças, as relações das perdas de calor, devidas a camadas de igual profundidade, successivamente atravessadas em um mesmo bocado do corpo diaphano, Melloni verificou, muitas vezes, o factó observado por Delaroche, que estas perdas vão diminuindo com grande rapidez, á medida que a espessura augmenta uma quantidade constante. Cubos, terminados por laminas de vidro parallelas, e de comprimento differente, cheios de oleo de colza e, successivamente, apresentados á abertura do diaphragma, derão resultados semelhantes: a diminuição das perdas de calor, devidas a accrescimos eguaes na espessura da camada liquida atravessada, foi, constantemente, observada desde 6<sup>mm</sup> até 400<sup>mm</sup> de espessura total.

## § IX

### SUBSTANCIAS DIATHERMICAS

A natureza do corpo diaphano tem grande influencia sobre a quantidade de calorico irradiante, que pode atravessal-o. Um mesmo cubo

de 9<sup>mm</sup>,21 de largura interna, successivamente cheio de diversos liquidos, tendo sido collocado diante da abertura do diaphragma, deu desvios muito differentes ao ponteiro. A tábua dava, para cada desvio, a força da corrente thermo-electrica: a relação d'esta força com a correspondente ao desvio obtido, quando a abertura do diaphragma era mascarada pelo cubo vasio, podia ser tomada pela relação da quantidade de calor transmittida, com a (representada por 100) que caia sobre a face anterior da lamina liquida. Nestas circumstancias, sobre 100 raios de calor, o carbureto de enxofre transmittiu 63, o azeite 30, o ether 24, o acido sulphurico 17, o alcool 15, a agua 11.

Outra serie de experiencias, feita sobre laminas de differentes substancias solidas, e com uma espessura commum de 2<sup>mm</sup>,62, forneceram os seguintes numeros: de 100 raios de calor, o sal gemma transmittiu 92, o spatho de Islandia 62, o vidro de espelho 62, o crystal de rocha 57, a tormalina 27, a cal sulphatada 20, a cal fluatada 15, o alumen 12. Em conformidade com os resultados, mais acima citados, o número dos raios transmittidos diminue com a espessura das laminas solidas. Comtudo, peças de spatho de Islandia, tendo de 80 a 100<sup>mm</sup> de espessura, ainda transmittirão mais da metade do calor incidente, entretanto que uma placa de alumen, tão pura como a do mais bello vidro, e de 1<sup>mm</sup> sómente de espessura, não deixa passar senão  $\frac{17}{100}$ .

Assim, uma camada muito limpida de alumina transmite tres vezes menos calor do que uma camada quasi opaca e cem vezes mais espessa de crystal de rocha. Alem d'isto, Melloni achou, que os vidros negros, completamente opacos, empregados como espelhos em certas experiencias sobre a luz, transmittem ainda, sensivelmente, calorico irradiante. Ha, pois, uma especie de independencia entre as duas transparencias, calorifica e luminosa. E', por isso, que Melloni designou, pelo nome de diathermicas, as substancias, que transmittem muito calorico irradiante.

### § X

#### INFLUENCIA DA FONTE DE CALOR

A fonte de calor tem grande influencia na quantidade de raios transmittidos por um corpo diathermico. Melloni substituiu, successivamente, á lampada das experiencias antecedentes, platina incandescente, cobre mantido em temperaturas constantes por uma chamma de alcool, finalmente, vasos cheios de mercurio ou de agua em ebullição. As substancias ensaiadas guardarão sempre a mesma ordem, isto é, as mais diathermicas, para o calor da lampada, apresentarão a mesma superioridade nestas novas circumstancias; mas o número dos raios transmittidos, comparativamente aos raios incidentes, diminuiu muito.

Por exemplo, o crystal de rocha e o spatho

de Islandia, que transmittião mais da metade do calor vindo da lampada, não davão passagem senão á quarta parte de raios enviados pela platina incandescente. O calor, transmittido por cada substancia, se tornou ainda mais fraço, quando a fonte era o cobre aquecido. Muitas das substancias menos diathermicas retinhião todos os raios emittidos pelo mercurio ebulliente. Finalmente, a transmissão foi nulla para todos os corpos, quando a fonte era agua ebulliente. Assim, a faculdade, que o calor possui, de irradiar através das substancias diathermicas, diminue, rapidamente, com a temperatura da fonte, como Delaroche observára no vidro.

Uma só substancia, o sal gemma, offerece uma excepção notavel a esta lei: transmittie a mesma proporção de calorico irradiante, qualquer que seja a temperatura da fonte. Quer seja esta fonte uma chamma brilhante, quer, simplesmente, agua aquecida a 40° ou 50°, o sal gemma deixa sempre passar  $\frac{92}{100}$  dos raios calorificos, que incidem sobre sua superficie. Esta propriedade singular, que esta substancia parece, exclusivamente, possuir, pode ser utilizada: por exemplo, com uma lente de sal gemma, poderemos, quasi sem enfraquecel-a, reduzir a feixe de raios parallelos o calor emanado d'um corpo de pequena dimensão, ou inversamente concentrar, em um foco, raios de calor incidentes parallelos.

Melloni serviu-se do sal gemma, para verificar, que os raios de calor, transmittidos pelas

substancias diathermicas, se refrangem á maneira dos raios de luz. Pondo a fonte em uma distancia conveniente, fora do eixo commum da pilha thermo-electrica e da abertura do diaphragma, o ponteiro do galvanometro fica no zero, mas desvia-se, logo que um prisma de sal gemma se apresenta diante do diaphragma.

A influencia da espessura do corpo diathermico sobre a quantidade de calor, que elle transmite, é tanto maior, quanto mais fraca é a temperatura da fonte. Comtudo, as variações da relação dos raios transmittidos com os raios incidentes diminuem com a espessura; de sorte que, alem de certo limite, uma placa delgada de mica, por exemplo, transmite a mesma quantidade de raios para duas fontes de calor muito differentes.

## CAPITULO XX

### INDUÇÃO

#### § I

#### INDUÇÃO PELAS CORRENTES

Vimos, no estudo da electricidade ordinaria, que um corpo electrizado pode, por sua influencia, desenvolver electricidade em um corpo vizinho, bom conductor. Faraday descobriu, em 1830, que as correntes electricas podião tãobem originar correntes em fios conductores, situados

muito perto, e estas correntes, que se denominou *correntes de indução* ou *correntes induzidas*, offerecem os characteres, que vamos estudar.

Supponhamos, que um fio de cobre  $ABCD$ , *fig. 189*, se prende aos dous polos d'uma pilha, e que temos um segundo fio,  $abcd$ , cujas extremidades,  $a$  e  $d$ , se prendem aos extremos do fio d'um galvanometro  $G$ . O fio  $abcd$  formará com o galvanometro um circuito metallico fechado. Ora, enquanto a corrente passa por  $ABCD$  de  $B$  para  $C$ , se, rapidamente, aproximâmos a parte  $bc$  do outro fio da parte  $BC$  do primeiro, o ponteiro do galvanometro indicará, por seo desvio, que por  $bc$  passa uma corrente electrica, sem que, todavia, os dous fios estejam em contacto; e, pelo sentido do desvio do ponteiro, reconheceremos, que a corrente, em  $abcd$ , vai de  $c$  para  $b$ , em sentido contrário da corrente da pilha.

Em segundo logar, conservando-se muito perto os dous fios  $bc$  e  $BC$ , o ponteiro volta ao zero: logo, a corrente, originada em  $bc$  pela influencia da primeira, não durou senão um instante, senão no momento, em que o fio  $bc$  foi, subitamente, aproximado de  $BC$ . E' esta corrente instantanea, desenvolvida pela influencia da corrente da pilha, que se chama corrente *induzida*, sendo a primeira chamada corrente *inductriz*. Assim, a corrente induzida, gerada, quando se aproxima um fio fechado d'outro fio, atravessado por uma corrente, é instantanea e de sentido contrário á corrente inductriz.



Depois do ponteiro do galvanometro ter voltado à posição de equilibrio, isto é, ao meridião magnetico, tiremos, subitamente, o fio *bc* da vizinhança do fio *BC*; e logo o ponteiro, de novo, se desviará em sentido contrário ao da primeira vez. Portanto, uma nova corrente é induzida no fio, que se afasta subitamente, e agora é do mesmo sentido que a corrente da pilha: todavia, também não dura senão um instante, porquanto o ponteiro do galvanometro volta logo ao zero.

Eis-ahi alguns effeitos, analogos aos phenomenos de electricidade por influencia: a unica differença é, que, na indução, a influencia da corrente sobre o fio vizinho não produz effeito senão no mesmo momento, em que o fio se aproxima muito, ou no momento, em que o desvio rapido é assaz grande. Estas duas correntes induzidas são de sentidos contrarios: a que se origina, quando aproximâmos, é de sentido opposto à corrente inductriz, é a corrente induzida *inversa*; a outra, produzida, quando desviâmos, tem o mesmo sentido que a corrente inductriz, é a corrente induzida *directa*.

## § II

### APPARELHO DE INDUÇÃO DE MATTEUCI

Matteuci imaginou um aparelho, muito proprio para mostrar o desenvolvimento das correntes de indução, produzidas, quer pela des-

carga d'uma garrafa de Leyde, quer pela passagem d'uma corrente voltaica.

Este aparelho, *fig. 190*, consta de dous pratos de vidro, fixados, verticalmente, em duas molduras, *A* e *B*, de latão. Estes pratos estão apoiados sobre pés móveis, e podem aproximar-se ou desviar-se á vontade. Na face anterior do prato *A*, se acha enrolado em espiral um fio de cobre *C*. Os dous extremos d'este fio atravessão o prato, um pelo centro, outro pela parte superior, e terminão em duas pequenas pinças, semelhantes ás que estão representadas em *m* e *n* no prato *B*. Nestas pinças, se mettem dous fios de cobre, revestidos de seda, *c* e *d*, que são destinados a receber a corrente inductriz.

Sobre a face do prato *B*, que olha para o prato *A*, se enrola um fio de cobre, em espiral tãoobem, porém mais fino do que o fio *C*. Suas extremidades vão ter ás pinças *m* e *n*, as quaes recebem dous fios, *h*, *i*, destinados a transmitir a corrente induzida. Os dous fios, enrolados sobre os dous pratos *A* e *B*, estão, não sómente, revestidos de seda, mas ainda cada circuito está isolado do seguinte por uma camada espessa de verniz de gomme laca; o que é condição indispensavel para experimentar com a electricidade das máchinas electricas, a qual é sempre muito mais difficil de isolar do que a das pilhas.

Para demonstrar a producção da corrente induzida pela descarga d'uma garrafa de Leyde, fazemos communicar, como o desenho mostra,

um dos extremos do fio *C* com a armadura exterior da garrafa e o outro com o gancho. No momento, em que parte a faísca, a electricidade, que passa pelo fio *C*, operando por influencia sobre o fluido neutro do fio enrolado sobre o prato *B*, origina uma corrente instantanea neste fio. Com effeito, uma pessoa, que tenha nas mãos dous cylindros de cobre em communição com os fios *i*, *h*, recebe uma commoção, cuja intensidade é tanto mais forte, quanto mais proximos estão os pratos *A* e *B*. Esta experiencia mostra, que a electricidade das máchinas electricas pode, como a da pilha, gerar correntes de indução.

O apparelho de Matteuci serve tãobem para demonstrar a producção das correntes induzidas pelas influencias voltaicas. Para isto, fazemos passar a corrente d'uma pilha para o fio inductor *C*, e, ao mesmo tempo, fazemos communi-car os dous fios, *h*, *i*, com um galvanometro. Ora, no momento, em que a corrente inductriz principia ou acaba, observámos os mesmos phenomenos que com a bobina acima descripta; e o ponteiro do multiplicador se desvia tanto mais, quanto mais vizinhos estão os dous pratos *A*, *B*.

### § III

#### INDUCÇÃO PELOS IMANS

Os phenomenos de indução fornecem uma confirmação notavel da bella theoria de Ampère

sobre os imans. Nesta theoria, os imans forão assimilados aos solenoides: ora, os solenoides não são outra cousa mais do que correntes parallelas do mesmo sentido. Se, pois, os imans tem, realmente, esta constituição, aproximando-os, subitamente, d'um fio fechado, deverão induzir neste fio uma corrente de sentido contrario á que os percorre, segundo a theoria. Depois, tirando, rapidamente, o iman, deveremos ter nova corrente de sentido contrario á primeira. A experiencia verifica, plenamente, esta consequencia, a qual não havia escapado a Faraday. Este sabio demonstrou, que se podião induzir correntes pela unica acção dos imans, sem usar da pilha.

Eis-aqui a experiencia fundamental. Tome-mos outra vez a bobina *A*, *fig. 191*, e façamos communicar suas duas extremidades com os fios d'um galvanometro, por meio de fios assaz longos, para que uma barra magnetizada, que ha de passar perto da bobina, não actue sobre o ponteiro do galvanometro. Achando-se este ponteiro, em repouso, sobre o zero, no meridiano magnetico, introduzamos, subitamente, no interior da bobina, uma barra magnetizada; e, logo, o ponteiro indicará a passagem d'uma corrente assaz forte, e voltará ao zero, onde permanecerá, enquanto a barra estiver na bobina. Se a tirâmos, rapidamente, o ponteiro tornará a desviar-se, mas em sentido contrario; o que indica uma nova corrente induzida de sentido contrario á primeira. O que ha de notavel, é,

que estas correntes induzidas tem as direcções, que as correntes do solenoide, que substituissemos ao íman, produzirião. Sendo *CDE*, *fig. 189*, um fio enrolado em helice, ligado em *C* e *E* ao galvanometro, se, rapidamente, introduzimos na helice a barra magnetizada *AB*, em que *A* é o polo austral, o ponteiro do galvanometro indicará uma corrente no sentido das settas *f'*, contrário das correntes *f* theoricas da barra. Tirando depois esta barra, a corrente induzida será do mesmo sentido que a das correntes *f* do íman.

Do mesmo modo que na inducção por uma corrente electrica, em vez de aproximar a corrente do fio, basta fazer principiar a corrente inductriz ou fazel-a cessar: podemos, primeiramente, introduzir na bobina um cylindro de ferro macio, depois magnetizal-o, rapidamente, por meio d'um íman: forma-se uma corrente induzida instantanea de sentido contrário ás correntes, que, theoreticamente, se desenvolvem à roda do ferro macio, em consequencia de sua magnetização. Desmagnetizado o ferro macio pelo afastamento subito do íman, segunda corrente induzida, de sentido contrário à primeira, se desenvolve.

Para fazer a experiencia, tomâmos uma espiral *SS'*, *fig. 192*, em que introduzimos um cylindro de ferro macio *AB*; o fio da espiral communica-se com um galvanometro *G*. Tomâmos duas barras magnetizadas *NS* e *N'S'*, de maneira que se toquem dous polos contrarios *N'* e *S*,

formando um angulo conveniente, e applicâmos, rapidamente, os outros dous polos às extremidades do ferro macio. Em *A*, desenvolve-se logo um polo austral, em *B* um polo boreal, e uma corrente induzida no sentido, que indicâmos. A *figura* representa o sentido da corrente neste caso. Desviando as barras, o ferro macio deixa de ser iman, e nova corrente, de sentido contrário á primeira, é induzida.

#### § IV

##### INDUÇÃO PELOS IMANS NOS CORPOS EM MOVIMENTO

Arago descobriu, em 1824, que o número de oscillações, que uma agulha magnetizada faz em tempos eguaes, quando desviada de sua posição de equilibrio, é muito enfraquecida pela vizinhança de certas massas metallicas e, principalmente do cobre vermelho, que pode reduzir o número das oscillações, de 300 a 400. Esta descoberta conduziu o mesmo physico, em 1825, a um facto, não menos inesperado, o da acção rotativa, que uma placa de cobre em movimento exerce sobre uma agulha magnetizada.

Este phenomeno se verifica por meio do apparelho, representado na *fig.* 193. Consta d'um disco metallico *M*, movel á roda d'um eixo vertical. Sobre este eixo, ha uma roldana *B*, em tôrno da qual se enrola um cordão sem fim, que vai passar por outra roldana maior *A*. Fazendo gyrar esta última roldana com a mão, po-

demos imprimir ao disco *M* um movimento de rotação muito rapido. Por cima do disco, ha um vidro fixo, a que está adaptado um pequeno fulcro, que sustenta uma agulha magnetizada *ab*. Posto isto, se o disco toma um movimento lento e uniforme, a agulha se desvia no sentido do movimento e pára na distancia de 20 ou 30 graus do meridiano magnetico, segundo a velocidade de rotação do disco. Mas se esta velocidade augmenta, a agulha acaba por se desviar mais de 90 graus: então, é arrastada, descreve uma revolução inteira e segue o movimento do disco, até este parar.

O effeito decresce com a distancia da agulha ao disco e varia muito com a natureza d'este. O maximo effeito tem logar com os metaes; com a madeira, vidro, agua, etc., é nullo. Babbage e Herschel, em Inglaterra, achárão, que, representando por 100 a acção d'um iman sobre um disco de cobre, esta acção sobre os outros metaes é representada pelos numeros seguintes: zinco, 95; estanho, 46; chumbo, 25; antimonio, 9; bismutho, 2. Finalmente, o effeito enfraquece muito, se o disco tem soluções de continuidade, principalmente no sentido de seos raios; mas os mesmos physicos verificárão, que retoma, sensivelmente, a mesma intensidade, se as soluções de continuidade se soldão com qualquer metal.

Arago reconheceu, que a força, que imprime á agulha seo movimento de rotação, é a resultante de tres forças, uma perpendicular ao plano

do disco, e operando pela repulsão sobre a agulha; a segunda, dirigida no sentido do raio do disco, e obrando, primeiramente, pela repulsão sobre a agulha, a partir da circumferencia do disco, depois decrescente ao ir aproximando-se do centro, para se mudar em força attractiva ao aproximar-se mais d'este poncto, e fazer-se nullo neste mesmo poncto; a terceira força, parallelá ao plano do disco, é perpendicular, em cada poncto, ao raio, e sua acção é attractiva: é, pois, esta última força, que faz gyrar a agulha. Arago não descobriu a origem d'estas diferentes forças; foi Faraday, quem, primeiro, em 1832, fez ver, pelo galvanometro, que erão devidas a correntes de inducção, desenvolvidas nos discos pela influencia da agulha magnetizada.

## § V

### INDUCÇÃO PELA ACÇÃO DA TERRA

E' evidente, que, podendo nós magnetizar o ferro macio pela acção da terra, poderemos também produzir correntes induzidas. Bastará enrolar, em tórno d'uma barra de ferro macio, um fio revestido de seda. Pondo-o, perpendicularmente ao plano  $MM'$  do meridiano magnetico segundo  $A'B'$ , *fig. 194*, o ferro macio não se magnetiza: mas, se o levâmos, subitamente, á posição  $AB$  no meridiano magnetico e na direcção da agulha de inclinação, a extremidade inferior  $A$  se torna polo austral, a superior po-



lo boreal, e uma corrente induzida no sentido desejado atravessa o fio. Depois, tornando a levar o ferro macio, perpendicularmente ao meridiano magnetico, outra corrente induzida se desenvolve, de sentido contrário da primeira. Vamos, que, fazendo gyrar a barra de ferro em torno d'um eixo  $xy$ , perpendicular, no meridiano magnetico, á direcção da inclinação, teremos, em cada revolução, quatro correntes induzidas, duas consecutivas de mesmo sentido, e duas também de mesmo sentido entre si, mas de sentido contrário ao das primeiras.

Note-se, que, nesta última experiencia, quando fazemos passar a barra de ferro, da posição  $A'B'$  para a posição  $AB$ , cada espira da helice, que se pode reputar um círculo, ao principio parallela ao plano do meridiano magnetico em a posição  $A'B'$ , é conduzida perpendicular a este plano á posição  $AB$ , e perpendicular á agulha de inclinação. Não poderia a terra, por si só, induzir uma corrente em um círculo fechado, a que se dessem estas duas posições successivas. A experiencia o verifica. Enrolemos, em torno d'um arco de madeira, um fio de cobre revestido de seda, fazendo muitas circumvoluções, e disponhamos um eixo,  $xy$ , *fig. 195*, no plano do arco e em roda do qual poderá ser posto em rotação por uma manivella. Pondo o eixo  $xy$  no plano do meridiano magnetico e em uma direcção perpendicular á agulha de inclinação, e fazendo gyrar o arco, estando os dous fios,  $f$  e  $f'$ , em communicação com um galvanometro,

veremos, que, se o arco parte da posição, em que está no meridiano, para vir collocar-se perpendicularmente, o galvanometro indicará uma corrente induzida: no segundo quarto de revolução, teremos outra corrente de sentido inverso á primeira. Numa palavra, em cada quarto de volta, teremos uma corrente; por consequencia, quatro correntes induzidas em cada volta, duas consecutivas no mesmo sentido e duas em sentido contrário das primeiras.

Eis ahi, pois, correntes electricas, produzidas pela acção unica do globo terrestre, em um circuito circular fechado sem pilha nem iman.

Não nos admiraremos d'este novo genero de inducção, se estamos lembrados, que as experiencias de Ampère nos conduzirão a admittir a existencia d'uma corrente electrica, circulando á roda da terra, perpendicular ao plano do meridiano magnetico e á agulha de inclinação, e indo de este para oeste. Seião, com effeito, *ENO*, *fig. 196*, a corrente terrestre, perpendicular á inclinação *II'*, e *abcd* a corrente circular movel em tórno do eixo *ac*, perpendicular a *II'*. Quando o circulo *abcd* tiver chegado a *ab<sub>1</sub>cd<sub>1</sub>*, achar-se-á, subitamente, paralelo á corrente *ENO*, uma corrente será induzida no sentido *ab<sub>1</sub>cd<sub>1</sub>*. No segundo quarto de volta, a parte *b<sub>1</sub>*, virá para *d* e *d* estará agora em *b*, a acção da corrente terrestre, symmetrica de cada lado do meridiano magnetico, será como se deixasse de existir, logo uma segunda corrente será induzida de sentido contrário da primeira, isto é, segundo

*badc*. No terceiro quarto, o circulo terá a posição  $ab_1cd_1$ , sendo, porém, o poncto  $b_1$ , que ficará atraz, onde está marcado  $d_1$ ; a corrente induzida será ainda de sentido contrário á corrente terrestre, no sentido da setta da figura; mas passará pelo circulo no sentido das letras  $b_1ad_1c$ ; finalmente, voltando ao meridiano magnetico, a quarta corrente seguirá *abcd*. Esta experiencia vem confirmar as bellas hypotheses de Ampère. Construiu-se, com effeito, um arco electrico, e a corrente, induzida sómente pela acção da terra, dá commoções muito sensiveis.

## § VI

### MÁCHINA DE CLARKE

A máchina de Clarke é, quanto á causa das correntes induzidas, sua producção e direcção, idêntica á antiga máchina de Pixii; mas sua disposição é essencialmente diversa, seo uso muito mais commodo e os effeitos mais poderosos.

O iman *ABC*, *fig. 197*, é fixo e vertical. As duas bobinas *D* e *D'*, com seo nucleo de ferro, se mantem, parallelamente entre si, por meio da placa de ferro *EF*. Esta é atravessada por um eixo horizontal de ferro *xy*, que passa entre os dous ramos do iman, e pode pôr-se em rotação por meio d'uma roda *R* e d'uma corda ou uma cadeia sem fim, passando sobre uma roldana de gola, fixada na extremidade *x* do eixo. As bobinas, *D*, *D'*, podem, pois, gyrrar á roda do

eixo horizontal  $xy$  e vir collocar-se, alternativamente, diante dos dous polos do iman ou perpendicularmente á linha d'estes polos em um plano vertical. Um fio, revestido de seda, se enrola de tal modo nos nucleos de ferro macio, que as correntes, induzidas, simultaneamente, em cada uma das bobinas, tenham a mesma direcção no fio. Os dous extremos passam em  $f$  e  $f'$ , através da placa de ferro  $EF$  por orificios guarnecidos de marfim. Um dos fios,  $f$ , por exemplo, está soldado ou ligado, metallicamente, com o eixo de ferro  $xy$ ; o outro fio  $f'$  está soldado a um anel de cobre  $i$ , que abraça um pequeno cylindro de marfim, através do qual passa o eixo  $xy$ , *fig.* 198. A uma peça de madeira  $P$ , em que assenta um dos apoios do eixo, estão fixadas, por parafusos de pressão, duas molas de cobre ou aço  $r, r'$ , uma das quaes  $r$  se apoia, constantemente, sobre o anel de cobre  $i$  unido ao fio  $f'$ , entretanto que a outra mola  $r'$  prime o eixo de ferro  $xy$ . D'esta disposição resulta, que as bobinas podem girar, sem que os fios embaracem o movimento, e que as molas  $r, r'$  representão as extremidades d'estes mesmo fios, a que fixaremos o circuito, em que fizemos passar a corrente.

Se não quizessemos ter no fio senão correntes do mesmo sentido, poderíamos dispôr a peça  $i$ , de maneira que se perdessem duas das 4 correntes, que se produzem.

Para isso, o envolucro de cobre não revestiria, completamente, o cylindro de marfim senão

em metade de seo contôrno; na outra metade, o cobre não chegaria senão a metade da altura, como indica a *figura 199*, em que a parte sombreada representa marfim. A mola *r* tocaria assim no cobre, e, por consequencia, communicaria com o fio *f'* durante meia revolução: na outra meia revolução, apoiar-se-ia sobre o marfim, haveria interrupção, e as correntes não passarão. Seria necessario, desapertando o parafuso *v*, que fixa a peça *i* ao eixo, fazer gyrrar esta peça, de modo que, estando horizontaes as bobinas, no momento, em que deixão esta posição, no qual caso se produz uma primeira corrente induzida, a mola *r* principia a tocar na parte metallica do anel *i*. Esta primeira corrente passará pelo fio interpolar. Quando a primeira meia volta findar, a nova corrente induzida do mesmo sentido que a precedente passará ainda, visto *r* tocar ainda no cobre do anel *i*. Mas, acabada esta primeira meia revolução, a mola encontra o marfim durante a segunda meia volta, e as seguintes correntes induzidas, que são de sentido contrário ao das duas primeiras, não podem já passar.

## § VII

### MÁCHINA DE RÜHMKORFF

Entre os apparelhos de indução, figura, como um dos mais notaveis, a máchima de Rühmkorff, que se recommenda pela potencia das correntes induzidas, a que dá origem. Esta má-

bobina consta, essencialmente, d'um feixe de fios de ferro macio, *m*, *fig.* 200, envolvido em um cylindro de cartão, sobre que se achão enrolados dous fios de cobre, revestidos de seda, e cujas voltas estão, cuidadosamente, isoladas por meio de resina laca. O primeiro fio tem dous millímetros de diametro; é este fio, que recebe a corrente inductriz da pilha. O segundo fio, muito mais fino, está enrolado sobre o primeiro; forma o circuito induzido: nos grandes apparatus, chega a ter 40 kilometros. Suas extremidades saem em *i* e *i'* e se fixão a virolas, que estão situadas na parte superior de columnas de vidro, e a que se adaptão os rheophoros *e* e *e'*, pelos quaes se recebem as correntes induzidas. Dous discos de vidro, *v* e *v'*, retém os fios enrolados na bobina. As extremidades do fio inductor saem d'esta bobina, uma por *f*, outra por *f'*, e põem-se em communicção com os electrodos, *p* e *n*, da pilha.

### § VIII

#### EFFEITOS PRODUZIDOS COM A BOBINA DE RUHMKORFF

*Effeitos physiologicos.* Os effeitos physiologicos da bobina de Ruhmkorff são extremamente intensos: com effeito, as commoções são tão violentas, que já muitos observadores tem sido deitados por terra. Com dous pares de Bunsen

macta-se um coelho, e com pequeno número de pares, um homem seria fulminado.

*Effeitos caloríficos.* Os effeitos caloríficos tão-bem são faceis de verificar: para isso, basta interpor, ás duas extremidades *p* e *q* do fio induzido, um fio de ferro muito fino: este funde-se e arde com viva luz. Aqui, observâmos um phenomeno curioso: se cada um dos fios *p* e *q* termina por um fio de ferro muito fino, quando aproximâmos estes dous fios de ferro um do outro, não se funde senão o que corresponde ao polo negativo; o que mostra, que a tensão é mais forte no polo negativo do que no polo positivo.

*Effeitos chymicos.* Os effeitos chymicos da bobina de Ruhmkorff são extremamente variados; o que procede de que este apparelho fornece electricidade estatica e electricidade dinamica. Por exemplo, segundo a forma dos electrodos de platina, que mergúlhão na agua, segundo sua distancia, segundo o grau de acidulação da agua, podemos não obter, na agua, senão effeitos luminosos sem decomposição, ou a decomposição da agua com a separação dos gazes nos dous polos, ou a decomposição com os gazes misturados em um só polo, ou, finalmente, com os gazes misturados nos dous polos.

*Effeitos luminosos.* Os effeitos luminosos da bobina de Ruhmkorff são, tão-bem, muito variados, segundo se dão no ar, no vacuo ou em vapores muito rarefeitos. No ar, dão origem a uma faisca viva e estrondosa. No vacuo, os ef-

feitos são os mais notaveis possiveis. Para fazer a experiencia, fazemos communicar os dous fios *p* e *q* da bobina com as duas astes do ovo electrico, para observar no vacuo os effeitos luminosos da máchina electrica. Feito o vacuo no globo, vemos um bello rasto de luz produzir-se d'uma para outra bola, por um modo sensivelmente continuo e com a mesma intensidade que a que obtemos com uma poderosa máchina electrica, de que fazemos gyrar, rapidamente, o prato.

*Effeitos mechanicos.* Finalmente, a bobina de Ruhmkorff produz effeitos mechanicos tão poderosos, que é possivel, com muitas descargas successivas, atravessar laminas de vidro de 2 centimetros de espessura.

## § IX

### ESTRATIFICAÇÃO DA LUZ ELECTRICA

Estudando a luz electrica, fornecida pela bobina de indução de Ruhmkorff, Quet observou, que, não fazendo o vacuo no globo da experiencia senão depois de lhe ter introduzido vapor de essencia de terobenthina, de alcool, de sulphureto de carbonio, etc., o aspecto da luz é completamente modificado. Apparece, então, debaixo da forma d'uma serie de zonas, alternativamente brilhantes ou obscuras, formando como uma pilha de luz electrica entre os dous polos, *fig.* 201.



A luz do polo positivo é mais vezes vermelha e a do polo negativo roxa. Comtudo, a côr varia com o vapor ou o gaz, que se acha no globo.

Despretz observou, que os phenomenos, que Ruhmkorff e Quet verificárão com uma corrente descontínua, se reproduzem com uma corrente contínua ordinaria, mas com esta differença importante, que a corrente contínua exige grande número de pares de Bunsen, entretanto que a corrente descontínua da bobina de Ruhmkorff não exige senão um. E' mesmo um facto notavel, verificado pela experiencia, que a intensidade dos effeitos luminosos d'esta bobina augmenta muito pouco, aindaque se multiplique o número de pares da pilha.

A theoria dos phenomenos da estratificação da luz electrica nos vapores e da coloração dos polos não é conhecida.

## § X

### TUBOS DE GEISSLER

E', sobretudo, quando se faz passar a descarga da bobina de Ruhmkorff para tubos de vidro contendo vapor ou gaz muito rarefeito, que a estratificação da luz electrica apresenta brilho e belleza notaveis. Estes phenomenos se produzem em tubos fechados, de vidro ou de crystal, construidos por Geissler, artista allemão. No instante do fechamento, estes tubos são postos

nas condições da camara barometrica, e, antes de soldal-os, faz-se passar para elles uma quantidade muito pequena de gaz ou de vapor, para que este fluido não esteja, quando muito, senão em meio millimetro de pressão. Finalmente, nas duas extremidades do tubo, estão soldados dous tubos de platina, que penetrão nos tubos 1 ou 2 centimetros.

Posto isto, logoque fazemos communicar estes dous fios de platina com os extremos da bobina de Ruhmkorff, produzem-se, em todo o comprimento do tubo, estrias brilhantes e magnificas, separadas por zonas escuras. Estas estrias varião de forma, de côr e de brilho, com o grau de vacuidade, com a natureza do fluido e com as dimensões dos tubos. Muitas vezes o phenomeno toma ainda um aspecto mais bello, pela florescencia, que a descarga electrica excita no vidro.

A *fig.* 202 representa as estrias, dadas pelo hydrogeneo, em meio millimetro de pressão, em um tubo, alternativamente, largo e estreito: nas espheras, a luz é branca, nas partes capillares, é vermelha.

A *fig.* 203 mostra as estrias no acido carbonico, em um quarto de millimetro de pressão; a côr é esverdeada, e as estrias não tem a mesma forma que no hydrogeneo. No azote, a luz é amarello-vermelha.

Plücker, que estudou, attentamente, a luz dos tubos de Geissler, achou, que, de modo nenhum, depende da substancia dos electrodos,

mas, unicamente, da natureza do gaz ou vapor, que está no tubo. Verificou tãobem, que as luzes, fornecidas pelo hydrogêneo, azote, acido carbonico, etc., differem muito, quanto ao espectro, que fornecem, quando passam através d'um prisma. Segundo o mesmo physico, a descarga da bobina de inducção, que se transmite a um gaz muito rarefeito, não se transmittiria no vacuo absoluto; e a presença d'uma substancia ponderavel é, absolutamente, necessaria, para que haja passagem da electricidade.

Finalmente, citaremos uma applicação recente dos tubos de Geissler á pathologia. Um longo tubo capillar, que está soldado com duas espheras munidas de fios de platina, se curva no meio, de modo que os dous ramos se toquem, e enrola-se a extremidade em espiras apertadas, como se vê em *a*, *fig.* 204. Preparado assim o tubo, e contendo um gaz muito rarefeito, como os que acima descrevemos, logo que a descarga passa, produz-se em *a* uma luz assaz viva, com que se podem esclarecer as fossas nasaes, a garganta ou qualquer outra cavidade do corpo humano, em que o tubo se introduza.

## § XI

### FOGUETE DE STATEHAM

A inflammacão directã da polvora pela faisca electrica é difficil: é necessario, nos ponctos, em que a faisca deve apparecer, pôr um corpo,

facilmente inflammavel, á roda do qual dispo-remos a polvora. Para este effeito, usa-se dos foguetes de Stateham. Seo uso funda-se neste facto, que, quando se reveste um fio de cobre com um envolucro de gutta-percha vulcanizada, isto é, havendo soffrido uma preparação particular, que introduz enxofre em sua composição, este enxofre, com o tempo, ataca o fio de cobre e reveste sua superficie d'uma camada de sulphureto de cobre. Este sulphureto conduz, em parte, a electricidade. tão bem que, se, em um ponto do fio, levantámos a gutta-percha sobre metade do contôrno em *ab*, *fig. 204*, e se cortámos o fio de cobre, para fazer uma solução de continuidade de um millimetro proximamente, fazendo passar a descarga para o conductor interrompido, a corrente atravessará o sulphureto de cobre e o inflammará. Sendo a ignição do sulphureto de cobre menos instantanea que a faísca, a polvora, que se dispozer á roda, poderá logo incendiar-se.

Para fazer o foguete de Stateham, tomámos um boccado de envolucro de gutta-percha d'um centimetro de comprimento, e que se tirou de cima d'um fio, que ella revestia, ha algum tempo, *fig. 205*. Sobre este envolucro *A*, practica-se uma chanfradura *abc*, de maneira que se descubra o buraco interior. Neste pequeno cylindro, introduzimos as extremidades desgarnecidas *d* e *e* de dous fios de cobre, revestidos de gutta-percha. pelos quaes faremos chegar a corrente induzida da máchina de Ruhmkorff.

Os dous extremos dos fios *d* e *e* se aproximão a uma distancia de 1 ou 2 millimetros, e é a camada de sulphureto de cobre, que reveste o interior da bainha *A* de gutta-percha, que, por sua incandescencia, determina a inflammação da polvora.

## § XII

### CHARACTERES DAS CORRENTES DE INDUCÇÃO

Pelas diversas experiencias, indicadas até aqui, sobre as correntes de inducção, vemos, que, não obstante sua instantaneidade, possuem todas as propriedades das correntes voltaicas ordinarias. Como ellas, exercem effeitos physiologicos violentos, produzem effeitos luminosos, calorificos, chymicos, e dão tãobem origem a novas correntes induzidas. Finalmente, desvião a agulha dos galvanometros e magnetizão as barras de aço, quando as fazemos passar por um fio de cobre, enrolado em helice à roda d'estas barras.

A intensidade da commoção das correntes induzidas torna seos effeitos comparaveis com os da electricidade no estado de tensão. Todavia, como sempre obrão sobre o galvanometro, devemos admittir, que, nos fios, submettidos à inducção, ha, ao mesmo tempo, electricidade no estado de tensão e no estado dynamico. Com effeito, recolhendo, d'um modo continuo, a corrente induzida do mesmo sentido, por meio d'um commutador, Masson chegou a carregar

o condensador. Mas esta hypothese torna-se sobretudo provavel, pelos effeitos acima obtidos com a bobina de Ruhmkorff.

A corrente induzida directa e a corrente induzida inversa tem sido comparadas entre si de baixo de tres pontos de vista; a energia da commoção, amplitude no desvio do galvanometro, acção magnetizante sobre as barras de aço. Apreciadas, assim, estas correntes apresentam resultados muito diversos: parecem, sensivelmente, eguaes, quanto ao desvio do galvanometro, entretanto que, sendo muito forte a commoção da corrente directa, a da inversa é quasi nulla. A mesma differença tem logar no que toca á força magnetizante. A corrente directa magnetiza até á saturação, mas a corrente inversa não magnetiza.

### § XIII

#### LEIS DAS CORRENTES DE INDUÇÃO

Em seo tractado especial sobre a inducção, Matteucci deduz de seos proprios trabalhos e dos de Faraday, Lenz, Dove, Abria, Weber, Marianini e Felici, as seguintes leis sobre as correntes de inducção.

1.<sup>a</sup> A intensidade das correntes induzidas é proporcional á das correntes inductrizes.

2.<sup>a</sup> Esta mesma intensidade é proporcional ao producto dos comprimentos dos circuitos inductor e induzido.

3.<sup>a</sup> A força electro-motriz, desenvolvida por uma dada quantidade de electricidade, é a mesma, quaesquer que sejam a natureza, a secção e a forma do circuito inductor.

4.<sup>a</sup> A força electro-motriz, desenvolvida pela inducção d'uma corrente sobre qualquer circuito conductor, é independente da natureza d'este conductor.

5.<sup>a</sup> O desenvolvimento da inducção é independente da natureza do corpo isolante, interposto aos circuitos, inductor e induzido.

Esta última lei não está de acôrdo com as experiencias de Faraday sobre a inducção da electricidade no estado estatiço.

## CAPITULO XXI

### DIAMAGNETISMO

#### § I

#### DIAMAGNETISMO. SUBSTANCIAS DIAMAGNETICAS

Em 1845, Faraday descobriu a propriedade, que certas substancias possuem, de serem repellidas pelos imans, e deu a estas substancias o nome de *diamagneticas*. A sciencia adoptou esta denominação, e tãobem a expressão de *diamagnetismo*, para designar a totalidade dos phenomenos, que as substancias diamagneticas apresentam.

Sendo o hismutho o corpo mais diamagneti-

co, d'elle nos serviremos para indicar as diversas experiencias, a que podêmos submeter os corpos d'esta especie.

Uma pequena bala de bismutho d'um centimetro de diametro se suspende por um fio, perto das peças polares do grande electro-iman de Ruhmkorff, que já descrevemos: estas peças estão muito proximas, sua distancia é um pouco menor que a espessura da bala, que se apoia contra suas extremidades, *fig.* 206. Então, no momento, em que a corrente passa, a bala de bismutho é repellida até certa distancia, e esta repulsão se sustenta, enquanto a corrente passa; mas, no momento, em que se intercepta o circuito, vem, outra vez, pôr-se em contacto com os polos, para ser de novo repellida com a mesma força e a mesma persistencia, durante todo o tempo que as communicações se achão restabelecidas.

Esta repulsão se manifesta ainda d'outro modo. Estando vertical o electro-iman com os polos para cima, basta pôr, sobre sua extremidade, uma folha de papel delgado, bem tensa, e deitar-lhe em cima bismutho bem pulverizado em um almofariz de agata. Este pó, se fosse magnetico, desenharia o contôrno do ferro do electro-iman, unindo-se e apertando-se sobre esta linha, mais que noutra parte: como é repellido, é o effeito contrário, que observâmos: a margem do ferro é indicada por uma fita estreita, em que nenhum granulo de bismutho pode parar.



Faraday observára este facto fundamental, suspendendo por um fio uma pequena barra de bismutho entre os dous polos do electro-iman: então, em vez de tomar a direcção da linha dos polos, como os corpos magneticos, a barra de bismuthos e colloca, perpendicularmente a esta linha: é o que se exprime, ás vezes, dizendo, que os corpos magneticos tomão a direcção *axial* e os corpos diamagneticos a direcção *equatorial*.

O número dos corpos diamagneticos é muito consideravel. D'entre os metaes, o chumbo e o zinco parecem seguir-se ao bismutho, sendo, porém, a sua acção muito mais fraca. D'entre os metalloides, o phosphoro e o selenio, muito mais fracos tãobem do que o bismutho, são um pouco mais energicos do que o enxofre.

## § II

AS PROPRIEDADES DAS SUBSTANCIAS DIAMAGNETICAS  
DEPENDEM DO MEIO, EM QUE  
ESTÃO MERGULHADAS

Devemos ainda a Faraday esta observação importante; que certos corpos, que parecem magneticos, que obedecem á attracção dos polos, e que tomão a direcção axial, quando se observão mergulhados no ar, podem apresentar-se diamagneticos, ser repellidos pelos polos e tomar a direcção equatorial, quando se observão num meio differente do ar e, convenientemente, esco-

thido. Por exemplo, o proto-sulphato de ferro em dissolução muito diluida, parece, sensivelmente, magnetico: porquanto, se está encerrado em um tubo delgado de vidro e suspenso entre os polos do electro-iman se dirige, axialmente, segundo a linha dos polos e com certa força. Um pequeno vaso de vidro, cheio de agua, se dispõe, entre os polos, de maneira que o tubo de sulphato possa mergulhar-se nelle, e se ache, então, no meio d'este liquido, na mesma posição magnetica, que elle tinha no ar: logoque a corrente passa, é de novo attrahido, e retoma sua posição axial.

Mas se, sem desarranjar o vaso de vidro, substituimos á agua uma solução de sulphato de ferro mais concentrada que a que enche o tubo, e este se colloca, exactamente, neste novo liquido; então, quando fechâmos o circuito, o tubo de sulphato é repellido: em vez de gyrrar na linha dos polos, gyra, equatorialmente, na linha perpendicular, e se mantem alli com uma força muito notavel. Assim, um corpo não é magnetico ou diamagnetico d'um modo absoluto, mas sómente d'um modo relativo e dependente do meio, em que se acha; aqui, é magnetico, alli, diamagnetico, conforme o meio ambiente.

Este facto fundamental foi verificado, confirmado e desenvolvido por muitos experimentadores, particularmente, por Plücker e por Ed. Becquerel.

## § III

EFFECTOS DIAMAGNETICOS DOS IMANS  
PODEROSOS

Os efeitos diamagneticos dos imans não se manifestão senão no caso de serem muito poderosos, e é com o aparelho de Faraday, *fig.* 207, que estes efeitos forão descobertos e estudados. Ha substancias diamagneticas, egualmente, na classe dos solidos, na dos liquidos, e na dos gazes, como demonstrão as seguintes experiencias, para as quaes se aparafusão, sobre bobinas, armaduras de ferro macio *S* e *Q* de formas diversas.

*Diamagnetismo dos solidos.* Suspenda-se um pequeno cubo de cobre vermelho entre os dous imans por um fio de seda torcido, *fig.* 208. O cubo gyra, rapidamente, sobre si mesmo, em virtude do fio, que se destorce, e, no momento, em que a corrente passa pelas bobinas, pára na posição, em que se acha. Se damos á peça movel a forma d'uma pequena barra rectangular, esta peça se colloca em cruz com o eixo das bobinas, ou se dirige, segundo este eixo, conforme é formada d'uma substancia diamagnetica, como o bismutho, o antimonio, ou d'uma substancia magnetica, como o ferro, o nickel, o cobalto.

*Diamagnetismo dos liquidos.* Tãobem os liquidos apresentão os phenomenos de magnetismo e de diamagnetismo. Para os observarmos, enchemos pequenos tubos de vidro mui-

to delgados, e os suspendemos no lugar do cubo *m* da *figura* antecedente. Se os liquidos são magneticos, como as soluções de ferro, de nickel, de cobalto, os tubos se dirigem no sentido do eixo dos dous electro-imans; mas, se são diamagneticos, como a agua, o alcool, o ether, a essencia de terebenthina e a maior parte das soluções salinas, os tubos se collocão em uma direcção, perpendicular ao eixo dos imans.

A acção dos imans poderosos sobre os liquidos magneticos ou diamagneticos se observa também por meio da experiencia seguinte, feita, pela primeira vez, por Plücker. Deita-se uma solução de chlorureto de ferro em um vidro de relógio, e põe-se este vidro sobre as duas armaduras *P* e *Q* do electro-iman do aparelho de Faraday. Logo que a corrente passa para os electro-imans, vemos a solução formar, conforme o intervallo das bobinas, uma ou duas elevações, como está representado em *A* e *B*, *fig.* 209. Estas elevações persistem, enquanto a corrente passa, e se produzem, em diversos graus, com todos os liquidos magneticos. Os liquidos diamagneticos apresentam effeitos inversos, como Plücker verificou a respeito do mercurio, observando sua curvatura sobre uma peça de prata, recentemente amalgamada, e posta sobre as armaduras.

*Diamagnetismo dos gazes.* Bancalary foi o primeiro, que observou, que a chamma d'uma vela, collocada entre as duas bobinas do appa-

relho de Faraday, é, fortemente, repellida, *fig.* 210. Todas as chammas apresentam, em diversos graus, o mesmo phenomeno. Quet obteve effeitos de repulsão extremamente intensos, submettendo á mesma experiencia a luz electrica da pilha obtida com dous cones de carvão.

#### § IV

##### ACÇÕES MAGNETICAS DEPENDENTES DA ESTRUCTURA DOS CORPOS

Desde 1849, Faraday havia notado, que os cylindros de bismutho não se comportão todos, do mesmo modo, entre os polos dos imans, e que, muitas vezes, a direcção de equilibrio muda com o meridiano do cylindro, que fazemos gyrar no plano vertical de suspensão. Buscando as causas d'estas variações, reconhecêra, que dependem das formas crystallinas. Então, isolando crystaes de bismutho d'um volume um tanto consideravel, verificára a influencia d'um certo plano de clivagem e d'um eixo *magneto-electrico*, que lhe é perpendicular.

Pela mesma epocha, Plücker notava, que a maior parte dos crystaes diaphanos, como o quartzo, a cal carbonatada, a tormalina, etc., tem tãobem a propriedade de tomar direcções particulares, quando se submettem á experiencia entre os polos d'um electro-iman poderoso.

Depois fizeram-se numerosas investigações sobre os phenomenos d'esta ordem, que tem,

sem d'úvida, alto grau de interesse; mas devemos limitar-nos a citar, aqui, o facto em sua maior generalidade, porque as opiniões são ainda muito discrepantes sobre as relações, que estas direcções singulares podem ter, ou com as mesmas formas crystallinas, ou com as propriedades opticas, a que se tem tentado ligal-as. Algumas observações recentes parecem até indicar, que a estrutura fibrosa sem crystallização, como a que se pode dar, por exemplo, á gutta-percha, basta para modificar, sensivelmente, as acções, que os imans são capazes de exercer sobre um corpo.

## § V

### EXPLICAÇÃO DO DIAMAGNETISMO

Ed. Becquerel suppõe, que todos os corpos são mais ou menos attrahidos pelos imans: se, para uns, ha repulsão, isto provém de serem menos magneticos do que o meio, em que estão mergulhados, segundo o principio acima exposto; do mesmo modo que todos os corpos são pesados, e, se alguns se afastão da superficie da terra, é, porque são menos pesados, em volume igual, do que o meio ambiente. Quanto ao mais, eis como Becquerel concebe, nesta theoria, o principio, de que se tracta: seja *C* um centro magnetico, situado no meio d'um fluido susceptivel de ser attrahido pelo iman. Estabelecer-se-á certo estado de equilibrio, em que haverá

um accrescimento de pressão nas partes mais próximas do centro  $C$ . Se separámos, mentalmente, uma massa limitada  $m$  do fluido, será atraída para  $C$  com certa força  $f$ ; e como esta massa fica em equilibrio, é necessario, que esteja submettida a uma força  $-f$  egual e opposta. Se agora substituimos a massa  $m$  pela massa  $M$  d'outra substancia da mesma forma e volume, que seja solicitada para o centro  $C$  com uma força  $F$ , actuando a força  $-f$  sobre esta massa  $M$ , como actuava sobre a massa  $m$  do fluido, a acção observada será a differença  $F - f$ ; e conforme esta differença for positiva ou negativa, assim, a massa  $m$  se chamará paramagnetica ou diammagnetica. Uma objecção se apresenta immediatamente; é, que existem muitos corpos, que são diamagneticos no vacuo. Becquerel procurou destruir a objecção, admittindo, que o vacuo é magnetico e mais magnetico do que as substancias, que tomão no vacuo a direcção equatorial. Seria, pois, necessario admittir, segundo esta explicação, que o ether produz pressões sobre os corpos, á maneira dos fluidos ponderaveis; o que é muito difficultoso admittir. Por outro lado, a polaridade diammagnetica, sendo de natureza contrária á que se manifesta nos corpos magneticos, parece indicar uma opposição bem sensivel entre as duas ordens de phenomenos.

## CAPITULO XXII

### VELOCIDADE DA ELECTRICIDADE

#### § I

#### HISTÓRIA

A electricidade não penetra senão com extrema lentidão nos corpos isoladores: por isso, é só nos bons conductores que importa medir a velocidade de propagação. Pouco tempo depois da descoberta da garrafa de Leyde, procurou-se reconhecer, se a electricidade gastava tempo apreciavel em se propagar em longos circuitos. Parece, que foi Deluc o primeiro, que fez experiencias a este respeito, fazendo uso dos tubos de conducção das aguas de Genebra e d'um fio de arame, que completava o circuito.

Em 1748, Watson operou, em Inglaterra, sobre um circuito de 4 milhas, 2 formadas pelo solo e 2 por um fio metallico, isolado por meio de postes de madeira sêcca. Este fio se dobrava, de maneira que o meio d'elle ficava muito perto da garrafa: neste meio, havia uma interrupção, e a faisca, produzida aqui no momento da descarga, parecia coincidir sempre, exactamente, com a que se destacava do botão da garrafa.

De todas estas experiencias se concluiu, que a electricidade se transmittia com tão grande rapidez, que não podesse ser medida. Esta opi-



não foi admittida sem contestação até 1834. anno, em que Wheatstone publicou um methodo muito ingenhoso e muito fecundo, que permite avaliar durações d'um millionesimo de segundo, e pelo qual demonstra, que a propagação da electricidade não é instantanea.

## § II

### EXPERIENCIA DE WHEATSTONE

O principio, em que se funda o methodo de Wheatstone, é o seguinte. Se olhâmos para a imagem d'um poncto luminoso fixo, representada em um espelho, e fazemos gyrar este espelho à roda d'um de seus diametros, vemos a imagem deslocar-se, descrevendo um arco de circulo, cujo centro está no eixo de rotação, e cujo plano é perpendicular a este eixo. Resulta das leis da reflexão da luz, que a quantidade angular, que a imagem se move, é dupla da quantidade angular, que o espelho gyra. Se o poncto luminoso não brilha senão um instante, a imagem parecerá descrever um arco limitado, tanto maior, quanto maior for a velocidade de rotação do espelho. Se o poncto luminoso não brilha senão durante um tempo excessivamente curto, poderemos ainda distinguir um deslocamento na imagem, se o espelho gyra com muito grande rapidez. Mas ao mesmo tempo, persistindo a impressão no fundo do olho  $\frac{1}{10}$  de segundo, veremos a imagem, simul-

tanamente, em todas as posições, que ella vá occupando, comtanto que o phenomeno dure menos de  $\frac{1}{10}$  de segundo, e divisaremos um arco ou traço luminoso, cujo comprimento será proporcional á velocidade do espelho e ao tempo, que o ponto luminoso brilhar.

Supponhamos, que fazemos apparecer uma fuisca electrica, perto d'um espelho, que gyra muito rapidamente, no momento, em que elle lhe apresenta sua superficie reflectidora. O observador, situado perto da fuisca, verá, simplesmente, a imagem d'esta última, se não tem duração apreciavel; mas, se tem uma duração sufficiente, verá um pequeno traço, dirigido perpendicularmente ao eixo de rotação. E' o que succede com a fuisca d'uma garráfa de Leyde, quando se descarrega por intermedio d'um longo fio metallico, e o espelho dá 600 ou 800 voltas por segundo. Esta fuisca tem, pois, uma duração apreciavel.

### § III

#### AVALIAÇÃO DA VELOCIDADE

As experiencias de Wheatstone provão bem, que a propagação da electricidade não é instantanea: faltava medir a sua velocidade. Para isso, era necessario, conhecer, primeiramente, o numero de voltas, que o espelho dava por segundo, numero, que era deduzido do som. gerado pelo choque da esphera *b*, *fig.* 211, contra o angulo d'uma carta; depois, avaliar, em graus, a

quantidade, que o traço do meio avançava em relação aos outros dois. Esta última quantidade parecia igual a  $2^m,5$ , e comprehendia, quando muito,  $\frac{1}{2}$  grau, para 3 metros de distancia do observador ao espelho. O espelho gyrava, pois,  $\frac{1}{4}$  de grau, durante o tempo, que decorria entre a manifestação das faiscas extremas e a apparição da do meio. Ora, o número de voltas era 800 por segundo; o que equivale a  $800 \times 360 \times 4$  quartos de grau:  $\frac{1}{4}$  de grau era,

pois, descripto em  $\frac{1}{800.360.4} = \frac{1}{1\ 152\ 000}$  de

segundo. Tal era, pois, o tempo gasto pela electricidade em percorrer os 402 kil. de cada um dos fios *C* e *B*. O espaço, percorrido em um segundo, seria 1 152 000 vezes maior, isto é,  $1\ 152\ 000 \times 402 = 463\ 104\ 000^m$ , ou, em número redondo, 463 000 kilometros. Tal seria a velocidade minima da electricidade em fios de cobre.

O comprimento de cada traço luminoso podia comprehender  $24^\circ$ , o que assigna uma duração

de  $\frac{1}{24\ 000}$  á faisca. Mas não nos esqueçamos,

que a descarga se faz através d'um longo fio, que, por sua resistencia, não pode deixar passar toda a electricidade ao mesmo tempo. Quando a descarga é produzida por um arco grosso e curto, a faisca não tem duração apreciavel.

## § IV

## EXPERIENCIAS COM A ELECTRICIDADE VOLTAICA

As experiencias, que acabámos de descrever, forão feitas com a electricidade de tensão, accumulada em um condensador; outras se fizerão com a electricidade, fornecida pela pilha, tirando partido dos fios metallicos isolados, estabelecidos em grandes extensões, para uso dos telegraphos electricos. O primeiro methodo, que podemos denominar *methodo das longitudes*, foi empregado, pela primeira vez, em 1845 por Walker, entre Philadelphia e Cambridge. A electricidade era lançada, d'uma das estações, através d'um fio telegraphico, chegava á outra estação, e era reconduzido ao poncto de partida por um segundo fio. Se o fluido se transmittisse, instantaneamente, a differença, entre as horas das duas estações, no momento da passagem da electricidade, daria a differença das longitudes. Mas, como a electricidade chegava á segunda estação, alguns instantes depois de ter partido da primeira, a hora da chegada era um pouco posterior á que tinha logar nesta estação, no momento, em que a electricidade partia da primeira. A differença das longitudes, calculada por este meio, se achava, pois, erronea, e comparando-a com a differença real, determinada pelos meios astronomicos, era facil avaliar o êrro sobre o tempo, e, por conseguinte, a fracção de se-

gundo, gasta pela electricidade em atravessar o intervallo das duas estações.

Em 1850, Fizeau e Gounelle, experimentando sobre os fios telegraphicos de Paris a Amiens e a Rouen, chegarão aos resultados seguintes:

1.º Em um fio de ferro, cujo diametro é  $4\frac{1}{2}$  millimetros, a electricidade se propaga com uma velocidade de 101.700 kil. por segundo.

2.º Em um fio de cobre de  $2\frac{1}{2}$  millimetros de diametro, a velocidade é 177.700 kil.

3.º As duas electricidades se propagão com a mesma velocidade.

4.º O número e a natureza dos elementos, de que a pilha é formada, e, por conseguinte, a tensão da electricidade e a intensidade da corrente, não tem influencia sobre a velocidade de propagação.

5.º Nos conductores de natureza diversa, as velocidades não são proporcionaes ás conductibilidades electricas.

Em experiencias, feitas, entre os observatorios de Greenwich e Edimburgo, com fios de cobre, achárão-se 12.200 kil. para a velocidade da electricidade; e entre os observatorios de Greenwich e Bruxellas, por meio d'um fio submarinho, achárão-se sómente 4.300 kil.; mas, neste último caso, o fio de cobre, revestido de gutta-percha, estava, em grande parte, mergulhado no mar. Faraday fez ver, que esta enorme differença é devida á acção por influencia, que o fio exerce, através da gutta-percha, sobre o liquido, em que está mergulhado. São, pois, os números de Fi-

zeau e Gounelle, que parecem representar, com mais fidelidade, a velocidade da electricidade nos fios metallicos.

## CAPITULO XXIII

### TELEGRAPHIA ELECTRICA

#### § I

#### HISTÓRIA

Desde que se reconheceu a grande rapidez de propagação da electricidade, se tractou de tirar partido d'este agente, para transmittir signaes. Franklin foi o primeiro, que concebeu esta idea, mas não a formulou precisamente: as propriedades do fluido electrico estavam ainda pouco estudadas.

A primeira experiencia de telegraphia electrica foi feita em Genebra, em 1774, por Lesage. Seo apparelho constava de 24 fios de metal, correspondentes ás 24 letras do alphabeto. Estes fios erão mergulhados em resina, contida em um cubo de madeira, e cada um d'elles tinha numa das extremidades um electroscopio de esphera de sabugo. A outra extremidade communicava com uma máchina electrica; e o electroscopio indicava o fio electrizado, e, por consequente, a letra, que se pretendia designar. Em 1797, Betancourt fez uma applicação d'este systema entre Madrid e Aranjuez, só com a differença,

que a electricidade era transmittida aos fios por uma garrafa de Leyde.

A pilha não era, então, conhecida. Onze annos depois da descoberta de Volta, um physico de Munich, Sömmering, empregou a decomposição da agua, para fazer signaes: 36 fios de metal isolados, correspondendo a 36 signaes differentes, se extendião entre as duas estações. Agulhas de ouro, soldadas nas extremidades de cada uma d'ellas, mergulhavão em um cubo com agua acidulada. Um dos fios se punha em communição, por sua extremidade opposta, com o polo positivo d'uma pilha, e outro fio com o polo negativo. A agulha de ouro do primeiro deixava evolver-se uma pequena nuvem de bolhas de oxygeno, e a do segundo uma nuvem mais abundante de bolhas de hydrogeneo, de maneira que designavão dous fios, e, por consequencia, dous signaes ao mesmo tempo. Já neste systema, o emprêgo da electricidade no estado de corrente facilitava muito o isolamento dos fios, e assim destruia uma difficuldade, invencivel com a electricidade estatica, se se quizesse operar em grande escala. No apparelho de Sömmering, aperfeiçoado por Schweger, havia um *avisador*, destinado a despertar a attenção da pessoa, a quem se queria enviar uma serie de signaes: o hydrogeneo, desenvolvido sobre um dos fios, se dirigia a uma pequena campanula, suspensa a uma alavanca horizontal em equilibrio, em cujo braço opposto estava mettido um anel. O gaz levantava a campanula, e o anel,

escorregando pela alavanca, ia cair numa bacia de metal, produzindo grande ruído.

Em 1820, teve lugar a descoberta de Oersted. Logo, Ampère viu o partido, que se podia tirar d'ella, para formar signaes telegraphicos; mas esta idea não podia ser utilizada senão depois da invenção do multiplicador por Schweger; e foi só, em 1833, que Schilling a applicou, em pequena escala, na cidade de S. Petersburgo.

Alguns annos mais tarde, a facilidade de pôr os fios conductores ao abrigo da malevolencia, nos caminhos de ferro, que havião tomado rapido desenvolvimento, fez progredir, espantosamente, a telegraphia electrica. Em 1837, Wheatstone, em Inglaterra. e Stenheil, em Allemanha, construirão os primeiros telegraphos, que funcionarão, regularmente, em grande distancia.

O anno de 1838 foi testemunha d'um novo passo na telegraphia electrica: reconheceu-se, que se podia substituir o fio de volta da corrente pelo solo; o que diminuiu, consideravelmente, as despesas do estabelecimento da telegraphia electrica, a qual, então, se aperfeiçoou rapidamente.

## § II

### PARTES ESSENCIAES D'UM TELEGRAPHO ELECTRICO

Os systemas de telegraphia electrica, hoje mais geralmente usados, fundão-se na proprie-



dade, que os electro-imans possuem, de attrahirem uma peça de ferro macio, situado na frente dos polos, logoque o fio é atravessado por uma corrente, e de perderem a actividade, logoque a corrente se interrompe.

As partes essenciaes d'um apparelho telegraphico são:

1.<sup>a</sup> Uma *pilha*, situada, em geral, na estação, d'onde parte o telegramma.

2.<sup>a</sup> Uma *linha telegraphica*, isto é, um systema de conductores, que estabelecem a communição entre os dous logares, que estão em correspondencia.

3.<sup>a</sup> Um apparelho, collocado no ponto de partida do telegramma, permite interromper ou restabelecer, á vontade, a corrente, segundo regras convencionaes, e assaz rapidamente, para produzir grande número de signaes em muito pouco tempo. Este apparelho chama-se *manipulador*.

4.<sup>a</sup> Um apparelho, situado no ponto de chegada, e comprehendendo um ou mais electro-imans, em que a corrente desenvolve o magnetismo. Peças de ferro macio, postas em frente d'estes electro-imans, são, então, attrahidas, para serem, depois, abandonadas, quando a corrente cessa. O movimento d'estas peças, transmittindo-se, depois, a orgãos de diversas formas, produz taes ou taes effeitos, conforme o systema. Este apparelho denomina-se *receptor*.

*Estabelecimento da linha.* Os fios, que estabelecem a communição entre as estações tele-

graphicas, devem ser isolados cuidadosamente. Quando estão ao ar livre, sustentão-se por pequenos ganchos, que se fixão sobre apoios de porcelana, applicados a postes de madeira. Quando passão por baixo do chão, mergulhão-se numa massa de betume. Quanto aos fios sub-marinhos, revestem-se de gutta-percha.

Nos primeiros tempos da telegraphia electrica, sempre se usava d'um primeiro fio, que ia do polo positivo da pilha ao receptor da estação de chegada, e d'um segundo fio ou fio de reversão, que voltava do receptor ao polo negativo da pilha. Hoje, supprime-se o segundo fio: faz-se meramente communicar o receptor com a terra, e, do mesmo modo, se põe, em communicação com a terra, o polo negativo da pilha. A terra faz, neste caso, o papel d'um corpo conductor de superficie infinita, no qual a electricidade corre successivamente, de sorte que se produz uma verdadeira corrente, que vai do polo positivo ao receptor pela affluencia incessante de nova quantidade de fluido.

Pela suppressão do segundo fio, não só, se economiza metade do comprimento do fio, que seria necessario, se se usasse d'um fio de reversão, mas tãobem, se consegue, com uma mesma pilha, uma corrente de quasi dupla intensidade.

## § III

## SYSTEMA DE MORSE

*Manipulador.* O manipulador consta d'uma alavanca metálica,  $K'$ , *fig.* 212, movel á roda do eixo  $S$ , o qual communica com a linha. Manobramos a alavanca, apoiando a mão sobre a peça de madeira  $P$ : a ponta metálica  $t$  vem, então, tocar na peça metálica  $b$ , que communica com o polo positivo da pilha, de sorte que, enquanto dura a pressão sobre  $P$ , a corrente da pilha passa pela linha. Logo que a pressão cessa, a mola  $r$  levanta a alavanca, e a corrente é interrompida. O parafuso, encontrando a peça  $a$ , limita o movimento da alavanca. Basta fazer variar a duração dos contactos de  $t$  com  $b$ , assim como a duração das interrupções, para transmittir á linha correntes descontínuas, de duração variavel, e separadas por intervallos variaveis.

*Receptor.* A peça essencial do receptor. *fig.* 213, é uma alavanca  $D$ , movel á roda do eixo  $O$ , e cujos movimentos reproduzem os da alavanca do manipulador. O ramo  $OA$  sustenta um cylindro de ferro, oco, horizontal,  $A$ , perpendicular ao plano da figura, e collocado por cima d'um electro-iman  $E$ , cujo fio communica, d'um lado, com a linha, do outro, com a terra. A outra extremidade da alavanca sustenta uma ponta  $V$ , posta obliquamente. Por cima, passa uma tira de papel  $YY$ , que se conduz por en-

tre dous cylindros horizontaes, *b* e *a*, movidos por um mechanismo de relógio. A tira de papel vai-se desenrolando do tambor *R*, situado por cima do aparelho. Na superficie do cylindro *b*, ha um sulco, correspondente aos pontos, em que vem tocar a ponta *V*, quando se aproxima d'elle, na rotação da alavanca.

Logoque a corrente atravessa o fio, o cylindro *A* é atrahido para *E*, o braço de alavanca *VO* se levanta, e a ponta *V*, empurrando o papel para o sulco do cylindro *b*, faz um traço, cujo comprimento depende da duração da corrente. Tanto que a corrente é interrompida, a mola *r* puxa para baixo o braço de alavanca *OV*, e a ponta *V* fica desviada do papel. Assim de evitar, que estas oscillações da alavanca tenham demaziada amplitude, põem-se, por cima e por baixo da extremidade direita da alavanca, dous parafusos *f* e *g*.

*Signaes.* Os signaes do systema de Morse são todos produzidos por meio de dous traços diferentes, practicados na tira de papel: é o traço (-), que corresponde a uma corrente quasi instantanea, e o traço (—), a que se dá sempre o mesmo comprimento, e que corresponde a uma corrente de determinada duração, que o hábito indica. Pela diversa combinação d'estes dous traços, consegue-se representar, por um pequeno número de cada um d'elles, as letras do alphabeto, os signaes de punctuação, os algarismos, etc.

*Signaes escriptos com tinctoria.* Por ingenhosas

combinações, se tem conseguido, escrever com tincta os telegrammas. Uma d'estas combinações consiste em fazer passar a tira de papel, antes de chegar aos cylindros *b* e *a*, por baixo d'uma rodinha, cuja circumferencia está coberta com tincta: quando a alavanca está em repouso, o papel escorrega por debaixo da rodinha, sem lhe tocar; e roça uma especie de pequeno martello, que substitue o parafuso *V*. No momento, em que a corrente passa, o martello se levanta, applica o papel á roda coberta de tincta, e esta faz um traço, cujo comprimento depende da duração da corrente, transmittida ao apparelho pela linha.

§ IV

TELEGRAPHO COM MOSTRADOR

*Manipulador.* O manipulador d'este telegrapho compõe-se das seguintes peças, *fig. 214*. Um disco de cobre, horizontal, *E*, ao qual se pode imprimir um movimento de rotação em torno do centro, por meio da manivella *M*, tem, na face inferior, uma fenda sinuosa, que está indicada na figura por linhas punctuadas: a fenda offerece treze sinuosidades salientes e outras tantas reintrantes. Na parte *a* da fenda, mette-se uma cavilhazinha de metal, que se fixa na extremidade da alavanca *OG*, movel á roda do ponto *O*: a outra extremidade da alavanca termina por uma tamina metallica flexivel, situada no intervallo de dous parafusos metallicos, *p* e *p'*.

Quando se imprime ao disco um movimento de rotação, a cavilhazinha segue as sinuosidades da fenda, que a desviam e a aproximam, successivamente, do centro do disco; portanto, a lamina flexivel, que está na outra extremidade da alavanca, vem tocar, alternativamente, nos dous parafusos,  $p$  e  $p'$ . Logo, se o parafuso  $p'$  comunica com o polo positivo da pilha, e o centro do disco com a linha, como mostra a linha pontuada, todas as vezes que  $a$  chegar a uma sinuosidade saliente, a lamina virá tocar em  $p'$ , e a corrente passará para o disco e para a linha; todas as vezes que  $a$  chegar a uma sinuosidade reentrante, a lamina virá tocar em  $p$ , e a corrente será interrompida.

A extremidade da manivella  $M$  está collocada por cima d'um mostrador circular, cujo limbo está dividido em 26 casinhas, em que estão as letras do alphabeto e uma cruz convencional. O mostrador é uma placa de metal, que occulta, por baixo, o disco  $E$ . Na figura, está a placa reduzida ao seu contôrno, para deixar ver o disco; e também se cortou parte do contôrno, para se ver bem a alavanca  $G$ . No meio de cada casinha, ha uma pequena depressão, em que se mette uma saliencia, que existe na face interior da manivella; e uma abertura, practicada nesta, deixa ver a letra ou signal, desenhados nas casinhas.

Para conceber o mechanismo da expedição d'um telegramma, devemos suppor a manivella collocada, primeiramente, sobre a cruz: a ala-

vanca  $F$  está em contacto com  $p$ , e a corrente está interrompida: se, então, levâmos a manivella para uma letra de qualquer ordem, o número total de vezes, que a corrente se estabelece e se interrompe, é, precisamente, igual ao número de ordem d'esta letra. O manipulador para um momento na letra, que pretendemos indicar, e passa, depois, ás letras seguintes, fazendo, sempre, gyrar a manivella, no mesmo sentido. Um instante de suspensão sobre a cruz serve para indicar, que se passa d'uma para outra palavra.

*Receptor.* A parte essencial do receptor é um systema de duas rodas dentadas  $R$  e  $R'$ , *fig.* 215, que tem o mesmo eixo e que devem reproduzir todos os movimentos do disco  $E$  do manipulador. Cada uma d'estas rodas tem 43 dentes; e os dentes d'uma alternão com os das outras, de maneira que o intervallo de dous dentes consecutivos d'este systema, que constitue o *escapo*, é a vigesima sexta parte da circumferencia. O eixo commum das duas rodas do escapo é solicitado a mover-se, d'um modo continuo, por um mechanismo de relógio; mas uma batente  $G$ , que, por movimentos, para diante e para traz, á roda do eixo  $aa$ , pode vir encontrar, alternativamente, um dente da roda anterior e outro da posterior, não deixa avançar o escapo senão intermittentemente. Estas intermittencias são reguladas, como vamos ver, pelas correntes, que chegam da linha. O eixo  $aa$  tem, numa das extremidades, uma forquilha  $F$ , em

cujos ramos entra uma cavilha *g*, que está fixada na aste *q*, a qual se sustenta sobre uma peça de ferro macio *P*, movel á roda d'um eixo, que passa pelas pontas dos parafusos *v* e *v*, e collocado em frente dos polos d'um electro-iman *E*. O fio do electro-iman communica, d'uma parte, com a linha, de outra, com a terra. Ora, supponhamos, como fizemos a respeito da expedição do telegramma, que a manivella do manipulador está, primeiro, situada sobre a cruz: a corrente não chega ao electro-iman, e a peça *P*, mantida, verticalmente, pela mola *r*, prende o batente *G* com um dente da roda posterior do escapo: um ponteiro, fixo no eixo do escapo, e movel sobre o mostrador, posto no exterior da caixa do receptor, *fig.* 216, pára, então, sobre a cruz d'este mostrador. Se a manivella do manipulador é levada para a letra *A* do seo mostrador, a corrente chega ao electro-man do receptor, a peça *P* é attrabida, a aste *q* é conduzida para traz, e, por consequencia, o batente *G* vem para diante, deixando o dente da roda posterior para vir deter, na passagem, o dente seguinte da roda anterior. O eixo das rodas deu a vigesima sexta parte d'uma volta, e o ponteiro chegou á letra *A*. Do mesmo modo, se a manivella do manipulador é levada para a letra *B*, a corrente é interrompida no fio do electro-iman, a peça *P* é reconduzida á sua primitiva posição pela mola *r*, e o batente *G*, dirigindo-se para traz, encontra o dente seguinte da roda posterior. O escapo deu, pois,



ainda, a vigésima sexta parte d'uma volta. O mesmo acontece para cada um dos movimentos do manipuladôr, de sorte que todos os movimentos, effectuados pela manivella, na estação de partida, são reproduzidos pelo ponteiro na de chegada.

§ V

TELEGRAPHOS SUBMARINHOS

A idea de estabelecer communições electricas através dos mares foi concebida por Wheatstone em 1840. A maior difficuldade em sua realisação consistia em isolar o fio num meio, tão bom conductor, como é a agua do mar. A importação da gutta-percha veio facilitar a solução d'esta questão, e, em 1849, Walker fez a primeira experiencia, a qual provou a possibilidade de estabelecer correspondencia através do mar. Submergiu, entre um ponto da costa e um navio, situado no porto de Folkstone, um fio de cobre de 2 milhas de comprimento, revestido de gutta-percha, e poudo estabelecer uma correspondencia entre os observadores, situados nas extremidades d'este fio. Logo se estabeleceu com excellent resultado um fio electrico entre França e Inglaterra, de Calais a Dover.

Desde esta epocha se tem estabelecido grande numero de communições submarinhas, e sempre com bom exito; inas a tudo se avanta o cabo transatlantico, destinado a fazer communi-

car a Europa com a America do norte. Depois de estudos longos e multiplicadas sondagens, executadas, principalmente, por Maury, escolherão-se para pontos de partida, Valentia, na costa de Irlanda, e S. João de Terra Nova, na costa americana, os quaes pontos distão entre si 2640 kil. O cabo tinha, por causa das curvaturas do fundo do mar, um comprimento de 4105 kil. Foi bem succedida a difficil operação de situar o cabo, o qual se pode conservar por debaixo das ondas, d'um para o outro hemispherio, sem embargo das tempestades, que já não podião oppor senão impotentes barreiras às communicações entre os dous continentes. Após tão brilhante successo, as communicações serão, de todo, interrompidas, por algum accidente, que se deu no cabo; mas, actualmemente, estão restabelecidas as communicações telegraphicas entre os dous continentes. Praza a Deus, que sejam de longa dura!

## § VI

### APPLICAÇÕES DA TELEGRAPHIA ELECTRICA

Independentemente dos serviços, que o telegrapho electrico presta aos governos, às diversas administrações e às relações commerciaes, é, para a sciencia, d'uma utilidade incontestavel, em grande número de circumstancias. A meteorologia tem já tirado d'elle muito partido; com o seo auxilio pode-se saber, no mesmo momento, o estado do tempo nas mais remotas regiões.

A rapidez da transmissão dá a facilidade de annunciar d'antemão as tempestades e os furacões nos paizes, para onde elles se dirigem, afim de se tomarem providencias para evitar ou attenuar seos effeitos, principalmente nas margens do mar. Também permite transmittir aos portos de mar a hora exacta do observatorio ou do meridiano principal do paiz, de maneira que os capitães de navio podem regular seos chronometros antes de partir sem deixar a praia do mar.

Os astrónomos se servem do telegrapho electrico, para determinar as longitudes. O methodo empregado consiste, em geral, em transmittir, em uma hora bem determinada, uma corrente d'um observatorio para o outro, em que esta corrente desvia uma agulha magnetizada, e onde se observa, ao mesmo tempo que este desvio, a hora, que é no meridiano d'este último observatorio, e que se faz por meio dos pendulos astronomicos, verificados pela observação da passagem de estrellas conhecidas. Se a electricidade se transmittisse, instantaneamente, a differença das horas serviria para calcular a differença das longitudes; mas, como não é assim, repetem-se as experiencias em sentido inverso, isto é, fazendo partir a corrente da estação, que recebia primeiramente o signal. D'esta maneira, o erro desaparece, quando se toma a differença das horas, porque elle affecta, alternativamente, a hora mais forte e a hora mais fraca, horas, que são, uma e outra, augmentadas pelo tempo, que a electricidade leva a pro-

págar-se. Havendo calculado a média de grande número de observações, em que se tomárão todas as precauções, para evitar qualquer erro, os eminentes astrónomos Ayri e Quételet acharão, que as diferenças de longitudes dos observatórios de Londres e de Bruxellas é  $17' 28'',9$ , número identico ao que se havia concluido das observações do eclipse do sol de 15 de maio de 1856.

Os caminhos de ferro tem tirado immenso partido da telegraphia electrica. E' facil ver, quanto é importante, para evitar os encontros das carruagens, poder annunciar com muita anticipação a chegada das que estão dentro da via, particularmente para as carruagens espeziaes, que circulão em horas, em que a via está ordinariamente livre. Os caminhos de ferro d'uma só via serião mesmõ quasi impossiveis sem o telegrapho electrico. Alem d'este uso quotidiano, que os caminhos de ferro fazem da telegraphia electrica, elles aqui vem buscar muitos systems de signaes, destinados a augmentar a segurança, dos quaes vamos dizer algumas palavras.

*Telegraphos portateis.* A favor d'estes telegraphos, collocados em cada carruagem, o conductor pode, quando algum accidente sobrevem, communicar-se com as duas estações, entre as quaes se acha. Para isso, parando o comboio, o conductor prende um dos extremos do fio do apparelho a um fio aereo destinado para este uso, e faz communicar a outra extremidade com o solo, quer mettendo uma cunha de ferro entre

dous carris, quer por intermedio das rodas de ferro da carruagem. No circuito assim formado se acha a pilha, que a carruagem tãobem leva. A corrente se bifurca, e vai fazer entrar em acção, similhantemente, osapparelhos das duas estações. Hipp construiu, para este uso, um pequeno apparelho de Morse, que, com sua pilha, está contido numa caixa de 25 centimetros de comprimento, 10 de altura e 13 de largura.

Ha hoje varios systemas de telegraphos portateis aperfeçoados, de que, todavia, não falaremos, por brevidade.

## CAPITULO XXIV

### ELECTRO-PHYSIOLOGIA

#### § I

#### OBJECTO DA ELECTRO-PHYSIOLOGIA

O fundador da electro-physiologia é Galvani. Depois d'este eminente experimentador, muitos physicos distinctos, Humboldt, Nobili, Mariani-ni, e especialmente Matteuci, a enriquecêrão com importantes descobertas.

A parte da physica, encarregada da electricidade dinamica em suas relações com a physiologia, pode ser encarada debaixo de dous aspectos principaes: 1.º estudando as condições, em que as correntes electricas se desenvolvem nos seres organizados; 2.º indagando a influencia,

que a electricidade exerce sobre os mesmos seres.

Os instrumentos, de ordinario empregados no estudo dos phenomenos electro-physiologicos, são, o galvanometro, a pilha de corrente constante, dos quaes já falámos, e a *ran galvanoscopica*, de que vamos falar.

## § II

### RAN GALVANOSCOPICA

Começa-se por preparar uma ran, escolhida entre as mais vivazes, como Galvani practicava. Corta-se a ran aos dous terços do corpo, exactamente por baixo das patas superiores: deita-se fora o terço da ran com todas as entranhas, e tira-se a pelle aos dous terços. Temos, assim, um pedaço de medulla espinal com a bacia e os dous membros inferiores. Finalmente, mettendo uma tesoura por entre os nervos lombares e a bacia, e, cortando esta em dous logares, temos a *ran preparada á maneira de Galvani*, fig. 217.

Para applicar a ran ao estudo das correntes electricas, havemos de fazer passar esta por um unico filamento nervoso da ran. Para isso, cortâmos, em duas metades, a ran, preparada á maneira de Galvani, e, com uma preparação muito facil, tirâmos, d'uma das metades, o osso e os musculos da coxa, deixando o nervo intacto.

D'esta maneira, vimos a ter uma perna de

ran, a que está preso um longo filamento nervoso, composto da porção lombar da bacia e da porção crural da coxa. Introduzimo-la em um tubo de vidro envernizado, e temos assim um instrumento, muito sensível á passagem da corrente electrica.

Para usarmos d'esta especie de galvanoscópio, tomâmos o tubo de vidro pela extremidade, opposta áquella, pela qual introduzimos a perna da ran, e tocâmos no filamento nervoso, o qual está caído para fora do tubo, com os dous pontos do elemento electro-motor, que queremos estudar. Se o filamento nervoso é, com effeito, percorrido por uma corrente electrica, veremos a perna contrahir-se immediatamente.

A ran, empregada d'este modo, a qual denominaremos, *ran galvanoscopica* ou *rheoscopica*, *fig. 218*, é, de certo, o apparelho mais sensível, que a sciencia possui, contanto que seja renovado de tempos a tempos.

### § III

#### PEIXES ELECTRICOS

Conhecem-se alguns peixes, dotados da singular propriedade de produzirem commoções electricas. O maior é o *gymnoto* ou enguia electrica. Humboldt viu alguns de quasi 2 metros e meio. A torpedo ou tremelga, que é uma especie de raia, abunda no Mediterraneo.

Quando tocámos no animal, directamente ou com um corpo bom conductor da electricidade, e o animal se irrita, soffremos uma commoção, semelhante á que resulta da descarga d'uma garrafa de Leyde: tocando-lhe, com um corpo mau conductor, não soffremos nenhum abalo: quando duas pessoas dão as mãos, e só uma d'ellas toca no animal, ambas recebem a commoção. Segundo Valsh, o ventre e o dorso tem tensões electricas de signaes contrarios: 20 pessoas, dando as mãos, umas ás outras, tocando a primeira no dorso, e a última no ventre d'uma tremelga, todas soffrêrão commoção.

Os peixes electricos tem um apparelho, destinado ao desenvolvimento da electricidade. A conformação d'este apparelho é differente nos diversos animaes, que o possuem. Na enguia electrica ou gymnoto, que é o peixe, em que a faculdade de produzir electricidade é mais notavel, consta de quatro feixes, que se estendem ao longo do dorso e da cauda, e se compõem de grande número de laminas parallelas, umas horizontaes, outras verticaes.

#### § IV

#### EFFEITOS PHYSIOLÓGICOS, PRODUZIDOS PELAS CORRENTES SOBRE OS ANIMAES MORTOS

Os effeitos physiologicos consistem nos phenomenos, produzidos sobre os animaes mortos



ou vivos e sobre os vegetaes: sua intensidade depende do número dos pares da pilha. Falaremos, primeiramente, das experiencias feitas sobre animaes mortos.

A primeira experiencia, que temos de citar, é a que fez Galvani com membros de rans, e que deu logar á descoberta da pilha. Depois da invenção d'este maravilhoso apparelho, usou-se d'elle para fazer experiencias sobre animaes, ou partes de animaes, de grande estatura. Aldini submetteu á acção da corrente a cabeça d'um boi, recentemente morto. Uma aste de metal fazia communicar o interior d'uma orelha, molhada em agua salgada, com um dos polos da pilha; o outro polo communicava com a outra orelha: logo, os olhos se volvérão, as orelhas e a lingua se agitárão, e as ventas se alargárão. Aldini fez tãobem experiencias sobre cadaveres de bois, carneiros, cães, coelhos, pintos; e observou movimentos analogos aos que se produzem durante a vida. Humboldt, fazendo passar a corrente da pilha através do corpo de peixes, a que tinha cortado a cabeça, os viu saltar e bater com a cauda. Uma cigarra, submettida por Zanotti á acção d'uma corrente, dizem, que cantava, como se estivesse viva.

As experiencias mais notaveis são as que se fizerão sobre cadaveres humanos. Citaremos, em particular, as que forão feitas em Glasgow por Andrew Ure, sobre o cadaver d'um suppliciado. As communicações com os polos d'uma pilha erão estabelecidas, por meio de astes, terminadas

em ponta, e munidas de cabos isoladores. Pondo-se um dos polos da pilha em communicação com a medulla espinal, descoberta por baixo da nuca, e o outro polo com uma incisão, feita no calcanhar, a perna, previamente no estado de flexão, se estendeu com tal violencia, que um dos assistentes, que se oppunha á sua extensão, esteve a ponto de cair. Sendo um dos polos introduzido em uma incisão, practicada por cima cartilagem da septima costela, e o outro polo posto em contacto com um nervo do pescoço, o peito se levantou e abaixou com ruido; todos os movimentos, que acompanhão a respiração, se produzirão.

Tocando-se num dos nervos da sobrancelha (*supra-orbital*) com um dos polos, enquanto o outro estava mettido na incisão, feita no calcanhar, os musculos da face se contrahirão d'um modo pavoroso. A raiva, o horror, a desesperação, um sorriso medonho, se desenhárão na face do assassino. Na presença d'este espectáculo, muitos dos espectadores se retirárão horrorizados.

As experiencias, feitas sobre individuos mortos naturalmente, não derão nenhum resultado; o que se concebe, porquanto as propriedades, do que as diversas partes do organismo são dotadas, se tem gradualmente aniquilado.

## § V

## SENSAÇÕES PRODUZIDAS PELAS CORRENTES FRACAS

As correntes produzem, sobre os seres vivos, sensações e contracções. A experiencia mais antiga foi publicada por Sulzer, em sua *Theoria geral do prazer*, alguns annos antes da descoberta de Galvani. Collocão-se dous discos, um de zinco, outro de cobre, o primeiro por cima, o segundo por baixo da lingua, e põem-se em contacto, por seo bordo exterior: logo, se sente sabor acido no logar da lingua, tocado pelo zinco, e sabor alcalino, em o logar, tocado pelo cobre. Se a experiencia se prolonga, podem sobrevir nauseas. Volta, que fez reviver esta experiencia, achou, que o sabor varia, segundo a natureza dos metaes, de acido ardente a alcalino amargo. Estas sensações procedem, ao menos em parte, da decomposição dos humores da lingua pela corrente electrica, originada pelo elemento voltaico, que os dous metaes formão.

Diversos observadores variarão depois estas experiencias. Hunter, havendo collocado uma lamina de metal, debaixo da lingua, e outra de especie differente, entre o labio e a gengiva da maxilla superior, divisou um clarão assaz vivo, todas as vezes que punha estas laminas em contacto. Obteve resultados semelhantes, applicando as laminas aos dous olhos, ou uma a um olho e outra á lingua.

Todos estes effeitos luminosos devem ser at-

tribuidos a contracções e comparadas com as que se produzem, comprimindo e esfregando as palpebras.

§ VI

ELECTRICIDADE ANIMAL

Resulta do que precede, que as correntes electricas, interrompidas ou continuas, são capazes de produzir, nos órgãos dos animaes, effeitos, analogos aos que produz a influencia nervosa; contracções, sensações, secreções, movimentos do coração e da respiração: podemos, por meio d'uma corrente, restabelecer as funcções do estomago, dos intestinos, dos órgãos de secreção. Os physiologistas admittem, geralmente, a existencia d'um agente, muitas vezes designado pelo nome de *fluido nervoso*, e que transmite, do cerebro, onde a vontade tem sua sede, aos differentes órgãos, a excitação, necessaria ao exercicio de suas funcções. Como a electricidade actua similhantemente, alguns physiologistas admittirão, que o fluido nervoso não era outra cousa mais do que a electricidade, gerada no cerebro, e d'aqui lançada, pelo acto da vontade, e através do systema nervoso, na direcção, em que o effeito deve produzir-se.

A idea da identidade do fluido nervoso e da electricidade, ora admittida, ora combatida pelos physicos e pelos physiologistas, tende a confirmar-se cada vez mais, á medida que a sciencia progride. Mas, no estado actual da sciencia,

esta idea não pode ainda ser considerada senão como hypothese muito plausivel.

## § VII

### APPLICAÇÃO DA ELECTRICIDADE Á MEDICINA

Tem-se querido tirar partido dos effeitos variados, que a electricidade produz sobre os órgãos, para curar diversas doenças. Ao principio, empregava-se a commoção da garrafa ou uma serie de faiscas; ou se administrava o *banho electrico*, isto é, carregava-se de electricidade o doente, previamente isolado. Ao principio, operava-se sem methodo e ao acaso; por isso, occorrêrão dúvidas ácerca da realidade dos bons successos obtidos. Demais, havendo o charlatanismo lançado mão d'esta nova maneira de curar, a electrotherapia se desacreditou.

As descobertas de Galvani e de Volta chamáráo a attenção para este objecto. Muitos physicos e physiologistas se tem occupado d'esta questão; e, comtudo, ainda existem dúvidas sobre os effeitos reaes da electricidade, sobre os casos, em que deve applicar-se, e sobre o melhor modo de applicação. Todavia, os practicos estão de acôrdo em preferir o uso das correntes ao da electricidade estatica, e, salvo um pequeno número de casos, as correntes interrompidas ás correntes continuas. Finalmente, ha ainda que fazer escolha entre as correntes da pilha e as correntes de inducção.

Com effeito, tendo as correntes de inducção, aindaque muito intensas, uma acção chymica muito fraca, segue-se, que, ao atravessarem os órgãos, não produzem os effeitos chymicos das correntes da pilha, e, por consequencia, não tendem a produzir a mesma desorganização. Demais, para a electrização dos musculos da face, as correntes de inducção devem ser preferidas; porquanto, Duchenne, que fez numerosas indagações sobre as applicações therapeuticas da electricidade, achou, que estas correntes não obrão, senão muito fracamente, sobre a retina, e que as correntes da pilha operão, muito vivamente, sobre este órgão, podendo affectal-o perigosamente, como funestos accidentes tem provado.

Do que acabámos de dizer se conclue, que as correntes não devem ser applicadas á therapeutica senão com conhecimento profundo de suas differentes propriedades; e não se deve fazer uso d'ellas senão com muita prudencia; porquanto sua acção, demasiadamente prolongada, pode ser a causa de graves accidentes. Matteucci diz: «E' preciso, principiar sempre pelo emprêgo d'uma corrente muito fraca. Esta precaução me parece hoje mais importante do que me parecêra antes de ter visto um paralytico, acommettido de convulsões, verdadeiramente tetanicas, pela acção d'uma corrente, fornecida por um só elemento. Não se protraia, demasiadamente, a passagem da corrente, sobretudo sendo energica. Applique-se antes a corrente interrompida do que a corrente continua; e, depois

de 20 ou 30 choques, quando muito, deem-se ao doente alguns momentos de repouso.\*

Numerososapparelhos tem sido imaginados, para applicar á therapeutica as correntes interrompidas, obtidas, já pela inducção das correntes, já pela inducção dos imans, já pela pilha. Não descreveremos senão um dos mais usados, que é o

### § VIII

#### APPARELHO ELECTRO-VOLTAICO DE DUCHENNE

Este apparelho consta d'uma bobina de dous fios, semelhante á que já descrevemos, falando das correntes de inducção, e encerrada num estojo de latão *V*, *fig.* 219. Esta bobina está fixada sobre uma caixa de madeira, em que ha duas gavetas. A primeira contém uma bussola, que faz o officio de galvanometro e serve para medir a intensidade da corrente inductriz pelo desvio, que ella imprime á agulha. A segunda contém uma pilha de carvão, com o menor volume possível. O elemento zinco *Z* tem também a forma d'uma pequena gaveta, em que ha uma solução de sal marinho e uma placa rectangular de carvão de coke bem calcinado, como o da pilha de Bunsen. Na parte central do carvão, ha uma pequena cavidade *O*, em que se deita uma pequena quantidade de acido azotico, que é absorvido. Duas pequenas laminas de cobre, *L* e *N*, communicão, a primeira com o zinco e re-

presenta o polo negativo, a segunda com o carvão e representa o polo positivo. Quando as gavetas estão fechadas, os polos *L* e *N* estão em contacto com as extremidades inferiores dos botões de cobre *E* e *C*: d'estes ultimos partem dous fios de cobre *EF* e *CB*, que conduzem a corrente ás peças *H* e *G*, a primeira das quaes é movel. Quando está abaixada, a corrente passa; mas, se se levanta, como o desenho mostra, a corrente se interrompe.

Como a corrente induzida não se produz senão no momento, em que a corrente inductriz começa ou acaba, importa, que esta última tenha repetidas intermittencias. No apparatus de Duchenne, estas intermittencias podem ser rapidas ou lentas, como se quizer. Para as intermittencias rapidas, a corrente passa por uma peça *A* de ferro macio, que oscilla muito depressa, debaixo da influencia d'um feixe de fio de ferro macio, situado no eixo da bobina e magnetizando-se temporariamente, quando a corrente passa. E' esta peça *A*, que, em seo movimento de vai-vem, interrompe e restabelece a corrente inductriz, e, por consequencia, dá origem á corrente induzida.

Para as intermittencias lentas, fixa-se a peça oscillante por meio d'uma pequena aste *a*; depois, em vez de fazer passar a corrente pela peça *A*, faz-se passar por uma lamina elastica *K* e pelos dentes d'uma roda de madeira *D*, que são de metal e communicão com o pé *I* e com o botão *C*. Fazendo gyrar a manivella *M*, a cor-



rente se interrompe, todas as vezes que a lamina *K* cessa de tocar num dente; e como ha 4 dentes, ha 4 intermittencias pela révolução, o que permite, fazendo gyrar mais ou menos depressa, variar, á vontade, o número das intermittencias, e, por consequencia, das commoções em um tempo dado.

Para transmittir as commoções, fazem-se chegar os extremos do fio induzido a dous botões *P* e *Q*, sobre os quaes se fixão dous longos fios de cobre, revestidos de seda, e terminados por dous excitadores de cabo de vidro *T*, *T*. São estes excitadores, que se applicão sobre os órgãos, para fazer passar a corrente pela parte do corpo, que se quer.

Emfim, o apparelho tem um *graduador*, destinado a fazer variar a intensidade da corrente. Este graduador consiste em um cylindro de cobre vermelho, que envolve a bobina, e que pode puxar-se mais ou menos, por meio d'uma aste graduada *R*. O maximo de intensidade tem logar, quando o graduador é puxado de maneira que descubra toda a bobina, e o minimo, quando a cobre. Esta influencia do cylindro envolucro se explica por correntes de indução, que se produzem na sua massa.

FIM DO TOMO QUARTO E ÚLTIMO.





# INDICE

## SECÇÃO SEPTIMA

### *Electricidade*

	PAG.
Capítulo I Preliminar	1
» II Phenomenos electricos em geral	3
§ I Quiescencia * electrica. Causas de excitação da electricidade. Differentes especies de phenomenos electricos	»
§ II Descoberta da electrici- dade	4
§ III Electrização por attrito	8
§ IV Bons e maos conducto- res da electricidade	9
§ V Circumstancias, que in- fluem na conductibilida- de dos corpos	12
§ VI Reservatorio commum	13
§ VII Corpos isoladores	»
§ VIII Comunicação da ele- ctricidade	15
§ IX Duas especies de electri- cidade	16
§ X Desenvolvimento simul- taneo das duas especies de electricidade	18
§ XI Hypotheses para expli- car os phenomenos electri- cos	20

	§ XII Disposição da electricidade sobre os bons conductores	23
	§ XIII Perda da electricidade	26
	§ XIV Electricidade estatica e electricidade dynamica	27
	§ XV Tensão e corrente electricas	28
	§ XVI Atmosphaera electrica. Inducção	31
Cap.	III Máchinas electricas e electroscopios	32
	§ I Descrição geral das máchinas electricas	»
	§ II Cuidados relativos ás tres peças principaes das máchinas electricas	35
	§ III Invenção e modificações da máchima electrica	36
	§ IV Máchima hydro-electrica	38
	§ V Experiencias feitas com a máchima electrica	41
	§ VI Electroscopios	43
»	IV Avaliação das forças electricas	48
	§ I 1. <sup>a</sup> lei das attracções e repulsões electricas	»
	§ II Verificação	54
	§ III 2. <sup>a</sup> lei das attracções e repulsões electricas	56
	§ IV Objecções á generalidade das leis de Coulomb	58
	§ V Plano de prova	59
	§ VI Modo de usar do plano de prova	61

	§ VII Medição da perda de electricidade pelo ar	63
	§ VIII Poder das pontas	65
	§ IX Theoria mathematica da electricidade	67
Cap.	V Electricidade por influencia ou inducção estatica	70
	§ I Desenvolvimento da electricidade por influencia em um corpo isolado	»
	§ II Theoria da electrização por influencia	73
	§ III Theoria de Faraday sobre a electrização por influencia	75
	§ IV Determinação do poder inductor das diversas substancias	77
	§ V Electrização d'um corpo por influencia	80
	§ VI Desenvolvimento da electricidade por influencia em muitos conductores successivos	82
	§ VII Effeitos das pontas nos phenomenos de inducção e na máchina electrica	83
	§ VIII Acção em distancia por influencia sobre os electroscopios	85
	§ IX Explicação das attracções e das repulsões electricas	86
	§ X Electrophoro	90
	VI Electricidade dissimulada	92

	§ I	Principio das electricidades dissimuladas	»
	§ II	Recomposição lenta e recomposição subita	95
	§ III	Theoria do condensador e da garrafa de Leyde	97
	§ IV	Condensador de Volta	100
	§ V	Condensador de Pecket	102
	§ VI	Quadro magico	103
	§ VII	Garrafa de Leyde	104
	§ VIII	Carga e descarga	105
	§ IX	Experiencias, que mostram a diversa natureza das duas armaduras	107
	§ X	Origem da garrafa de Leyde	109
	§ XI	Bateria electrica	110
	§ XII	Carga por cascata	112
	§ XIII	Electrometro circular de Harris	113
	§ XIV	Electrometro de descarga de Lane	114
	§ XV	Electrometro descarregador de Cuthbertson	115
	§ XVI	Descarregador universal de Henley	116
Cap.	VII	Effeitos da garrafa Leyde e das baterias electricas	117
	§ I	Effeitos physiologicos	118
	§ II	Effeitos physicos	»
	§ III	Effeitos mechanicos	123
	§ IV	Effeitos chymicos	124
»	VIII	Luz electrica	126
	§ I	Para se produzir a luz electrica, é preciso, que a	

		electricidade esteja em movimento	»
	§ II	Origem da fuisca electrica	127
	§ III	Ruido da fuisca electrica	130
	§ IV	Fuisca através dos liquidos e dos solidos	131
	§ V	Da forma da fuisca nos gazes	132
	§ VI	Côr da fuisca electrica	134
	§ VII	Phenomenos recreativos, produzidos pela fuisca electrica	135
	§ VIII	Pennachos electricos	137
	§ IX	Differença entre os pennachos positivos e negativos	139
	§ X	Pennachos no ar rarefeito e em diversos meios	141
	§ XI	Luz electrica no vacuo e nos vapores	142
Cap.	IX	Fontes de electricidade	145
	§ I	Fricção	»
	§ II	Pressão	146
	§ III	Accção do calor	148
	§ IV	Accções chymicas	150
	§ V	Accções physiologicas	153
«	X	Meteoros electricos	154
	§ I	Descoberta da electricidade atmospherica	»
	§ II	Apparelhos para reconhecer a electricidade atmospherica	156
	§ III	Lei da electricidade atmospherica	158

	§ IV	Variações diurnas da electricidade atmospherica	160
	§ V	Causas da electricidade atmospherica	162
	§ VI	Electricidade das nuvens	165
	§ VII	Relampago	166
	§ VIII	Ruido do trovão	168
	§ IX	Acção das nuvens tonitruosas sobre a terra	170
	§ X	Effeitos do raio	172
	§ XI	Guarda-raio	173
	§ XII	Saraiva	176
	§ XIII	Theoria da saraiva	178
	§ XIV	Lume de santelmo	179
	§ XV	Auroras polares	180
Cap.	XI	Magnetismo	186
	§ I	Iman natural	»
	§ II	Polos	188
	§ III	Communicação da virtude magnetica. Imans artificiaes	189
	§ IV	Declinação e inclinação	191
	§ V	Isochronismo das oscillações d'uma agulha magnetizada, sujeita á acção da terra sómente	193
	§ VI	Direcção da força magnetica do globo	194
	§ VII	Intensidade da acção magnetica do globo	197
	§ VIII	Lei das attracções e das repulsões magneticas	199
	§ IX	Determinação da força magnetica dos imans	203



§ X	Distribuição do magnetismo em uma barra magnetizada	206
§ XI	Ponctos consequentes	209
§ XII	Analogias entre o magnetismo e a electricidade	210
§ XIII	Theoria do magnetismo	213
§ XIV	Magnetização	216
§ XV	Magnetização por simples contacto e por toque singelo	217
§ XVI	Magnetização pelo toque dobrado	219
§ XVII	Influencia do choque e da temperatura sobre o estado magnetico dos imans	223
§ XVIII	Feixes magneticos	224
§ XIX	Armaduras	226
§ XX	Magnetização pela acção da terra	227
§ XXI	Acção dos imans sobre os corpos não magneticos	230
§ XXII	Effeitos magneticos dos corpos em movimento	232
§ XXIII	Bussola de declinação. História	234
§ XXIV	Bussola fixa	235
§ XXV	Bussola maritima	237
§ XXVI	Bussola de agrimensor	238
§ XXVII	Desvio da bussola por causa do ferro, que en-	

		tra na construcção dos navios	238
	§	XXVIII Agulhas astaticas	240
	§	XXIX Declinação nos diversos pontos do globo	241
	§	XXX Bussola de inclinação	243
	§	XXXI Inclinação nos diferentes pontos do globo	244
	§	XXXII Variações seculares de declinação	246
	§	XXXIII Variações diurnas	248
	§	XXXIV Perturbações da bussola de inclinação	250
	§	XXXV Variações da inclinação	251
	§	XXXVI Linhas isodynamicas	252
	§	XXXVII Decrescimento da intensidade magnetica na atmosphaera	253
Cap.	XII	Galvanismo	254
	§	I Descoberta do galvanismo	»
	§	II Disputa entre Galvani e Volta sobre a natureza da chamada electricidade animal	256
	§	III Phenomenos fundamentaes do galvanismo	259
	§	IV Foça electro-motriz	261
	§	V Propriedades da foça electro-motriz	264
	§	VI Outros meios de tornar patente a producção da electricidade	268
»	XIII	Pilhas voltaicas	270

	§ I	Pilha de columna	»
	§ II	Tensão da pilha	272
	§ III	Corrente da pilha	273
	§ IV	Theoria da pilha segundo Volta	275
	§ V	Noções sobre a theoria chymica da pilha	278
	§ VI	Pilhas d'um só liquido	281
	§ VII	Pilhas de dous liquidos	287
	§ VIII	Pilhas seccas	292
	§ IX	Movimento perpétuo	294
Cap.	XIV	Effeitos calorificos e luminosos da pilha	295
	§ I	Effeitos calorificos	»
	§ II	Effeitos luminosos	297
	§ III	Propriedades da luz no arco voltaico	300
	§ IV	Iluminação electrica	301
»	XV	Electro-magnetismo	303
	§ I	Descoberta do electro-magnetismo	»
	§ II	Experiencia de OErsted. Hypotheses para caracterizar melhor os phenomenos	305
	§ III	A corrente tende a formar uma cruz com a agulha, indo o polo austral para a esquerda	307
	§ IV	Rotação dos imans pela influencia das correntes	310
	§ V	A intensidade da acção da corrente é inversamente proporcional á simples distancia	312
	§ VI	Condições de equilibrio	

	d'uma agulha magnetizada, submettida á accção d'uma corrente rectilínea indefinida	315
	§ VII Rheometro	317
	§ VIII Magnetização pelas correntes electricas	321
	§ IX Electro-imans	322
	§ X Máquinas electro-magneticas	324
	§ XI Magnetização pela electricidade ordinaria	326
	§ XII Accção do globo sobre as correntes	327
	§ XIII Accção dos imans sobre as correntes	331
	§ XIV Rotação do mercúrio	333
Cap.	XVI Leis relativas á intensidade e conductibilidade das correntes	334
	§ I Medida da intensidade d'uma corrente	»
	§ II Bussola de senos	335
	§ III Bussola de tangentes	337
	§ IV Influencia das resistencias sobre a intensidade d'uma corrente	339
	§ V Leis de Ohm sobre a intensidade das correntes	342
	§ VI Leis da pilha	346
	§ VII Rheostato	348
	§ VIII Comparação das forças electro-motrices	350
	§ IX Conductibilidade para	

		as correntes hydro-electricas	351
		§ X Correntes derivadas. Leis da derivação	353
Cap.	XVII	Electro-chymica	355
		§ I História. Nomenclatura	»
		§ II Electrolyse da agua	357
		§ III Electrolyse dos oxydos	358
		§ IV Decomposição do ammoniaco	360
		§ V Electrolyse dos acidos e dos saes	361
		§ VI Circumstâncias, que influem nas electrolysações	363
		§ VII Theoria da electrolyse	365
		§ VIII Transporte de liquidos	367
		§ IX Leis do transporte dos liquidos	368
		§ X Combinações electro-chymicas	371
		§ XI Leis da electrolyse	372
		§ XII Arvore de saturno	374
»	XVIII	Galvanoplastica	376
		§ I Historia. Diversos ramos de galvanoplastica	»
		§ II Galvanoplastica	378
		§ III Electrotypia	383
		§ IV Depósito dos metaes em camadas delgadas: douradura, prateadura	385
		§ V Depósito dos oxydos e coloração	387
»	XIX	Ozone	392
		§ I Descoberta do ozone	»
		§ II Propriedades do ozone	383

		§ III	Condição da produção e da destruição do ozone	395
		§ IV	Natureza do ozone	399
		§ V	Da presença do ozone na atmosphera	401
Cap.	XX		Electro-dynamica	403
		§ I	Descoberta da electro-dynamica. Tábua de Ampère	»
		§ II	Commutadores	404
		§ III	Correntes parallelas	406
		§ IV	Correntes sinuosas	408
		§ V	Correntes cruzadas	409
		§ VI	Rotação d'uma corrente pela acção d'outra corrente	411
		§ VII	Acção directriz d'uma corrente indefinida sobre uma corrente finita	414
		§ VIII	Solenoides	415
		§ IX	Acção da terra sobre as correntes	418
		§ X	Theoria do magnetismo	423
		§ XI	Explicação do phenomeno da rotação dos imans pelas correntes	427
	» XXI		Thermo-electricidade	429
		§ I	Correntes thermo-electricas	»
		§ II	Causas dos phenomenos thermo-electricos	431
		§ III	Principio theorico	433
		§ IV	Poderes thermo-electricos dos metaes	435
		§ V	Provas experimentaes do principio estabelecido	437
		§ VI	Character distinctivo das	

	correntes thermo-electricas	438
	§ VII Pilha thermo-electrica.	
	Thermo-multiplicador	439
	§ VIII Construcção d'uma tá- bua thermo-electrica	440
	§ IX Influencia do polido das superficies e da espessura do corpo diaphano sobre o calor transmittido	442
	§ X Substancias diathermi- cas	443
	§ XI Influencia da fonte de calor	445
Cap.	XXII Inducção	447
	§ I Inducção pelas correntes	»
	§ II Apparelho de inducção de Matteuci	449
	§ III Inducção pelos imans	451
	§ IV Inducção pelos imans nos corpos em movimento	454
	§ V Inducção pela acção da terra	456
	§ VI Máchina de Clarke	459
	§ VII Máchina de Ruhmkorff	461
	§ VIII Effeitos produzidos com a bobina de Ruhmkorff	462
	§ IX Estratificação da luz ele- ctrica	464
	§ X Tubos de Geissler	465
	§ XI Foguete de Stateham	467
	§ XII Caracteres das corren- tes de inducção	469
	§ XIII Leis das correntes de inducção	470
»	XXIII Diamagnetismo	471

	§ I	Diamagnetismo. Substancias diamagneticas	»
	§ II	As propriedades das substancias diamagneticas dependem do meio, em que estão mergulhadas	473
	§ III	Effeitos diamagneticos dos imans poderosos	475
	§ IV	Accões magneticas dependentes da estructura dos corpos	477
	§ V	Explicação do diamagnetismo	478
Cap.	XXIV	Velocidade da electricidade	480
	§ I	História	»
	§ II	Experiencia de Wheatstone	481
	§ III	Avaliação da velocidade	482
	§ IV	Experiencias com a electricidade voltaica	484
»	XXV	Telegraphia electrica	486
	§ I	História	»
	§ II	Partes essenciaes d'um telegrapho electrico	488
	§ III	Systema de Morse	491
	§ IV	Telegrapho com mostrador	493
	§ V	Telegraphos submarinhos	497
	§ VI	Applicações da telegraphia electrica	498
»	XXVI	Electro-physiologia	501
	§ I	Objecto da electro-physiologia	»
	§ II	Ran galvanoscopica	502



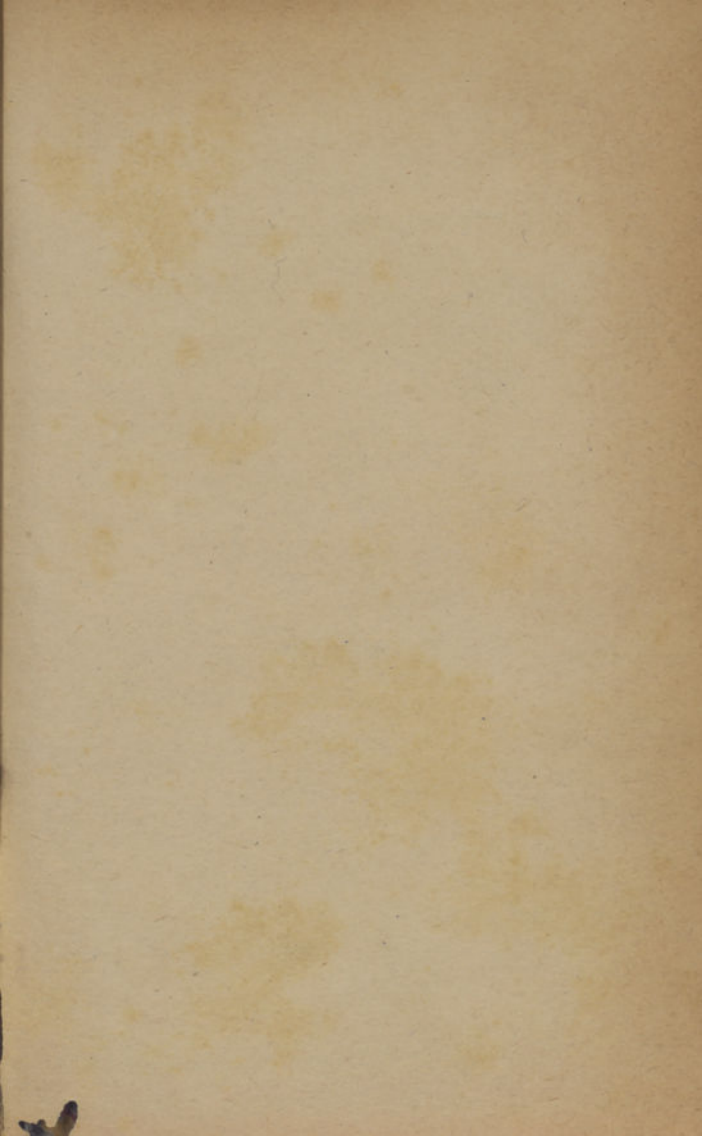
§ III Peixes electricos	503
§§ IV Effeitos physiologicos, produzidos pelas correntes sobre os animaes mortos	504
§ V Sensações produzidas pe- las correntes fracas	507
§ VI Electricidade animal	508
§§ V II Applicaçào da electri- cidade á medicina	509
§ VIII Apparelho electro-vol- taico de Duchenne	511

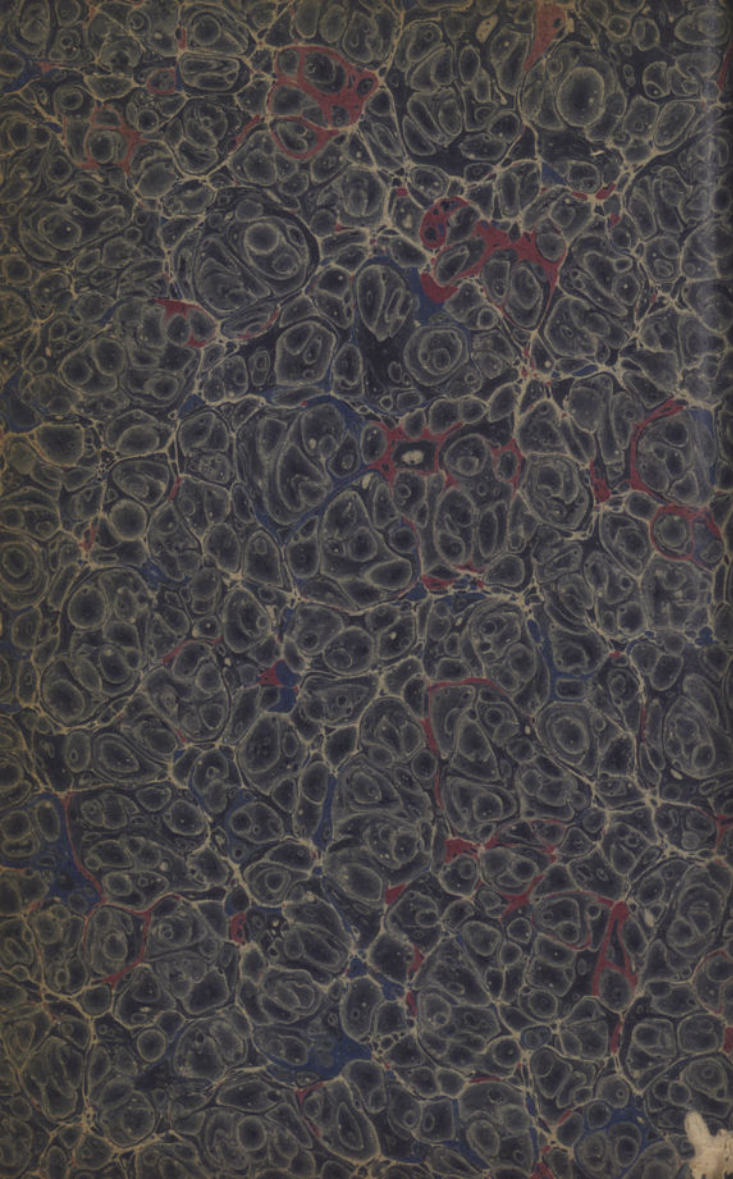


27

200 III. Física eléctrica  
201 I. Física física  
202 I. Física física  
203 I. Física física  
204 I. Física física  
205 I. Física física  
206 I. Física física  
207 I. Física física  
208 I. Física física  
209 I. Física física  
210 I. Física física  
211 I. Física física









RÓ  
MU  
LO

CENTRO CIÊNCIA VIVA  
UNIVERSIDADE COIMBRA



\*1329658182\*

