

Bibliotheca de Philosophia scientifica

---

# *A Sciencia Moderna*

e o seu estado actual

POR

ÉMILE PICARD

Membro do Instituto  
Professor da Faculdade de Sciencias de Paris



LISBOA

Antiga Casa Bertrand — JOSÉ BASTOS & C.<sup>ª</sup> — Editores  
73 — Rua Garrett — 75





O Livro é  
Dr. Emílio de Queiroz  
Lopes  
2018

658.

# A Sciencia Moderna

e o seu estado actual

---

Editores e proprietarios: José Bastos & C.<sup>a</sup> — Composição e impressão na typographia  
da Antiga Casa Bertrand, Rua da Alegria, 100 — Lisboa

OBRAS PUBLICADAS

NA

**Bibliotheca de Philosophia scientifica**

---

**A Historia da Terra**, por *L. de Launay*.

**A Vida do Direito** e a inutilidade das leis, por *Jean Cruet*.

**A Luta Universal**, por *Felix Le Dantec*.

**A Alma e o Corpo**, por *Alfred Binet*.



Bibliotheca de Philosophia scientifica

# *A Sciencia Moderna*

e o seu estado actual

POR

ÉMILE PICARD

Membro do Instituto  
Professor da Faculdade de Sciencias de Paris



LISBOA

Antiga Casa Bertrand — JOSÉ BASTOS & C.<sup>ª</sup> — Editores  
73 — Rua Garrett — 75

Rc

001

Pic





# A SCIENCIA MODERNA

E O SEU ESTADO ACTUAL

---

## INTRODUÇÃO

---

### I

O fim que tenho em vista, neste pequeno livro, é dar uma ideia de conjunto sobre o estado das sciencias mathematicas, physicas e naturaes, nos primeiros annos do seculo xx. Certamente se ha de julgar, e não sem razão, que é necessaria muita audacia, para se ter hoje a pretensão de expôr um quadro semelhante. A minha desculpa está em que varias pessoas pensaram que haveria algum interesse em continuar e desenvolver o Relatorio geral sobre os progressos das sciencias, de que eu fôra encarregado por occasião da Exposição Universal de 1900. Um esboço summario, e creio que fiel, do estado actual das sciencias, dos seus methodos e das suas tendencias, precedido d'algumas observações historicas, parece-me

preferivel ás dissertações abstractas para a comprehensão do que os sabios procuram, da ideia que devemos fazer da sciencia e do que ella nos pode dar.

Evitarei em geral a discussão puramente philosophica; trataremos da philosophia das sciencias, estudando as suas correlações e influencias reciprocas, pondo em relevo o verdadeiro objecto das suas investigações; mas isto não é philosophia no sentido que em geral se dá á palavra. Nunca um physico ou um physiologista se interrogará, durante uma experiencia, sobre a realidade do mundo exterior; elle acredita, na sua accepção vulgar, na realidade dos phenomenos que se produzem e dos quaes procura fixar as leis. Noutras occasiões, poderá preoccupar-se com o lado idealista da questão; mas, como durante a investigação scientifica aquella preocupação seria completamente esteril, o sabio abandona-a desde que entra no seu laboratorio. Noutra ordem d'ideias, o geometra, quando estuda as propriedades das linhas e das superficies, não se preocupa com as origens das noções geometricas; se o faz noutras occasiões, será, por vezes inconscientemente, partindo d'um systema philosophico bem determinado, quer, como um grande numero de mathematicos, encarando um espirito humano, de certo modo fóra do mundo objectivo, que elle poderá suppôr trabalhando mais ou



menos sobre os dados da experiencia; quer, collocando-se sob o ponto de vista do evolucionismo, apenas vendo nos problemas d'origem, questões de hereditariedade e adaptação. Pôr consequencia apenas por incidente tratarei d'aquelles problemas, não porque lhes desconheça a importancia, mas porque, em virtude da sua natureza psychologica e metaphysica, estão fóra dos limites que impus ao meu trabalho.

O que nos resta é ainda bastante consideravel, e offerecendo-nos não poucas difficuldades. Fazendo a historia dos trabalhos mais recentes, esforçar-nos-emos por assignalar os diversos pontos de vista sob os quaes se pode actualmente encarar a noção d'explicação scientifica; e insistiremos na grande importancia dos immensos edificios que os sabios levantam com o nome de theorias, edificios que constituem uma parte essencial da sciencia, sem a qual esta ficaria reduzida a um catalogo de factos. Diremos o papel que desempenham, o que se pode esperar d'ellas, assim como discutiremos o valor que é necessario attribuir-lhes. Dá-se com as theorias scientificas o mesmo que se dá com os systemas philosophicos, e as mesmas observações se podem fazer a seu respeito. Num artigo sobre H. Taine, publicado pouco depois da sua morte, Mr. Boutmy escrevia: "E' uma lei do espirito humano, mudar perio-

dicamente os pontos d'apoio das suas construcções especulativas. Toda a philosophia, considerada como um plano, é por consequencia ephemera. Ella dura emquanto nos serve e este espaço de tempo é limitado. Um systema attinge o seu maior valor, primeiro, quando num dado momento constitue o melhor meio d'ordenar o conjunto das noções adquiridas; depois, quando nos fornece um bom quadro de investigações, um methodo efficaz de descobertas. A sua decadencia apparece, quando estes meritos diminuem. Sobrevive então, á custa de elementos destacados, muitos dos quaes entram na somma das aquisições definitivas do espirito humano e que são ás vezes d'um grande valor.» Tudo que se acaba de dizer sobre systemas philosophicos, se pode dizer sobre *theorias scientificas*. De todas as sciencias, o sabio apenas conserva as theorias fecundas para a coordenação dos factos adquiridos e para a descoberta de factos novos.

Veremos tambem que as imagens, pelas quaes tentamos representar os phenomenos do mundo exterior, nunca podem ser consideradas como tendo um character definitivo, pois que nenhuma experiencia pode estabelecer a verdade d'uma hypothese isolada e que, alem d'isso, não são unicas, o que tem dado logar a que diversas theorias se desenvolvam simultaneamente. O que são neste caso os elementos



destacados, dos quaes muitos entram por muito tempo, seria imprudente dizer para sempre, na aquisição scientifica? São as relações, de que até então se não suspeitava, a que conduziram as theorias e que a observação e a experiencia puseram d'uma fórma mais ou menos completa em evidencia. Assim, por exemplo, as relações entre a luz e a electricidade na theoria de Maxwell; as leis da deslocação dos equilibrios chimicos, na theoria de W. Gibbs; ou ainda, em biologia, as correlações no desenvolvimento dos organismos, ás quaes conduziram as theorias da evolução.

Forma-se um juizo errado sobre a sciencia, esquecendo-nos de que ella é por essencia variavel e formada de aproximações successivas, de que a convergencia, como diria um mathematico, fica sendo um postulado. O meu illustre amigo, Henri Poincaré, acaba de publicar um bello livro sobre *o Valor da Sciencia*. Da mesma maneira que em economia politica se distinguem valores differentes, creio que se poderia falar de valores differentes da sciencia. Para um grande numero de investigadores, o valor da sciencia está principalmente, se m'o permitem, na sua incerteza e instabilidade; o que os excita, é a ideia de levar mais longe a aproximação, pondo em evidencia complexidades até então ignoradas. Como artistas, admiram sem duvida a harmonia de que, com tanta

eloquencia, tratou Poincaré; mas o seu maior prazer é perturbar essa harmonia. Uma sciencia a que se visse o fim, seria sem interesse algum para estes sabios. Elles avançam, avançam sempre, sem se illudirem quanto á relatividade dos nossos conhecimentos, promptos para affirmar, com o mathematico alemão Jacobi, que o unico fim da sciencia é a glorificação do espirito humano.

D'outra especie é o valor da sciencia, para os que desejam descobrir nella os enigmas do universo. Estes quasi não pensam em que a sciencia é apenas a expressão das relações entre o homem e o mundo exterior. A sua profunda fé pode ser por vezes uma força; mas a concepção absoluta que teem da sciencia, leva-os a encerrar-se em formulas definitivas, tomando alguns maneiras dogmaticas e ajuntando um idolo aos idolos que existem.

Ha ainda outra especie de valor para a sciencia. Como disse Montaigne, «*c'est un grand ornement que la science*», mas accrescentando logo «*et un outil de merveilleux service*». O maior numero o que mais admira na sciencia, é o maravilhoso espectáculo das suas tão variadas applicações, que tanto teem modificado nestes ultimos cem annos, a existencia dos povos civilizados. E' uma especie de valor que se aprecia com certa facilidade; mas o conhecimento que se tem é muito incompleto, se



não se conhecem as relações que existem entre as brilhantes manifestações da actividade humana e a sciencia theorica e desinteressada. Desde os tempos longinquos em que os agrimensores do antigo Egypto mediam os campos do valle do Nilo, como um preludio aos estudos geometricos que mais tarde seriam praticados na Grecia, a dependencia entre a sciencia pura e a sciencia applicada foi sempre intima. Estas influencias reciprocas actuaram, através dos tempos, num e noutro sentido, umas vezes indo da prática á especulação, outras partindo da theoria para as investigações práticas.

No seculo passado, a influencia das ideias theoricas desenvolveu-se muito, revelando-se cada vez mais, como o germen fecundo d'onde saem a maior parte dos progressos na industria, na agricultura, na medicina. Os sonhadores scientificos, que parecem perdidos no meio das suas abstracções, são afinal homens praticos: a applicação apparece como um complemento. A fonte esgotar-se-ia bem depressa, se um espirito exclusivamente utilitario viesse a dominar nas nossas sociedades, por vezes preocupadas demais com gosos immediatos.

E' d'estes pontos de vista diversos, que se compõe, em graus variaveis segundo a cultura e a orientação do espirito, a opinião que temos sobre a sciencia. O bello e o util congregam-



se e são inseparaveis. Alguns teem criticado certas utilidades criadas pela sciencia, accusando-a d'augmentar os nossos desejos em prejuizo do nosso bem-estar; num terreno tão subjectivo, não é possivel a discussão. Por muita verdade que esta opinião possa conter, ninguem nega o allivio, que em muitas coisas, os progressos scientificos teem dado á miseria humana e que darão no futuro, ensinando uma melhor utilização das energias naturaes e descobrindo energias novas. Podemos esperar que contribuirão tambem e largamente para a solução dos problemas sociaes, que são a grande preocupação do nosso tempo. Por isso, não só admiramos a belleza da sciencia, mas acreditamos na sua bondade; é um pensamento que fortalece aquelles que a cultivam.

## II

Ver-se-á em primeiro logar, num esboço historico, como as sciencias da natureza teem mostrado uma tendencia constante para adquirir a fórma mathematica e qual é a significação exacta d'esta reduccão. Ao estudarmos a mecanica, discutiremos as numerosas difficuldades que actualmente apresenta a noção d'explicitação mecanica. E' uma questão muito im-

portante, porque, desde Galileu e Descartes, é essencial a ideia de que todas as transformações do mundo physico se operam segundo as leis da mecanica. E'-se hoje levado a pensar que será preciso attribuir ao mecanismo uma significação mais lata do que a que tem tido e que, em muitos casos, as aproximações com que nos temos contentado, se tornaram insufficientes. Os antigos moldes não se quebrarão por esse facto, serão pelo contrario engrandecidos, e as leis geraes hão de ser certamente completadas pela addicção de novos termos. A redução do physico ao mathematico tomará talvez uma fórmula mais comprehensivel; mas não podemos fazer previsões, entre as quaes uma escolha seria prematura.

Perdendo de vista o character aproximado da verdade scientifica, muitos se sobresaltaram pelos perigos que algumas descobertas recentes faziam correr aos principios tidos como inatingiveis. Mas o socego começa a voltar e ha motivo para suppôr que os physicos e os chemicos poderão conservar por muito tempo, a formula cartesiana; veremos quanto, com effeito, a noção do mecanismo é maleavel.

As sciencias naturaes apresentaram-se durante muito tempo, e algumas das suas partes ainda se apresentam, com outro character que as sciencias physicas e chemicas. Encontram-se num estado menos avançado, conservando-se mais



vizinhas da observação pura e simples; e a deducção desempenha entre ellas um papel menos importante. Não nos devemos por isso admirar de que, em certas theorias zoologicas, o methodo empregado seja differente do das theorias physico-chimicas. Esse methodo é frequentemente comparativo e, de certo modo, historico; a sua prática demanda habitos d'espírito, um tanto differentes dos que possuem os sabios dados ás sciencias entradas num periodo mais mathematico e em que o estadio qualitativo, se assim se pode dizer, ha muito que foi ultrapassado. Devemos acreditar que se trata d'um estado transitorio, porque a experimentação cada vez se pratica mais em botanica e zoologia, visto as questões morphologicas e a experimentação physiologica, praticada nas condições strictas das sciencias physicas, se tornarem dia a dia mais connexas.

Alem d'isso, a biologia contemporanea, tende, como veremos, a assentar como postulado, que os phenomenos vitaes se reduzem aos phenomenos physico-chimicos, o que constitue para ella um ponto de vista fecundo. De resto, são as partes menos exploradas da physico-chimica, que serão destinadas, se isso se conseguir, a fornecer em biologia as explicações mais importantes; a biologia é actualmente um excitante para a physico-chimica, o que é um notavel exemplo entre muitos, da influencia



que exercem umas sobre as outras, sciencias consideradas outrora como muito afastadas.

Esta influencia e o auxilio mutuo que se prestam as diversas partes da sciencia, hão de encontrar-se em muitos logares d'esta obra. Theorias até agora isoladas nas sciencias mathematicas, synthetizam-se nas grandes disciplinas cuja formação dá ás investigações dos geometras contemporaneos um vigoroso impulso. A distincção entre a physica e a chimica torna-se de dia para dia menos bem determinada, falando-se constantemente de chimica physica; acabamos de ver a estreita união dos estudos biologicos com as investigações mais delicadas da chimica moderna.

Fica-se apavorado pensando-se na somma de conhecimentos que, num futuro proximo, deverá possuir o sabio que quiser conduzir a bom fim uma investigação scientifica; alem dos conhecimentos geraes a adquirir, só para as questões de technica, em algumas partes das sciencias experimentaes, são necessarios longos annos. Os sabios da Renascença, que podiam possuir toda a sciencia do seu tempo, causam inveja aos sabios de agora, os quaes, obrigados a encerrarem-se em algumas partes especiaes, se quiserem fazer obra verdadeiramente séria, se vêem reduzidos a lançar olhares superficiaes para o conjunto dos conhecimentos scientificos.

Parece que, d'aqui para o futuro, tanto na vida scientifica como na vida social, a associação se tornará cada vez mais imperiosa. Certos trabalhos não poderão dispensar a collaboração de um mathematico e um physico, outros a de um chimico e um physiologista. Sem duvida, os homens de genio, que dão ás sciencias novas orientações, serão sempre investigadores solitarios; mas isso será uma excepção. D'uma maneira geral, no estado actual dos nossos conhecimentos, o futuro pertence á investigação collectiva e ao agrupamento de esforços sabiamente organizados, sem o que se arriscariam a ficar estereis. A este respeito, as nações onde o trabalho scientifico é melhor disciplinado e onde os discipulos gostam de trabalhar sob a direcção d'um mestre, possuem uma grande superioridade, pelo augmento consideravel que haverá nos resultados das investigações.

Numa ordem d'ideias analogas, vimos formarem-se recentemente empresas, que não podem ser levadas a cabo, sem a collaboração d'um grande numero de investigadores, como, por exemplo, o mappa photographico do céu, no qual trabalham observatorios de todos os países. Citaremos tambem a Associação geodesica internacional, que discute todas as questões relativas á fórma do globo terrestre. Finalmente, com mais amplidão e com objectivo menos limitado, a reunião internacional das

Academias, á qual adheriram as principaes aggremações scientificas, começa a organizar trabalhos collectivos. A primeira sessão que se realizou em Paris, em 1901, marca talvez uma data na historia do trabalho scientifico.





## CAPITULO I

Sobre o desenvolvimento da analyse mathematica  
e suas relações com outras sciencias

I. *A Antiguidade e a Edade Media.*—II. *Os seculos xvii e xviii.*—III. *O seculo xix.*—IV. *A Analyse e a Physica mathematica.*—V. *A Analyse e a Mecanica.*—VI. *A Analyse e a Geometria.*—VII. *A Analyse nas suas relações com a Chimica e a Biologia.*

---

### I

#### **A Antiguidade e a Edade Media**

Começaremos por lançar uma vista d'olhos sobre o desenvolvimento da Analyse e suas relações com outras sciencias. Algumas das ideias expostas neste capitulo, serão de novo e com mais precisão tratadas em capitulos seguintes; mas parece que ha certa vantagem num esboço historico das sciencias mathematicas, nas suas relações com as outras sciencias. Ver-se-á desde logo, como estas tendem cada vez mais a adquirir uma fórma mathematica e qual é a significação exacta d'esta reducção.

Podíamos mesmo começar por falar do conceito sobre o numero inteiro; mas este assumpto não é apenas d'ordem logica; é tambem d'ordem historica e psychologica e levar-nos-ia longe demais na discussão. Desde que o conceito de numero se aprofundou, appareceram grandes difficuldades, como acontece, por exemplo, com a questão que continua pendente, de saber qual das duas fórmas por que a ideia de numero se apresenta, numero cardinal e numero ordinal, é anterior á outra; isto é, se a ideia de numero propriamente dito é anterior á de ordem, de graduação, ou se é o contrario que acontece.

Parece que os geometras logicos não prestam nestas questões, a devida attenção á Psychologia e aos ensinamentos que nos dão os povos não civilizados. Talvez não haja uma resposta que satisfaça a todos, visto que a resposta varia conforme as raças e as mentalidades. Tenho por vezes pensado na distincção que se estabelece entre os auditivos e os visuaes; os auditivos pendendo para a theoria ordinal e os visuaes para a theoria cardinal. Mas não me demoro neste terreno que é cheio d'emboscadas. Receio bem que a moderna escola dos logicos se não venha a entender com os ethnographos e biologistas. Estes, nas questões de origem, são sempre dominados pela these evolucionista e consideram geralmente a logica como o resumo



da experiencia ancestral. Censurou-se mesmo aos mathematicos o admitirem como principio, que ha um espirito humano de certo modo exterior aos objectos e dotado de logica. Pense-se o que se quizer, o facto é que esta ideia tem sido muito util, senão indispensavel, para o progresso das Sciencias mathematicas; e suppondo que tenha evolucionado nos tempos prehistoricos, não ha duvida que esta logica do espirito humano estava já bem fixada no tempo das antigas escolas geometricas da Grecia; os seus trabalhos parece terem sido o seu principal codigo, como o indica a phrase que segundo se diz, Platão escreveu na porta da sua escola: "Não entre, quem não fôr geometra".

Muito tempo antes de se ter tirado do arabe a palavra *Algebra*, que parece exprimir a operação pela qual se reduziam as egualdades a certa fórmula canonica, já os gregos tinham praticado a algebra, sem darem por isso; não se podem mesmo imaginar relações mais intimas do que as que ligavam a sua algebra e a sua geometria; ou antes ver-nos-iamos embaraçados para classificar a sua algebra geometrica, em que elles raciocinam, não sobre os numeros, mas sobre as grandezas.

Tambem entre os gregos encontramos uma arithmetica geometrica; e uma das phases mais interessantes do seu desenvolvimento, é o conflicto que, entre os pithagoricos se levantou

sobre a questão, entre o numero e a grandeza, a proposito das quantidades irrationaes.

Se os gregos cultivaram o estudo abstracto dos numeros, a que chamaram *Arithmetica*, o seu espirito especulativo não mostrou muito gosto pelo calculo práctico a que deram o nome de *Logistica*. Na mais alta antiguidade, os egypcios e os chaldeus, e mais tarde os indios e os arabes, avançaram muito na sciencia do calculo. Tinham sido levados a isso por necessidades d'ordem prática; a Logistica precedeu a Arithmetica, como a Agrimensura e a Geodesia abriram o caminho á Geometria, ou ainda, como a Trigonometria se desenvolveu sob a influencia das necessidades sempre crescentes da Astronomia. A historia da sciencia nos seus primeiros tempos, mostra uma estreita relação entre as mathematicas puras e as mathematicas applicadas; encontraremos constantemente esta relação nas paginas que se seguem.

Temo-nos conservado até agora no dominio do que em linguagem corrente se chama *a algebra e a arithmetica elementares*. De facto, desde que se reconheceu a incomensurabilidade de certas grandezas, appareceu o infinito; e desde o tempo dos sophismas de Zenon sobre a impossibilidade do movimento, estudou-se a somma das progressões geometricas. Os methodos de exhaustão que se encontram em Eudoxio e Euclides, pertencem já ao calculo



integral; Archimedes calcula integraes definidas. A Mecanica apparece tambem no seu tratado sobre a quadratura da parabola, pois que elle acha em primeiro logar, a superficie do segmento limitado por um arco de parabola e a respectiva corda, apoiando-se no theorema dos momentos; é o primeiro exemplo das relações entre a Mecanica e a Analyse, que nunca mais deixaram de se desenvolver. O methodo infinitesimal dos geometras gregos sobre a medição dos volumes, levantou questões, cujo interesse ainda não desapareceu. Em geometria plana, dois polygonos equivalentes são eguaes por addição ou subtracção; quer dizer, podem ser decompostos em triangulos eguaes, ou considerados como differenças de polygonos, susceptiveis d'uma tal descomposição. O mesmo não aconteceu com a geometria no espaço; e não ha muito que se sabe que a Estereometria não pode praticar-se, como a Planimetria, sem recorrer a processos de exhaustão ou de limite.

Este golpe de vista lançado sobre a Antiguidade, mostra quanto foram então amalgamadas a Algebra, a Arithmetica, a Geometria e os primeiros ensaios de Calculo integral e de Mecanica, a ponto de ser impossivel fazer a historia em separado de cada uma.

Na Edade Media e na Renascença, a Algebra geometrica dos antigos separa-se da Geometria. Pouco a pouco, a Algebra propriamente



dita adquire autonomia, com o seu symbolismo e as suas notações cada vez mais aperfeiçoadas; assim se cria essa linguagem d'uma clareza admiravel, que proporcionou ao pensamento uma real economia e tornou possiveis progressos ulteriores. E' tambem nesta occasião que se organizam divisões distinctas. A Trigonometria, que na Antiguidade não fôra mais do que um auxiliar da Astronomia, desenvolve-se independente; por esse tempo appareceu o logarithmo, pondo-se assim em evidencia elementos essenciaes.

## II

### Os seculos XVII e XVIII

No seculo xvii, a Geometria analytica de Descartes, distincta d'aquillo a que ha pouco chamavamos a *Algebra geometrica dos gregos*, pelas ideias geraes e systematicas em que assenta, e a Dynamica nascente foram a origem dos maiores progressos da Analyse. Quando Galileu, partindo da hypothese de que a velocidade da queda dos corpos é proporcional ao tempo, deduz d'ella a lei dos espaços percorridos, para a verificar em seguida pela experiencia, retoma, sob o ponto de vista do calculo, o caminho por onde outrora se metera Archimedes e que ha-

viam de tomar depois Cavalieri, Fermat e outros, até Newton e Leibnitz. O calculo integral dos geometras gregos reapareceu na cinematica do grande physico de Florença. O calculo das derivadas ou das differencias foi exposto com precisão a proposito do traçado das tangentes. Na realidade, a origem da noção de derivada está no sentimento confuso da mobilidade das coisas e na rapidez maior ou menor com que os phenomenos se produzem, como bem o indicam as denominações de *fluentes* e *fluxões*, que Newton empregava, como se as tivesse ido buscar ao antigo Heraclito.

Os pontos de vista em que se collocaram os fundadores da sciencia do movimento, Galileu, Huyghens e Newton, exerceram uma influencia enorme na orientação da Analyse mathematica. Galileu teve uma intuição genial, quando notou que nos phenomenos naturaes, as circunstancias determinantes do movimento produzem accelerações, o que conduziu a estabelecer o principio de que a rapidez, com que muda o estado dynamico d'um systema, depende de uma maneira determinada, apenas do seu estado estatico. D'uma maneira mais geral, estabeleceu-se como postulado, que as mudanças infinitamente pequenas, de qualquer natureza que sejam, que se produzem num systema de corpo, dependem unicamente do estado *actual* d'esse corpo. Em que proporção as excepções são



apparentes ou reaes? E' um assumpto que não foi proposto senão mais tarde e sobre o qual falaremos quando tratarmos da *explicação mecnica* dos phenomenos naturaes. Dos principios enunciados destaca-se um ponto capital para o analysta: os phenomenos são regidos por equações differenciaes, isto é, por relações entre as funcções desconhecidas e as suas derivadas. Podem formar-se quando a observação e a experiencia tenham feito conhecer para cada categoria de phenomenos, certas leis physicas. A integração d'estas equações para certos dados, correspondendo a um momento determinado, permite acompanhar os phenomenos quando o tempo varia e por consequencia prevenir o futuro, muitas vezes sob um fórmula numerica.

Compreende-se como estes resultados fizeram conceber esperanças illimitadas. Como diz Bertrand no prefacio do seu *Traité du calcul différentiel et intégral*, "o exito a principio foi tal, que se pode julgar que todas as difficuldades da Sciencia estavam vencidas d'ante-mão e acreditar que os geometras, sem se distrahirerem mais tempo com a elaboração das Mathematicas puras, poderiam entregar-se exclusivamente ao estudo das leis naturaes". Isto era admitir gratuitamente que os problemas da Analyse, aos quaes se tinha voltado, não apresentariam grandes difficuldades. Mas, apesar



das desillusões que o futuro devia trazer, conseguiu-se que os problemas adquirissem uma fôrma precisa e que se pudesse estabelecer uma classificação nas difficuldades a vencer, o que foi de capital importancia. Houve pois um progresso immenso, um dos maiores que o espirito humano tem feito, abrindo-se ao mesmo tempo o caminho por onde iam marchar a *mechanica* e a *phisyca mathematica*.

Adiantei-me um pouco, apresentando as coisas sob uma fôrma tão *analytica*. A Geometria participou de todos estes progressos. Huyghens, por exemplo, seguiu sempre de preferencia os antigos; e o seu *Horologium oscillatorium* occupa-se ao mesmo tempo da Geometria infinitesimal e da Mecanica; da mesma fôrma, no livro dos *Principios*, de Newton, os *methodos* seguidos são *syntheticos*. E' principalmente com Leibnitz que a sciencia envereda por caminhos que deviam conduzir ao que chamamos a *Analyse mathematica*. Foi elle que pela primeira vez, nos ultimos annos do seculo xvii, empregou o termo *função*. Pelo seu espirito *systematico*, pelos numerosos problemas que tratou, assim como os seus discipulos, Jacques e Jean Bernoulli, mostrou d'uma fôrma difinitiva o poder das doutrinas para a elaboração das quaes tinha contribuido uma grande serie de pensadores, desde os tempos longinquos d'Eudoxio e Archimedes.

O seculo xviii mostrou a grande fecundidade dos novos methodos. E' muito interessante esta epoca de duellos mathematicos, em que os geometras se desafiavam e em que os combates nem sempre eram isentos de azedume, quando os leibnitzianistas e os newtonianos se encontravam em campo.

Sob o ponto de vista puramente analytico, a classificaçãe e o estudo das funcções simples, são particularmente interessantes; a ideia de funcção sobre que assenta a Analyse, desenvolve-se assim pouco a pouco. E' quando as celebre Obras de Euber occupam um lugar importante. Todavia os numerosos problemas que apresentam aos mathematicos, quasi lhes não dão tempo para investigar os principios; as proprias bases da doutrina esclarecem-se lentamente, sendo bem caracteristica d'esta epoca, a phrase attribuida a d'Alembert: «*allez en avant, et la foi vous viendra*».

De todos os problemas suscitados no fim do seculo xvii ou na primeira metade do seculo xviii, basta recordar os problemas de isoperimetros, que iam originar o calculo das variações, de que o typo mais simples nos é dado pelo problema que consiste em achar a linha mais curta entre dois pontos d'uma superficie.

Consideremos mais demoradamente a correlação intima entre a Analyse e a Mecanica, quando, passado o periodo d'inducção dos pri-



meiros tempos da *dynamica*, se chegou ao periodo deductivo e se fizeram esforços para dar aos principios uma fórma definitiva. O desenvolvimento mathematico e formal desempenhou então um papel essencial e a linguagem *analytica* tornou-se indispensavel para a maior extensão dos principios. Ha momentos na historia das sciencias, e talvez na das sociedades, em que o espirito se mantem e avança pelos termos e symbolos que elle criou e em que as generalizações se apresentam sem esforço. Tal foi especialmente o papel da *Analyse* no desenvolvimento formal da *Mecanica*.

Permitam-me agora uma observação. Diz-se frequentemente que *não ha numa equação, senão aquillo que lá se meteu*. E' facil, em primeiro logar, responder que a fórma nova, sob a qual as coisas reapparecem, constitue muitas vezes por si só, uma importante descoberta. Mas ha mais: a *analyse*, pelo simples funcionamento dos symbolos, pode suggerir generalizações que ultrapassem muito o quadro primitivo. Aconteceu isso com o principio das velocidades potenciaes (*virtuelles*), cuja ideia nasceu dos mecanismos mais simples. A fórma *analytica* que o traduzia, suggeriu extensões que fizeram com que se avançasse para longe do ponto de partida. Num certo sentido, não se deve mesmo dizer que a *Analyse* nada criou, pois que estas concepções mais geraes são obra sua.



Outro exemplo nos é dado pelo systema das equações de Lagrange, em que transformações de calculo forneceram o typo das equações differenciaes, ás quaes muitos procuram fazer voltar a noção de explicação mecanica.

Como este, poucos exemplos ha na sciencia que nos mostrem a importancia da fórmula de uma relação *analytica* e do poder de generalização de que ella é susceptivel. De resto, em cada caso, as generalizações suggeridas devem precisar-se *appellando* para a observação e para a experiencia, depois do que, é ainda o calculo que procurará as consequencias mediatas que terão de ser submetidas ás mesmas verificações.

Sob o impulso dos problemas que a Geometria, a Mecanica e a *Physica* suscitam, vemos nascer ou desenvolver-se quasi todas as grandes divisões da *Analyse*. Tinham-se achado primeiro equações com uma só *variavel independente*. Bem depressa appareceram as equações de derivadas parciaes, com o problema das cordas vibrantes, a Mecanica dos fluidos e a Geometria infinitesimal das superficies. Era um novo mundo *analytico* que apparecia; a propria origem dos problemas tratados contribuiu para que não houvesse extravios desde começo, prestando a Geometria, nas mãos de Monge, uteis serviços ás theorias nascentes.

Mas de todas as applicações da *Analyse*, ne-

nhuma obteve um exito mais brilhante, que os problemas de Mecanica celeste, propostos pelo conhecimento das leis da gravitação e aos quaes os maiores geometras ligaram o seu nome. Nunca a theoria conheceu maior triumpho; talvez se possa mesmo dizer que o triumpho foi completo, pois é principalmente nesse momento que se concebem para a Philosophia natural, as esperanças, pelo menos prematuras, de que falei mais acima.

Em todo este periodo, sobretudo na segunda metade do seculo xviii, o que nos causa admiração e nos deixa por vezes confusos, é a enorme importancia das applicações realizadas, quando a theoria pura parecia ainda mal assegurada. Vê-se isto bem, quando se levantam certas questões, como o grau d'arbitrio na solução achada para o problema das cordas vibrantes, que deu logar, entre os maiores geometras, a uma interminavel e pouco concludente discussão.

Lagrange entrevia estas insufficiencias, quando publicava a sua theoria das funcções analyticas, onde se esforça por dar uma base precisa á Analyse. Nunca será demasiada a nossa admiração pelo maravilhoso presentimento que elle teve do papel que deviam desempenhar as funcções, a que nós chamamos, como elle, *analyticas*, isto é, funcções representadas por uma serie de potencias, ou serie de Taylor; mas ficamos surprehendidos, devemos confessar,





diante da demonstração singular que elle julgou ter produzido da possibilidade do desenvolvimento d'uma funcção em serie de Taylor. As exigencias, nas questões d'Analyse pura, eram menores nesta epoca. Confiando na intuição, contentavam-se com certas verosimilhanças e accordavam-se implicitamente sobre certas hypotheses, que parecia inutil formular explicitamente; no fundo, tinha-se confiança na solidez das ideias que tantas vezes se tinham mostrado fecundas, que é, pouco mais ou menos, o que d'Alembert dizia na sua phrase. A necessidade de rigor nas Mathematicas teve as suas aproximações successivas; e a este respeito, estas sciencias não possuem o character absoluto que tanta gente lhes attribue.

### III

#### O seculo XIX

Eis-nos chegados aos primeiros annos do seculo XIX. Como dissemos, a grande maioria das investigações analyticas foram occasionadas no seculo XVIII por um problema de Geometria e sobretudo de Mecanica e Physica e onde quasi se não encontram as preoccupações de logica e esthetica que hão de dar uma



physionomia tão differente a tantos trabalhos mathematicos, principalmente nos dois ultimos terços do seculo xix. Entretanto não nos antecipemos; depois de tão numerosos exemplos da influencia da Mecanica e da Physica sobre o desenvolvimento da Analyse, encontraremos um outro, e dos mais notaveis, na theoria do calor de Fourier.

O grande physico começa por formar as equações de derivadas parciaes que regram a temperatura, partindo da lei de Newton relativa ao resfriamento e da noção de capacidade calorifica. Está nisso a equação geral do phenomeno; mas é necessário estabelecer condições aos limites que permitam determinar uma solução.

Para Fourier, as condições são suggeridas pelo problema physico; e os methodos que elle seguiu, serviram de modelo aos geometras physicos da primeira metade do seculo passado. D'esta fórma obteve, por exemplo, os primeiros typos de desenvolvimentos mais geraes que os desenvolvimentos trigonometricos, como no problema do resfriamento d'uma esphera, em que elle applica a sua theoria ao globo terrestre e procura a lei que rege as variações de temperatura no solo, esforçando-se em avançar até ás applicações numericas.

Em face d'estes magnificos resultados, que permitiam conter numa formula unica todos

os phenomenos de conductibilidade calorifica, comprehende-se o entusiasmo de Fourier, que se nota em cada linha do seu discurso preliminar.

Falando da *Analyse mathematica*, diz: «*Não pode haver linguagem mais universal e mais simples, menos sujeita a erros e obscuridades, isto é, mais digna d'expressir as relações invariaveis dos seres naturaes. Considerada sob este ponto de vista, a Analyse mathematica é tão extensa como a propria natureza; define todas as relações sensiveis, mede os tempos, os espaços, as forças, as temperaturas; esta difficil sciencia forma-se lentamente, mas conserva todos os principios uma vez adquiridos. Desenvolve-se e fortalece-se constantemente, no meio de tantos erros do espirito humano*».

O elogio não deixa nada a desejar; vê-se no entanto apparecer a tendencia que faz da *Analyse*, apenas o auxiliar, por mais admiravel que seja, das sciencias da natureza, tendencia em harmonia, como vimos, com o desenvolvimento da sciencia durante os dois seculos precedentes. Mas chegamos a uma epoca em que apparecem novas tendencias.

Tendo Poisson, num relatorio academico, lembrado a censura feita por Fourier aos dois grandes geometras Abel e Jacobi, por não se terem occupado de preferencia do movimento do calor, Jacobi escreveu o seguinte a Legendre:



“E’ certo que Mr. Fourier era d’opinião que o principal fim das mathematicas é a utilidade pública e a explicação dos phenomenos naturaes. Mas um philosopho como elle, devia saber que *o unico fim da sciencia é a glorificação do espirito humano* e que nestas condições, uma questão de numero vale tanto como uma questão do systema do mundo”.

Esta era sem duvida tambem, a opinião de Gauss, o grande mathematico e physico de Göttingen, que chamava ás mathematicas a rainha das sciencias, e á arithmetica a rainha das mathematicas. Seria pueril oppôr uma á outra estas duas tendencias; a harmonia das sciencias mathematicas está na sua synthese.

Devia chegar a occasião em que se sentiria a necessidade d’examinar as bases do edificio e de fazer o inventario das riquezas accumuladas, empregando mais a critica. O pensamento mathematico ia adquirir mais força, concentrando-se em si proprio; os problemas esgotam-se durante certo tempo e não é bom que os investigadores enveredem todos pelo mesmo caminho. Alem d’isso, as difficuldades e os paradoxos que tinham ficado sem explicação, tornavam necessarios os progressos da theoria pura. O caminho em que esta se devia encontrar, estava indicado nas suas grandes linhas, e ella poderia entrar nelle com independencia, sem toda-



via deixar de estar em contacto com os problemas propostos pela Geometria, pela Mecanica e pela Physica, Ao mesmo tempo ia-se ligar mais interesse ao lado philosophico e artistico das mathematicas, confiando numa especie de harmonia preestabelecida, entre as nossas satisfações logicas e estheticas e as necessidades das futuras applicações.

Sem nos alongarmos, lembremos apenas alguns pontos da historia da revisão dos principios de que Gauss e Cauchy, assim como Abel, foram os primeiros obreiros.

Definições precisas sobre as funcções continuas e suas propriedades mais immediatas, regras simples se formularam sobre a convergencia das series e estabelecia-se, sob condições muito geraes, a possibilidade dos desenvolvimentos trigonometricos, legitimando d'essa maneira a ousadia de Fourier. Certas intuições geometricas relativas ás áreas e aos arcos, foram substituidas por demonstrações rigorosas. Os geometras do seculo xviii tinham procurado conhecer o grau de generalidade da solução das equações differenciaes ordinarias. Assimilando-as ás equações de differenças, chegava-se facilmente ao resultado, mas era preciso não profundar muito a demonstração feita d'essa fórma. Lagrange nas suas *Leçons sur le calcul des fonctions*, tinha operado com mais precisão; e partindo da serie de Taylor, viu que

a equação d'ordem  $m$  deixa indeterminadas a funcção e as suas  $m-1$  primeiras derivadas, para o valor inicial da variavel. Não nos admiramos que Lagrange não tivesse pensado na questão da convergencia. Em vinte ou trinta annos, as exigencias no rigor das provas tinham augmentado. Os dois modos precedentes de demonstrações, são, com effeito, susceptiveis de toda a precisão necessaria. Mas para o segundo, era preciso que a theoria se desenvolvesse numa nova orientação. Até então as funcções e as variaveis tinham-se conservado *reaes*. O exame das variaveis *complexas*, chamadas tambem *imaginarias*, veio tornar mais extenso o campo da Analyse. As funcções d'uma variavel complexa de uma unica derivada são necessariamente susceptiveis de serem desenvolvidas em serie de Taylor; volta-se assim ao modo de desenvolvimento de que Lagrange comprehendera a importancia, a qual porém não podia pôr-se completamente em evidencia se se limitassem ás variaveis *reaes*. Estes desenvolvimentos devem tambem o papel mais importante que desempenharam sempre, á facilidade com que podem ser manejados e á commodidade que oferecem nos calculos. Os theoremas geraes da theoria das funcções *analyticas* permitiram que se respondesse com precisão ás questões que até então tinham ficado indecisas, como o grau



de generalidade das integraes das equações differenciaes de uma ou mais variaveis, questões da mais alta importancia, segundo o que eu disse do papel desempenhado pelas equações differenciaes nas applicações da Analyse.

#### IV

#### **A Analyse e a Physica mathematica**

Sem nos cingirmos á ordem historica, retomemos o desenvolvimento da Physica mathematica no seculo passado, no que ella pode interessar a Analyse.

Os problemas do equilibrio calorifico, caso particular do problema de Fourier, conduzem á equação já achada por Laplace no estudo da attracção. Poucas equações ha que tenham sido objecto de tanto estudo, como esta equação celebre.

As condições dos limites podem ser de diversas fórmas. O caso mais simples é o do equilibrio calorifico d'um corpo, de que se mantem os elementos da superficie a temperaturas dadas; sob o ponto de vista physico, pode ser considerado como evidente, que a temperatura, continua no interior, visto não haver fonte de calor, se encontra determinada, quando



é dada para a superficie. Um caso mais geral é aquelle em que, no estado permanente, houvesse irradiação para o exterior, com um poder emissor variando sobre a superficie com uma lei dada; em particular, a temperatura pode ser dada sobre uma porção, enquanto ha irradiação sobre a outra porção.

Estas questões que ainda não estão resolvidas na sua maior generalidade, contribuíram muito para a orientação da theoria das equações de derivadas parciaes. Chamaram a attenção para typos de determinações das integraes, que não se teriam apresentado, conservando-se sob um ponto de vista puramente abstracto.

A equação de Laplace encontra-se tambem em Hydrodynamica e no estudo da attracção na razão inversa do quadrado da distancia. Esta ultima theoria levou a que se pusessem em evidencia os elementos mais essenciaes, como os potenciaes de simples camadas e de duplas camadas, tão importantes em electricidade. Os problemas fundamentaes da electricidade estatica entram necessariamente na mesma ordem de ideias; e foi na verdade um bello triumpho para a theoria, a descoberta feita por Georges Green, do celebre theorema sobre os phenomenos electricos no interior d'um conductor encerrando uma cavidade, segundo o qual nenhum phenomeno electrico exterior se faz sentir nessa cavidade. Faraday chegou mais tarde ao

mesmo resultado pela experiencia, sem ter conhecimento da Memoria de Green.

Todo este magnifico conjunto ficou como typo d'estas theorias, antigas já, de Physica mathematica, que nos parece terem quasi attingido a perfeição e que exerceram, e exercem ainda, uma tão benefica influencia nos progressos da Analyse pura, suggerindo-lhe os mais attrahentes problemas. A theoria das funcções offerecer-nos-á tambem uma aproximação interessante. As transformações analyticas que ali apparecem, não são distinctas das que encontramos no movimento permanente do calor.

Certos problemas fundamentaes da theoria das funcções d'uma variavel complexa, puderam deixar a fórma abstracta do seu enunciado e adquirir a fórma physica, como o da distribuição da temperatura sobre uma superficie fechada d'uma connexão qualquer e sem irradiação, em equilibrio calorifico com duas fontes de calor que correspondem necessariamente a fluxos eguaes e de signaes contrarios. Estas aproximações entre questões de origem tão differente, dão ao mathematico a confiança em que não se perderá no meio dos seus symbolos. Nada melhor para mostrar que os symbolos são mais alguma coisa do que simples gymnastica do espirito.

Os exemplos precedentes em que quasi só vimos as equações do calor e da attracção, mos-



tram que a influencia das theorias physicas não se exerceu apenas sobre a natureza geral dos problemas a resolver; chegou até ao detalhe das transformações analyticas.

A theoria da electricidade dynamica e a do magnetismo tambem originaram, com Ampère e Gauss, progressos importantes, como o grande desenvolvimento que tomaram os estudos das integraes curvilineas e das integraes de superficie. As equações da propagação da electricidade, ás quaes Ohm e Kirchhoff ligaram os seus nomes, comquanto apresentem uma grande analogia com as do calor, offerecem muitas vezes, condições aos limites um pouco differentes. Sabe-se o que a telegraphia pelos cabos deve á discussão aprofundada das integraes d'uma equação de Fourier transportada para a electricidade; foi d'ahi que lord Kelvin tirou as regras essenciaes relativas á telegraphia transatlantica.

As equações da theoria da elasticidade, as de Maxwell em electromagnetismo, vieram propôr problemas analogos áquelles em que falámos mais acima, mas em condições mais variadas ainda. Encontram-se ahi bastantes difficuldades vencidas, mas obtiveram-se bons resultados com o estudo de casos particulares. As primeiras conduziram á theoria elastica, as segundas á theoria electromagnetica da luz.

Notemos, como interessantes ao mesmo tem-

po para a Analyse e para a Physica, as differenças profundas que pode apresentar a propagação, conforme os phenomenos estudados. Com equações como as do som, tem-se uma propagação por ondas; com a equação do calor, toda a variação se faz sentir a qualquer distancia, mas muito pouco a grande distancia, e não se pode então falar de velocidade de propagação. Noutros casos, de que a equação de Kirchhoff relativa á propagação da electricidade com inducção e capacidade, nos dá o typó mais simples, ha uma frente de onda com uma velocidade determinada, mas com um residuo na retaguarda que não se extingue; esta observação é de capital importancia para a discussão das experiencias relativas á propagação da electricidade.

Estas diversas circumstancias, tão interessantes para o physico, foram realmente postas em evidencia pelo estudo analytico das integraes. Este estudo origina questões em que interveem as noções mais profundas da Analyse moderna, que d'esta fórma se encontram, repetimos, ligadas aos problemas mais importantes que as theorias electricas fazem apparecer.



## V

**A Analyse e a Mecanica**

Fui levado a ser um pouco longo, principalmente sobre as equações de derivadas pãrciaes. Exemplos tirados da Mecanica racional e da Mecanica celeste, mostrariam claramente o papel que desempenham as equações differenciaes ordinarias nos progressos d'estas sciencias, cuja historia, conforme vimos, tão ligada está com a da Analyse. Quando se perdeu a esperança de integrar com funcções simples, trabalhou-se para se acharem desenvolvimentos que permitissem acompanhar um phenomeno o mais tempo possivel, ou obter pelo menos esclarecimentos sobre o seu desenvolvimento qualitativo.

Para a prática, ha nos methodos d'aproximações uma parte muitissimo importante das Mathematicas; é d'esta fórma que as partes mais elevadas da Arithmetica theorica se encontram em relação com as sciencias applicadas. Quanto ás series, as proprias demonstrações d'existencia das integraes, as fornecem; assim, podem-se obter desenvolvimentos convergentes, emquanto as integraes e os coefficientes differenciaes se conservem continuos.

Quando uma circumstancia geral qualquer permite prever que acontece sempre assim, os desenvolvimentos obtidos são sempre convergentes.

No problema dos  $n$  corpos obtem-se d'esta fórma desenvolvimentos valiosos, emquanto não ha choques. Se os corpos em vez de se attrahirem, se repellissem, esta circumstancia não seria para temer, o que tornaria a Mecanica celeste bem facil; infelizmente, como dizia um dia Fresnel a Laplace, "*la nature ne se soucie pas des difficultés analytiques*," e os corpos celestes attrahem-se em vez de se repellirem.

Tentando ir mais longe ainda que o grande physico, poder-se-ia dizer que a natureza semeou de difficuldades o caminho dos analysts.

Assim, para figurarmos outro exemplo, pode geralmente determinar-se, sendo dado um systema d'equações differenciaes do primeiro grau, se a solução geral é estavel ou não em volta d'um ponto, e achar desenvolvimentos em series valiosas para as soluções estaveis; é necessario apenas que certas desigualdades sejam verificadas. Mas se estes resultados se applicarem ás equações da Dynamica, para discutir a estabilidade, encontramos precisamente no caso particular desfavoravel. Em geral, não é possivel emitir parecer sobre a estabilidade; no caso d'uma funcção de forças que tenham um



*maximum*, só um raciocinio classico mas indirecto, estabelece a estabilidade, a qual se não pode deduzir de nenhum desenvolvimento valioso para qualquer valor do tempo.

Não nos queixemos d'estas difficuldades, porque serão a fonte de progressos futuros. O mesmo se dá com as difficuldades que, apesar de tantos trabalhos, nos offerecem ainda as equações da Mecanica celeste. Os astrónomos, depois de Newton, tiraram d'ellas, por meio de series *praticamente* convergentes e de aproximações conduzidas com exito, quasi tudo que é necessario para a previsão do movimento dos corpos celestes.

Os analysts quereriam mais, mas já quasi não nutrem esperanças de chegar á integração por meio de funcções simples ou de desenvolvimentos sempre convergentes. O que as admiraveis descobertas feitas recentemente lhes tem ensinado, é que são immensas as difficuldades do problema.

E' mais para não se declarar vencida, do que pelas necessidades práticas, que a Analyse se não resignaria a abandonar, sem uma victoria definitiva, um terreno onde obteve tão brilhantes triumphos. O campo mais apropriado para as theorias nascentes ou rejuvenescidas da doutrina moderna das funcções poderem experimentar as suas forças, era sem duvida o classico problema da Mecanica celeste.

E' uma grande alegria para o analysta, encontrar nas applicações, equações que elle pode integrar com funcções conhecidas, com transcendentés já classificadas. Taes achados são infelizmente raros; o problema do pendulo, os casos classicos do movimento d'um corpo solido em volta d'um ponto fixo, são exemplos em que as funcções ellipticas permitiram realizar a integração.

Seria tambem muitissimo interessante, encontrar-se uma questão de Mecanica que pudesse originar uma descoberta importante relativa á theoria das funcções, como a descoberta d'uma transcendente nova, dotada d'alguma propriedade notavel; ver-me-ia embaraçado para dar um exemplo, a menos de attribuir ao pendulo o inicio da theoria das funcções ellipticas.

A correlação entre a theoria e as applicações é aqui muito menor, do que ha pouco nas questões de *Physica mathematica*. E' assim que se explica como nos ultimos quarenta annos, os trabalhos sobre as equações differenciaes ordinarias em relação com as funcções analyticas, adquiriram em grande parte, um character theorico de completa abstracção.

A theoria pura tomou neste campo um grande avanço. Tivemos occasião de dizer que era bom que assim acontecesse; mas tudo tem um limite e seria bom ver antigos problemas tirar pro-



veito dos progressos realizados nos ultimos vinte annos, na theoria pura. Poder-se-ia querendo, dar exemplos com facilidade; lembrarei apenas que trabalhos recentes fazem corresponder as harmonicas successivas d'uma membrana vibrante, com os pontos singulares d'uma certa funcção.

Succede tambem ser a theoria um elemento de classificação, servindo na investigação das condições para que a solução faça parte d'um typo determinado, como por exemplo, que a integral seja uniforme. Tem havido e haverá ainda descobertas interessantes neste campo, como a da mais celebre mathematica do seculo passado, M.<sup>me</sup> de Kowalesky, que descobriu um caso de integrabilidade do movimento d'um corpo solido pesado, suspenso por um fio, por meio das funcções de Abel.

## VI

### **A Analyse e a Geometria**

Ao estudarmos as relações reciprocas da Analyse com a Mecanica e a Physica mathematica, encontramos-nos mais d'uma vez com a Geometria infinitesimal, que tantos problemas celebres suggeriu. Em muitas questões difficeis, a feliz combinação do calculo com os raciocinios

syntheticos realizou progressos consideraveis, como se vê pelas theorias das superficies applicaveis e dos systemas triplamente orthogonaes.

Ha outra parte de Geometria que desempenha um grande papel em certas investigações analyticas; refiro-me á Geometria de situação ou *analysis situs*. Riemann fez neste sentido um estudo completo dos *continuum* de duas dimensões, onde assenta a sua theoria das funcções algebraicas d'uma variavel e de suas integraes. Quando o numero das dimensões augmenta, as questões de *analysis situs* complicam-se necessariamente; a intuição geometrica cessa, o estudo torna-se puramente analytico, por o espirito se encontrar guiado apenas por analogias que podem induzir a errar e que necessitam serem discutidas cuidadosamente. A theoria das funcções de duas variaveis complexas independentes, que nos transporta a um espaço de quatro dimensões, sem tirar da *analysis situs* tão grande partido como a theoria das funcções de uma variavel, deve-lhe todavia orientações muito uteis.

Ha ainda outra ordem de questões em que intervem a geometria de situação; no estudo das curvas traçadas numa superficie, a conexão d'esta superficie desempenha um papel importante; é o que acontece principalmente com as linhas geodesicas. A questão de conne-



xidade apresentou-se mesmo ha muito tempo, quando o estudo das correntes electricas e do magnetismo conduziu a potenciaes não uniformes; d'um modo mais geral, certas integraes multiformes de algumas equações de derivadas parciaes, encontram-se em theorias difficeis, como a da diffracção da luz.

Debaixo d'outro ponto de vista, lembremos ainda as relações da Analyse algebrica com a Geometria, que com tanta elegancia se manifestam na theoria dos grupos d'ordem finita. Um polyedro regular, como o icosaedro, é o solido que toda a gente conhece, e é alem d'isso, para o analysta, um grupo d'ordem finita, correspondendo ás diferentes maneiras de fazer coincidir o polyedro consigo mesmo.

O estudo de todos os typos de grupos de movimentos d'ordem finita, interessa não só os geometras, mas os cristallographos, que assim chegam aos trinta e dois systemas de symetria para a particula complexa. O agrupamento em systemas de polyedros correspondentes, de maneira a encher o espaço, esgota todas as possibilidades na investigação da estructura dos cristaes, o que conduz a conhecerem-se duzentos e trinta typos para a symetria interna da materia cristallizada.

A noção de grupo desde a epoca em que foi introduzida em Algebra por Galois, tomou, em

diversos sentidos, tão consideráveis desenvolvimentos, que a encontramos hoje em todas as partes das Mathematicas. Nas applicações apparece-nos sobretudo como um admiravel instrumento de classificação. Quer se trate dos grupos de substituições ou dos grupos de transformações de Sophus Lie, quer se trate d'equações algebraicas ou d'equações differenciaes, esta doutrina, tão comprehensivel, permite conhecer o grau de difficuldade dos problemas tratados e ensina a utilizar as circumstancias especiaes que se apresentam; sob este aspecto, deve interessar tanto a Mecanica e a Physica mathematica, como a Analyse pura.

## VII

### **A Analyse nas suas relações com a Chimica e a Biologia**

O grau de desenvolvimento da Mecanica e da Physica permitiu que se desse a quasi todas as suas theorias uma fórma mathematica. Certas hypotheses e o conhecimento das leis elementares, levaram ás relações differenciaes que constituem a ultima fórma sob a qual se fixam, pelo menos temporariamente, estas theo-



rias, que viram o seu campo augmentar pouco a pouco, com os principios da Thermodynamica.

Agora é a Chimica, que por sua vez, tende a tomar a fórma mathematica. Para prova, basta-me a Memoria celebre de Gibbs, sobre o equilibrio dos systemas chimicos, d'um caracter tão analytico e em que os chimicos tiveram de empregar um certo esforço, para reconhecer, debaixo do véu algebrico, leis d'uma grande importancia. Parece que se pode dizer que a Chimica já ultrapassou o methodo premathematico, pelo qual principiam todas as sciencias e que um dia virá em que se hão de formular importantes theorias, analogas ás da nossa Physica mathematica actual, mas mais vastas e contendo o conjunto dos phenomenos physico-chimicos.

Seria prematuro perguntar se a Analyse encontrará no desenvolvimento d'aquellas theorias, uma fonte de novos progressos; não se pode mesmo dizer em face de que typos analyticos se encontrarão os sabios.

Tenho falado constantemente d'equações differenciaes regendo os phenomenos; será essa sempre a ultima fórma que condensa uma theoria? Nada posso dizer, é certo; mas no entanto devemos lembrar de que muitas hypotheses se formaram, de natureza mais ou menos experimental; entre ellas, ha uma que podemos cha-

mar *principio da não-hereditariedade*<sup>1</sup>, que estabelece como postulado, que o futuro d'um systema não depende senão do seu estado actual, ou mais simplesmente, que as accelerações apenas dependem das posições. Em certos casos, esta hypothese não é admissivel, *pelo menos com as grandezas consideradas directamente*; tem-se mesmo algumas vezes abusado, a este respeito, da memoria da materia, que se lembra do seu passado, falando-se commovidamente da vida d'um bocado d'aço.

Differentes tentativas appareceram para se estabelecer uma theoria sobre estes phenomenos, em que parece intervir um passado longinquo. Pode ser que em casos tão complexos, seja necessario abandonar a fórma das equações differenciaes e resignarmo-nos a considerar equações funcçionaes mais complexas, em que figurem integraes que serão o testemunho d'uma especie de hereditariedade. São questões sobre as quaes tornaremos a falar nos capitulos especialmente consagrados á Mecanica.

Depois de ter falado da não-hereditariedade, quasi não me atrevo a abordar a questão das applicações da Analyse á Biologia. Não será

---

<sup>1</sup> Um physico geometra d'um talento raro, prematuramente roubado á sciencia, Gustavo Robin, insistia nas suas lições de thermodynamica geral, sobre a hypothese da *não-hereditariedade*, que elle interpretava de resto, d'uma maneira mais lata.



certamente tão cedo que apparecerão as equações funcçionaes dos phenomenos biologicos, d'um typo analogo, áquellas de que ha pouco falei; as tentativas até agora feitas são muito mais modestas. No entanto procura-se sair do campo puramente qualificativo, para introduzir medidas quantitativas.

Na questão da variação de certos caracteres, procede-se a medidas e calculos estatísticos, que se traduzem por curvas de frequencia. As modificações d'estas curvas com as gerações successivas, as suas decomposições em curvas distinctas, poderão dar a medida da estabilidade das especies ou da rapidez das mudanças. O interesse por estas questões é grande nas investigações botanicas recentes.

Ha em tudo isto um tão grande numero de parametros, que se pergunta se será possível cingirmo-nos a considerar apenas um numero praticamente limitado de parametros. Algumas leis, d'um character arithmetico simples, como as de Mendel, relativas á hereditariedade, fazem por vezes com que se tenha de novo confiança no velho aphorismo — "todas as coisas se explicam com numeros". Mas apesar de legitimas esperanças, é claro, que no seu conjunto, a Biologia está longe ainda d'entrar num periodo verdadeiramente mathematico.

Já o mesmo não acontece, segundo alguns economistas, com a Economia politica.

Depois de Cournot, a Escola de Lausanne trabalhou d'uma fôrma notavel, para introduzir a *Analyse mathematica* na Economia politica. Sob certas *hypotheses*, que conveem pelo menos a casos limitados, encontra-se em eruditos tratados, uma equação entre a quantidade de mercadorias e os seus preços, que lembra a equação das velocidades virtuaes em Mecanica: é a equação do equilibrio economico. Uma funcção de quantidades desempenha nesta theoria um papel essencial, que faz lembrar o da funcção potencial. De resto os representantes de maior autoridade da Escola insistem na analogia dos *phenomenos economicos* com os *phenomenos mecanicos*: "como a Mecanica racional, diz um d'elles, considera pontos materiaes, a Economia pura considera o *homo economicus*."

Lá se encontram tambem as equações analogas das de Lagrange, molde obrigatorio de toda a mecanica. Embora admirando todos estes admiraveis esforços, podemos recear que os seus autores tenham descurado certas *massas occultas*, como diriam Helmholtz e Hertz. Mas seja como fôr, ha nestas doutrinas uma applicação curiosa das *Mathematicas*, que, pelo menos em casos especiaes, já prestou serviços.

Terminarei aqui esta summaria historia d'algumas das applicações da *Analyse*, com reflexões que ella me fez suggerir em certos momentos. Estou muito longe de ter sido completo;



deixei de tratar, por exemplo, do calculo das probabilidades que demanda tanta subtilidade de espirito, e cujas delicadezas Pascal não explicava ao cavalleiro de Meré, por elle não ser geometra. A sua utilidade prática é de primeira ordem. O seu interesse theorico foi sempre muito grande; e actualmente ainda é maior, graças á importancia que adquiriram as investigações que Maxwel denomina *statistical* e que tende a considerar a Mecanica sob um novo aspecto, não vendo nas suas leis, mais do que probabilidades e medias.

Teremos occasião de tornar a tratar d'estas questões.

Pode ter-se visto, por este esboço, por muito ligeiro que elle seja, a origem e a razão dos laços profundos que unem a Analyse á Geometria, á Mecanica e á Physica, d'uma maneira mais geral, a todas as sciencias que se apoiam em grandezas numericamente mensuraveis.

A influencia reciproca da Analyse mathematica e das theorias physicas, foi a este respeito particularmente instructiva.

Que nos reserva o futuro? Problemas mais difficeis, correspondendo a uma aproximação d'ordem mais elevada, farão surgir complicações que nós só vagamente podemos prever, falando, como ha pouco faziamos, d'equações funcçionaes que substituam as nossas equações

differenciaes actuaes. Mas seja como fôr, a Analyse mathematica fica sendo sempre a linguagem que conforme dizia Fourier, «*n'a point de signes pour exprimer les notions confuses*», linguagem capaz de condensar nos seus symbolos um numero immenso de resultados e dotada d'um admiravel poder de transformação e previsão.



## CAPITULO II

### Sciencias mathematicas e Astronomia

- I. *Os principios da Analyse.*—II. *Os principios da Geometria.*—III. *O desenvolvimento das Mathematicas puras.*—IV. *A Mecanica celeste e a Astronomia physica.*
- 

#### I

### **Os principios da Analyse**

Na segunda metade do seculo passado a attenção dos mathematicos voltou-se para os alicerces onde assentam os differentes ramos do pensamento mathematico. Nos ultimos vinte annos, appareceram muitas publicações sobre a philosophia das sciencias mathematicas, d'accordo com as tendencias da nossa epoca, em que o espirito humano faz uso d'uma critica cada vez mais penetrante. Sob este ponto de vista, verificou-se que o numero inteiro, em que eu falei no começo do capitulo precedente, continha difficuldades que mesmo um grande physico como Helmholtz, não desdenhou. Maiores ainda eram as difficuldades relativas aos nume-

ros incommensuraveis, que na antiguidade tanto tinham perturbado os geometras gregos; para os analysts modernos, um numero incommensuravel representa, no conjunto dos numeros racionais, um corte que corresponde á divisão d'estes numeros racionais em duas classes.

O estudo arithmetico da concepção do continuo está longe de ser uma coisa simples e tem dado logar a numerosos trabalhos, entre os quaes se devem citar os de Dedekind e G. Cantor. Não nos podemos demorar muito tempo neste campo. Para os antigos analysts, a noção era toda intuitiva, ligando-se por exemplo, á vista do segmento d'uma recta; no conjunto dos pontos d'uma recta que forma o continuo linear, ha em qualquer intervallo, por mais pequeno que seja, pontos que pertencem ao conjunto. Esta propriedade foi considerada durante muito tempo, como a caracteristica do continuo. Com effeito, o conjunto dos pontos d'uma recta correspondendo a uma abscissa racional, goza da propriedade precedente e é distincto do continuo linear. A esta propriedade do conjunto, que muitas vezes se exprime pelo termo "denso", é necessario ajuntar uma outra para caracterizar o conjunto continuo.

Este exprime-se dizendo que o conjunto, alem de denso, deve ser perfeito. Vejamos o que se entende por um conjunto perfeito. Num



conjunto de pontos, chama-se ponto-limite, um ponto  $A$ , perto do qual e por mais pequeno que seja o espaço em torno d'elle, ha sempre outro ponto que faz parte do conjunto. O conjunto *derivado* d'um conjunto dado é o conjunto formado por estes pontos-limites. Um conjunto diz-se *perfeito*, quando coincide com o seu derivado. O conjunto dos numeros commensuraveis é denso, mas não é perfeito, por não conter pontos-limites correspondentes a numeros incommensuraveis.

Estas noções são muito abstractas; mas o character d'estas especulações é a sua grande desconfiança da intuição, podendo dizer-se que se produz aqui a lucta entre a intuição e a logica. De resto, encontra-se sempre na historia da sciencia, que as principaes noções teem a principio um character puramente intuitivo, começando mais tarde o exame critico. E' assim que os geometras não sentiram a necessidade de definir o comprimento d'um arco ou a area d'uma superficie; eram para elles noções elementares. A intuição não podia evidentemente conduzir a considerar curvas não rectificaveis, ou areas de que se não podem achar as quadraturas.

O mesmo acontece com a ideia de funcção, isto é, de dependencia entre duas ou mais grandezas, na qual assenta toda a sciencia mathematica. Foi preciso passar muito tempo antes

de se comprehender a extensão extraordinaria d'esta noção. E' necessario tambem reconhecer que para os progressos da sciencia, se torna indispensavel que as coisas pareçam a principio muito simples. Sem pretender generalizar muito, pode até dizer-se que o erro é ás vezes util e que nas epocas criadoras, uma verdade incompleta ou aproximada pode ser mais fecunda que a mesma verdade acompanhada de restricções necessarias. A historia da sciencia dá-nos mais d'um exemplo do que acabamos de dizer. Se, por exemplo, Newton e Leibnitz tivessem pensado em que as funcções continuas não teem necessariamente uma derivada, que é o caso mais geral, o calculo differencial não teria apparecido. Da mesma fórma as ideias inexactas de Lagrange sobre a possibilidade dos desenvolvimentos em series de Taylor, prestaram grandes serviços; e foi muito bom que Newton, quando começou os seus trabalhos, depositasse plena confiança nas leis de Kepler. Mas, para não prolongar esta digressão, para a qual serve o que se disse no capitulo precedente, devemos voltar ao exame dos principios da mathematica moderna.

A ideia de função alargou-se bastante nos ultimos cincoenta annos. As funcções *usuaes* fazem parte das funcções *analyticas* de Lagrange, isto é, capazes de serem desenvolvidas em geral, pela formula de Taylor; não se sujeitan-



do a esta definição, muitos geometras que formaram escola, aprofundaram a noção de funcção tomada em toda a sua generalidade. Foi para essa epoca um resultado muito notavel, quando os trabalhos de Riemann e de Weierstrass mostraram que existem funcções continuas sem derivadas. Todos os theoremas accordados para as funcções usuas, devem ser retomados, quando nos collocamos debaixo do ponto de vista mais geral.

Encontram-se então enunciados completamente inesperados e que se tornam muito curiosos quando se fazem applicações geometricas.

Uma coisa que parece bem simples, é o caso d'uma curva cujas coordenadas são funcções continuas d'um parametro variando entre dois valores determinados. E todavia Mr. Peano mostrou que estas duas funcções se podem escolher de maneira que quando o parametro varia, o ponto possa tomar uma posição qualquer num rectangulo; e assim temos *uma curva que é uma area*. Factos como este ensinam-nos a desconfiar das nossas intuições mais simples; é a desforra da logica. Os geometras do seculo XVIII ficariam bastante surpreendidos se lhes dissessem que existem superficies que se podem desenvolver sem serem superficies planas. Estes enunciados suppõem evidentemente, que sobre as funcções de que nos servimos, não se formulam as hypotheses par-

ticulares admitidas no começo do calculo differencial.

Aqui levanta-se uma questão. Qual foi o guia mais ou menos consciente na escolha d'estas hypotheses? Não ha duvida que o mathematico foi muitas vezes guiado na sua escolha, pelo cuidado prestado nas applicações aos phenomenos naturaes. Uma hypothese essencial foi a da continuidade. Segundo o velho adagio — *Natura non facit saltus*, nós temos o sentimento, poderíamos dizer a crença, de que na natureza não ha logar para a descontinuidade. Por vezes é util conservar a descontinuidade nos calculos; por exemplo, quando consideramos nulla a duração do choque em mecanica racional, ou quando reduzimos a uma superficie as camadas de passagem em muitas questões de physica; mas nós sabemos que, por muito pequena que seja, os choques teem uma determinada duração, e os physicos ensinaram-nos a medir a espessura de certas camadas onde se produzem variações muito rapidas.

A ideia de derivada já se impõe menos; no entanto corresponde ao sentimento confuso da maior ou menor rapidez com que um certo phenomeno se produz. A hypothese relativa á possibilidade da derivação d'uma funcção, tem pois uma origem analoga á da continuidade; por outro lado, segundo o que disse mais acima, a ideia de continuidade não é no fundo,



tão clara como parece; mas neste momento trata-se da noção intuitiva do continuo physico.

Em outros casos não se vê uma causa analogica na particularidade imposta á funcção; parece que se dá isso com a propriedade das funcções analyticas.

As funcções primeiramente estudadas, cuja historia summaria ficou traçada no capitulo precedente, como as funcções racionais, a exponencial, as linhas trigonometricas que gosam d'esta propriedade, attrahiram as attenções; depois a facilidade com que esta hypothese permitiu abordar certas questões, fez com que as funcções analyticas adquirissem uma grande importancia. E' devido, por consequencia, á facilidade com que são empregadas nos calculos, o grande papel que ellas desempenham.

O termo *infinito* é frequentemente empregado em mathematica; mas os mathematicos durante muito tempo apenas viram nelle uma expressão indicando um numero superior a qualquer numero dado, deixando que alguns philosophos dissertassem sobre o infinito estatico e o infinito dinamico, dizendo como Mr. J. Tannery: "a noção de infinito, de que não é preciso fazer mysterio em mathematica, reduz-se a isto: depois d'um numero inteiro, ha sempre outro".

Desde os trabalhos de Mr. Cantor sobre os conjuntos e especialmente sobre os numeros

transfinitos, appareceram pontos de vista novos, de que o futuro se encarregará de mostrar a importancia. Deve ligar-se muito interesse á observação em virtude da qual o conjunto dos numeros racionais *se pode enumerar*, emquanto que o conjunto dos numeros, não; o que significa que os numeros racionais podem ser affectos a um numero d'ordem determinada, ao passo que os numeros irracionais não são susceptíveis de ser *contados*. Isto é uma especie de brecha feita no *infinito*.

Não é conveniente falarmos aqui dos numeros ordinaes transfinitos. Daremos mais facilmente uma ideia dos numeros cardinaes transfinitos, voltando aos conjuntos.

Dois conjuntos, entre os elementos dos quaes se pode estabelecer uma correspondencia uniforme, são considerados como tendo a mesma potencia ou o mesmo numero cardinal. Assim o conjunto de todos os numeros racionais tem a mesma potencia ou o mesmo numero cardinal que o conjunto dos numeros inteiros. Este numero cardinal, que podemos denominar *a*, é o primeiro numero cardinal transfinito. Ao conjunto dos numeros reaes corresponderá pelo contrario, uma potencia ou um numero cardinal differente de *a*, que podemos designar por *c*. Existem conjuntos cuja potencia ou numero cardinal não é *a* nem *c*; d'esta fórma pode mostrar-se que ao conjunto



de todas as funcções possiveis d'uma variavel, definidas num certo intervallo, corresponde um numero cardinal maior do que  $c$ . Isto basta para fazer entrever uma especie de arithmetica dos numeros transfinitos, sobre a qual já se publicaram numerosos trabalhos. Esta só se desenvolverá, se estes estudos se mostrarem fecundos na analyse; a consideração dos numeros transfinitos já permitiu que se descobrissem certos theoremas; mas devemos dizer que estes se puderam obter depois d'outra maneira. Mas seja como fôr, estas especulações sobre o infinito formam um capitulo novo na sciencia mathematica d'estes ultimos annos.

O progresso das ideias sobre as funcções e sobre o infinito, não foi a unica preocupação dos mathematicos que se interessaram pelos principios da sciencia, nos ultimos trinta annos; a questão das quantidades complexas excitou a curiosidade, tanto mais que sobre ella reinava uma certa obscuridade, que produzia a expressão usada com frequencia, mas pouco feliz, de quantidades imaginarias. A questão não apresenta actualmente coisa alguma de mysterioso. Suppondo que subsistem as leis commutativa e associativa, Weierstrass achou systemas de numeros onde figuram  $n$  symbolos e onde todos os numeros se formam linearmente com estes symbolos; estabelece alem d'isso a hypothese de que a somma, a differença, o pro-

ducto e o quociente de dois numeros do systema, fazem elles proprios parte do systema.

Ha uma infinidade d'estes systemas de numeros complexos. Estes numeros differem em um ponto apenas, dos numeros complexos ordinarios. Quando  $n$  é superior a dois, podem existir numeros diferentes de zero, de que o producto achado com certos numeros é nullo. Apesar d'esta singularidade, esta nova algebra pode reduzir-se á algebra dos numeros complexos ordinarios; trata-se portanto apenas d'uma curiosidade e de modo nenhum d'um novo instrumento util á analyse mathematica.

Admitimos que as leis commutativa e associativa subsistiam na algebra precedente. Encarou-se a questão sob um ponto de vista mais geral, suppondo que só a lei associativa subsiste, abandonando a lei commutativa, de modo que o producto de dois factores não seja necessariamente independente da ordem dos factores. Tem-se então uma algebra mais geral; um exemplo celebre d'um systema de quatro unidades é-nos dado pelos *quaternions* d'Hamilton.

Numerosos trabalhos estabeleceram classificações nesta theoria. Poderá perguntar-se se este vasto symbolismo é capaz de augmentar um dia o poder da analyse. Creio que se pode dizer que estas novas algebras não tem interesse práctico alem de conduzirem a noções mais condensadas, o que de resto pode ter um



certo valor; e isso vê-se pelos *quaternions*, cujo emprego é tão frequente entre os *physicos* ingleses, apesar dos outros o não julgarem indispensavel.

## II

**Os principios da Geometria**

Depois dos principios da *Analyse*, o estudo das bases da Geometria não despertou menos interesse. No começo da Geometria, não são as coisas tão claras como muita gente pensa; d'Alembert escreveu que a definição e as propriedades da linha recta, são o escolho e o escandalo da Geometria. Está-se hoje convencido de que em qualquer sciencia, ha um ponto limite, que não se pode ultrapassar: é preciso estabelecer certos dados, certos conceitos e formular sobre estes, axiomas ou postulados que, no fundo, os definem afinal. Por exemplo: no começo da Geometria elementar estabelecem-se os conceitos de ponto, de linha recta e formula-se o axioma que dois pontos determinam sempre uma recta.

E' para o geometra um problema difficil edificar a Geometria sobre um systema completo e não contraditorio d'axiomas independentes. Nestes ultimos tempos, publicaram-se trabalhos

notaveis como os de Mr. Veronese e sobretudo os de Mr. Hilbert, neste sentido. Conforme o systema d'axiomas que se adopta, assim será a Geometria que se obtem.

Podemos agora perguntar qual é a origem d'estes postulados. Para Kant, a fonte dos nossos conhecimentos geometricos está na intuição; e os axiomas, mais ou menos explicitamente formulados no começo da Geometria, tem um character de necessidade absoluta; o espaço é para Kant, uma fôrma *a priori* da nossa sensibilidade. Os geometras não vão em geral com esta opinião, depois que se viu que algumas geometrias, livres de toda a contradição logica, se podem obter, partindo de diversos systemas de postulados; mas tambem ha philosophos que vêem nesse factu uma confirmação da doutrina de Kant, segundo a qual, entre todas as fôrmas logicamente possiveis d'espaço, apenas uma nos é dada e imposta, como fôrma de intuição, pela nossa natureza de entes sensiveis, e não pela razão.

A observação e a experiencia desempenham um papel indispensavel na fôrma dos nossos conhecimentos geometricos; mas embora este ponto seja admitido pelo maior numero como indiscutivel, as opiniões ainda se encontram muito divididas.

Alguns physicos vêem apenas nos axiomas inducções baseadas nas observações e medidas



dos corpos: é o empirismo geometrico. Outros attribuem um papel mais ou menos importante aos trabalhos do espirito sobre os dados da experiencia. Para alguns, como Mr. Poincaré, o conceito de *grupo*, sobre o qual falaremos d'aqui a pouco e de que já tratámos no capitulo precedente, preexiste no nosso espirito e impõe-se como fórma do nosso entendimento; além de que, sendo possiveis varias interpretações da experiencia, o espirito escolheu entre ellas a mais *commoda* e a mais *simples*.

Se se quiser aprofundar a significação d'estes termos, apparecem grandes difficuldades; e até, debaixo d'um ponto de vista puramente mathematico, poder-se-ia dizer que em certos pontos, as geometrias não-euclidianas, são mais simples que a geometria euclidiana.

Os biologistas, sempre preoccupados com a these evolucionista, perguntam aos mathematicos, o que é o *espirito humano* e a sua *logica*; para elles a commodidade e a simplicidade resultam da hereditariedade e do habito e a logica é apenas o resultado da experiencia ancestral. Num artigo sobre a logica e a experiencia, Mr. Le Dantec graceja com muito espirito a proposito dos que falam de coisas não-euclidianas, acrescentando: "Se as coisas se passassem d'outra fórma, nós não seriamos como somos, mas não poderiamos existir sem estarmos adequados ás coisas". Sem discutir a significa-

ção do termo *adequado*, direi apenas que podemos considerar a Geometria, como uma *theoria* relativa aos *factos geometricos*, interpretando o termo *theoria*, como faremos em Mecanica e em Physica.

A *theoria euclidiana*, tornando bem conhecidos os factos geometricos observados, fixou-se na especie humana por uma longa hereditariedade; tornou-se commoda e simples. Podemos comparar o espaço com o ether. A *theoria* do ether, adoptada ha apenas um seculo, não tem para nós, o mesmo grau de commodidade e de simplicidade; por isso tanta difficuldade temos ainda em *pensar em ether*, para empregarmos a expressão de Mr. Langevin; mas isso poderá tornar-se facil d'aqui a algumas dezenas de seculos.

Posto isto, vamos permanecer no campo mathematico e no da logica, actual pelo menos. Fiz ha pouco allusão a diversos systemas possiveis de postulados. Se abirmos um tratado de geometria elementar, um unico axioma se encontra explicitamente formulado: tem o nome de *postulatum d'Euclides*. Na realidade, um grande numero d'axiomas são sub-entendidos; e quando se estudam os mais recentes trabalhos sobre os principios da geometria, fica-se atemorizado á vista da grande lista de postulados que é preciso estabelecer, para que a geometria tenha todo o rigor logico que geral-



mente se lhe attribue. Os mais importantes dizem respeito aos conceitos de rectas, de planos, d'angulos, de congruencias; ha outro de natureza differente, que poderia parecer inutil formular; é o axioma de continuidade ou axioma d'Archimedes. Sob o ponto de vista da logica, seria um erro, pois que puderam formar-se geometrias singulares nas quaes estabelecendo, a partir d'um ponto d'uma recta, uma successão de segmentos eguaes, não é possível attingir um ponto determinado da recta, por maior que seja o numero d'esses segmentos; ora o axioma d'Archimedes affirma precisamente o contrario, a possibilidade.

Toda a gente tem ouvido falar da geometria euclidiana e das geometrias não-euclidianas. Ha um *postulatum*, celebre na sciencia, que tem o nome d'Euclides. O celebre geometra grego estabeleceu que, por um ponto não se pode traçar mais d'uma parallela a uma recta dada (o enunciado d'Euclides tinha uma fórma um pouco differente, mas que diz o mesmo que o precedente). Debalde Euclides tinha tentado ligar logicamente esta affirmacão aos dados mais ou menos intuitivos sobre os quaes fundava a geometria. Durante muito tempo procurou-se uma demonstracão do famoso *postulatum*. Estas demonstracões são interessantes; lá se encontram todas as especies d'erros muitas vezes reeditados no decorrer do seculo pas-

sado, e que, sem duvida, o seculo actual ha de ver reproduzirem-se de vez em quando. E são sempre substituições da hypothese euclidiana por outra que se julga mais evidente. E' necessario especializar um trabalho d'um jesuita italiano, o padre Saccheri, embora conclua com erros, que appareceu em 1733, com o titulo pittoresco — "*Euclides ab omni nœvo vindicatus.*" Em vez de substituir a hypothese euclidiana por outro postulado parecendo mais evidente, o padre Saccheri pretende attingir o fim procurado, mostrando que apparecem contrações, se não se admite o celebre postulado. Consideremos, como elle faz, um quadrilatero plano  $abcd$ , no qual dois lados oppostos  $ad$ ,  $bc$  são eguaes e perpendiculares a um terceiro  $ab$ . Se se admite a hypothese euclidiana, os angulos  $c$  e  $d$  são rectos; se não se admite, os angulos são eguaes e pode suppor-se que são rectos, agudos ou obtusos. Saccheri julga poder demonstrar que se chega a contrações quando se não tratar do angulo recto. Esta parte do seu trabalho não é boa; mas antes faz algumas observações que o collocam, apesar d'isso, entre os precursores dos geometras não-euclidianos. Elle demonstra que tratando-se de angulo recto, agudo ou obtuso, a somma dos angulos d'um triangulo será igual, inferior ou superior a dois rectos e nota muito bem, que d'aquellas circumstancias a que se



apresentar para um só triangulo, se apresentará para qualquer outro triangulo, proposição que Legendre devia achar mais tarde, para o caso em que a somma é egual ou inferior a dois rectos.

Neste resumo historico das geometrias não-euclidianas, não podemos deixar de citar Lambert, que obteve os seus mais brilhantes resultados, tratando da área d'um triangulo, quando se abandona o axioma d'Euclides, área na expressão da qual figura o excesso positivo ou negativo da somma dos angulos do triangulo sobre dois angulos rectos. Lambert occupou-se muito da geometria espherica e teve a intuição clara de que o caso em que a somma dos angulos d'um triangulo é menor que dois rectos, corresponde á geometria sobre uma esphera de raio imaginario. Finalmente Legendre preoccupou-se bastante com o *postulatum* d'Euclides; demonstrou com toda a simplicidade que a somma dos angulos d'um triangulo não pode ser superior a dois rectos; mas a sua demonstração, é preciso não o esquecermos, suppõe que a recta é infinita, hypothese que se não verifica na geometria espherica, em que o papel da recta é desempenhado pelos arcos de circulo.

Dos trabalhos de Legendre conclue-se tambem que o postulado d'Euclides diz que a somma dos angulos d'um triangulo é egual a dois rectos.

Pode-se de resto dar varias fórmulas ao *postulatum* de Euclides, estabelecendo que existem rectas equidistantes, ou ainda que existem figuras semelhantes. O illustre Gauss, que desde os ultimos annos do seculo xviii, tinha estudado profundamente todas estas questões, sem falar nellas, a não ser em cartas particulares publicadas ha poucos annos, considerava o axioma d'Euclides, como equivalendo á affirmacão de que a área d'um triangulo pode augmentar indefinidamente.

Como disse, Gauss, temendo "os clamores dos beocios," a que elle se refere numa das suas cartas, não publicou coisa alguma dos seus estudos, em que estabelecia que a negacão do *postulatum* d'Euclides não implica nenhuma contradicão.

Na geometria não-euclidiana, onde a recta tem um comprimento infinito, ligam-se os nomes de Lobatschewski e de Bolyai, que, independentemente um do outro, estabeleceram uma geometria em que a somma dos angulos d'um triangulo é inferior a dois rectos. O ponto de partida de Lobatschewski e Bolyai é o seguinte: sendo dados num plano uma recta e um ponto, as rectas traçadas por esse ponto dividem-se em duas classes, segundo encontram ou não a recta dada. Estas duas classes de rectas são separadas pelas *duas parallelas* (coincidentes no caso d'Euclides) que se podem traçar do ponto



para a recta. A hypothese das duas parallelas traçadas d'um ponto a uma recta, caracteriza o systema de geometria, a que se chama frequentemente *geometria hyperbolica* e que corresponde ao caso do angulo agudo no quadrilatero de Saccheri, de que falei mais acima. O caso em que as duas parallelas coincidem, corresponde á geometria euclidiana ou *parabolica*; é o caso do angulo recto de Saccheri.

Um capitulo fundamental da geometria hyperbolica é concernente á trigonometria não-euclidiana, isto é, ás relações entre os angulos e os lados d'um triangulo. Como Lambert previra, a geometria hyperbolica encontra uma interpretação na geometria analytica sobre uma esphera de raio imaginario. Sob um ponto de vista differente, Beltrami interpretou mais tarde a geometria de Lobatschefski, d'uma fórma notavel, mostrando que a geometria plana do geometra russo é identica á geometria sobre as superficies de curvatura constante negativa, pelo menos quando nos restringimos a uma porção limitada do plano e da superficie correspondente.

Na geometria hyperbolica, podem-se traçar por um ponto duas parallelas a uma recta. Pelo contrario, pode-se admitir, como Riemann, que por um ponto não se pode traçar recta alguma que não encontre uma recta; teremos então uma segunda geometria não-euclidiana, chamada *elliptica*, na qual a somma dos angulos

d'um triangulo é maior que dois rectos. Neste caso o plano já não é infinito, isto é, as distancias sobre uma geodesica conservam-se finitas. A geometria elliptica pode ser interpretada pela consideração das esferas do espaço euclidiano, todavia, esta interpretação não vale senão para uma porção limitada do plano euclidiano, e não para todo o plano. Outra interpretação no espaço ordinario da geometria plana elliptica, valendo para o plano todo, foi dada por Klein. Consideremos no espaço ordinario o conjunto das rectas e dos planos passando por um ponto, depois os angulos diedros formados por dois d'esses planos; toda a relação entre estes elementos será a traducção d'uma relação no plano não-euclidiano, substituindo as palavras *recta*, *plano*, *angulo diedro*, pelas palavras *ponto*, *recta* e *angulo*.

Como é natural, perguntou-se como podiamos ter a certeza de que, nas deducções dos geometras não-euclidianos, se não encontrariam nunca contradicções. As interpretações em que acabámos de falar, excepto as de Klein para a geometria elliptica, não dão uma resposta satisfatoria; mas esta pode ser dada pela consideração das formulas a que se chega em geometria hyperbolica, e que são as mesmas, como já dissemos, que as da trigonometria espherica ordinaria, suppondo o raio da esphera puramente imaginario.



Todavia se se adquiriu a certeza de que o *postulatum* d'Euclides não se pode demonstrar, conservando-se no plano, fica uma duvida sobre a impossibilidade da demonstração empregando construcções fóra do plano.

O estudo das geometrias não deve portanto limitar-se ao plano; essa é a obra de Riemann d'Helmholtz e, ha quinze annos, de Sophus Lie. Todos três se collocam sob um ponto de vista analytico, considerando o espaço como uma, grande multiplicidade, isto é, que um ponto é definido por um systema de três numeros que se chamam *coordenadas do ponto*; já não se estabelece então a noção de plano e de recta; parte-se do ponto como elemento. Neste sentido, então uma novidade, Riemann foi um iniciador. Considerando espaços com qualquer numero de dimensões, introduziu a noção importante de *curvatura* d'um espaço, generalizando as noções classicas devidas a Gauss sobre a curvatura das superficies.

D'uma especial importancia são os espaços de *curvatura constante*. Um caracter fundamental dos espaços de curvatura constante, é que pode-se nestes espaços deslocar uma figura sem alterar as suas dimensões e proceder nas demonstrações por superposição de figuras. Para o caso de duas dimensões, segundo a curvatura constante é positiva ou negativa, temos a geometria hyperbolica ou elliptica de

que falámos ha pouco. Num espaço de três dimensões de curvatura constante, ha deslocamentos possiveis que dependem de *seis* parametros; e estudando estes deslocamentos, podemos considerar sob um novo aspecto, as hypotheses fundamentaes de geometria. Foi Helmholtz o primeiro que collocou a questão neste terreno. A theoria dos grupos ainda não estava criada na epoca em que o celebre physico escreveu a sua memoria; era quasi inevitavel que errasse. Este estudo foi completamente refeito por Sophus Lie.

Já por diversas vezes falei de *grupos*; é uma noção que desempenha um papel fundamental na sciencia da actualidade e sobre a qual é conveniente dizer alguma coisa.

Imaginemos, como Sophus Lie, que *n* relações permitem transformar *n* variaveis em *n* variaveis differentes, dependendo estas relações d'um certo numero de parametros arbitrarios. Estabeleça-se ainda a hypothese que duas transformações d'esta fórma effectuadas successivamente, dão uma transformação fazendo parte do mesmo typo, mudando igualmente os valores dos parametros. Se assim fôr, tem-se um *grupo de transformações*. Sophus Lie fez a descoberta capital de que a investigação de todos estes grupos, para um numero dado de variaveis e de parametros, conduz á integração d'equações differenciaes ordinarias. Citarei



apenas um resultado, o mais simples de todos que Sophus Lie obteve. Quando ha apenas uma variavel, o grupo pode, por uma escolha conveniente d'esta variavel, ser reduzido ao grupo linear e contém, o maximo, tres parametros.

Voltemos aos principios da geometria e aos resultados obtidos por Lie. Temos no espaço, de que se considera uma porção limitada, um grupo de movimentos a *seis* parametros, sobre o qual se fazem diversas hypotheses. Primeiramente estes movimentos deixam invariavel uma certa função das coordenadas de dois pontos quaesquer. A origem d'esta hypothese, ella propria a mostra; em linguagem ordinaria e sem signaes algebricos, pode dizer-se que estabelecendo a hypothese, deseja-se que haja, relativamente a dois pontos do espaço, *alguma coisa* que fica invariavel depois do movimento. Em segundo logar, deseja-se, como dizia Helmholtz, que o movimento *livre* seja possivel numa certa região do espaço.

Veamos o que se deve entender por esta hypothese complexa. Primeiramente, quando um ponto da região se fixa, qualquer outro ponto d'esta região, *sem excepção*, descreve uma superficie (multiplicidade a duas dimensões). Em seguida, quando dois pontos se fixam, um ponto arbitrario (podendo haver excepções), descreve uma curva (multiplicidade a uma di-

mensão); finalmente, se se fixam tres pontos na região, todos os pontos d'esta ficam immoveis (podendo haver excepções). Taes são as condições que impomos ao espaço.

Ha apenas dois typos d'espaço satisfazendo a estas condições. E' em primeiro logar, o espaço ordinario, ou euclidiano, a que estamos habituados; depois dois espaços, a que podemos chamar *não-euclidianos* e que são no caso das tres dimensões os analogos dos planos hyperbolico e elliptico de ha pouco. E' essa uma proposição notavel e que mostra que os espaços euclidianos e não-euclidianos são os unicos sobre que se podem logicamente estabelecer hypotheses, as quaes, livres é claro, da sua fórmula scientifica, são consideradas por quem não reflectiu sobre estas questões, como tendo um caracter necessario.

A demonstração do resultado precedente é muito delicada. Assim, as palavras "sem excepção" que sublinhamos mais acima, são d'uma enorme importancia. Se se procura o grupo dos movimentos a seis parametros satisfazendo á segunda condição, apenas encontramos os grupos euclidianos e não-euclidianos; mas se suprimimos as palavras sublinhadas, reconhece-se que existem outros grupos alem dos precedentes.

Accrescentamos ainda, que os problemas analogos no plano, admitem soluções inteira-



mente diferentes: os espaços de duas dimensões euclidianas não são caracterizados pelas propriedades que lhes pertencem unicamente no caso das tres dimensões. Esta circumstancia não tinha escapado a Helmholtz. Se voltamos á questão posta ha pouco acerca da impossibilidade de qualquer contradição, é claro que no ponto de vista analytico em que se colloca Sophus Lie, não ha difficuldade alguma. Segundo o geometra norueguês, o estudo dos principios da geometria pode considerar-se como esgotado; mas não devemos esquecer que elle limita-se a considerar uma pequena porção do espaço e que suppõe além d'isso, que as funcções que servem para caracterizar os grupos do movimento, satisfazem ás condições ordinarias da analyse infinitesimal.

Clifford e depois d'elle Klein chamaram a attenção para a questão da *connexidade* do espaço, que é muitissimo interessante. E' facil comprehender o que se entende por isto, limitando-nos ao caso d'uma multiplicidade a duas dimensões; a superficie d'uma esphera é differente da superficie do toro sob o ponto de vista das curvas fechadas traçadas na superficie. Sobre a primeira, toda a linha fechada divide a superficie espherica em duas regiões, emquanto que na superficie do toro onde se podem traçar duas curvas, como um paralelo e um meridiano que não limitam porção

alguma da superficie, não succede o mesmo; a ordem de connexidade das duas superficies não é a mesma. Pouco importa qual é a connexidade do espaço quando nos limitamos a considerar uma parte bastante reduzida; mas o mesmo não acontece quando consideramos o espaço no seu conjunto. Não ha duvida de que nada sabemos sobre a connexidade do espaço em que vivemos; só podemos suppor que elle é connexo.

Demorámo-nos um pouco com as geometrias chamadas não-euclidianas, que mais relações teem com a nossa geometria ordinaria. As geometrias de espaços de curvatura constante poderão fazer muito pouca differença d'esta, se a curvatura se aproxima de zero. Tambem se disse que a curvatura do nosso espaço talvez não seja nulla, mas apenas quasi nulla; parece que era a opinião de Gauss; e não ha duvida de que a ideia de viver num espaço cuja curvatura não é nulla, deu uma certa popularidade aos geometras não-euclidianos. Nesta ordem d'ideias pode-se ir mais longe e admitir por exemplo, que a curvatura do espaço varia com os logares e com os tempos. Para alguns, estas coisas não são mais do que sonhos: entendem que qualquer que fosse o espaço em que vivessemos, havíamos de interpretar sempre as nossas sensações na linguagem euclidiana, que é para nós a mais com-



moda. E' uma questão a que já fiz allusão, e sobre a qual pode quem quizer, dar-se o prazer de dissertar indefinidamente.

Estamos longe de ter dito tudo sobre o conjunto dos estudos que se referem aos principios da geometria. Nestes ultimos dois annos, a questão da independencia dos postulados preoccupou sobretudo os geometras alemães; e foi construindo geometrias emancipadas de tal axioma, que a independencia d'estes axiomas foi estabelecida por Mr. Hilbert. Notar-se-á tambem quanto é inexacto falar, como se faz ás vezes, das *tres* unicas geometrias possiveis (hyperbolica, parabolica e elliptica.)

O numero de geometrias logicamente possiveis é infinito; tudo depende dos systemas de postulados que se adoptarem. Já Riemann tinha considerado, na sua celebre dissertação inaugural, geometrias analogas ás geometrias não-euclidianas, que usam um nome illustre precedido d'uma negativa. Uma das mais curiosas, é a geometria não-archimediana, em que se não admite o axioma d'Archimedes, em que falei ha pouco. Nesta geometria, os processos por exhaustão não podem ser empregados nas demonstrações. Isto é muito interessante para a medida das áreas, podendo fazer-se sobre este assumpto algumas observações concernentes á nossa geometria usual.

Em geometria plana, dois polygonos equi-

valentes são eguaes por somma ou subtracção; isto é, podem ser decompostos em triangulos eguaes, ou ser considerados como differenças de polygonos susceptiveis de serem assim decompostos. O mesmo não succede em geometria no espaço; Gauss ha muito tempo que tinha chamado a attenção dos mathematicos para esta questão. Ultimamente estabeleceu-se que dois tetraedros que teem a mesma base e a mesma altura, nem sempre são eguaes por somma ou subtracção; isto é, não podem ser decompostos em tetraédros eguaes ou ser considerados como differenças de polyedros decomponiveis em tetraedros eguaes. A estereometria não pode por consequencia, como a planimetria, ser feita, sem se recorrer a processos d'exhaustão ou de limite.

Bastante fica dito sobre os principios da geometria. Para muita gente, estes trabalhos hão de parecer estranhas imaginações. Comtudo, algum interesse ha em mostrar os numerosos postulados independentes que são a base da nossa geometria e que não teem os caracteres de necessidade logica que lhes attribue a intuição, pois que esta não esgota todas as possibilidades logicas. Todo o espirito philosophico deve, sob este ponto de vista, interessar-se pela questão. Sob o ponto de vista mathematico, o estudo dos principios da geometria proporcionou, como dissémos, a Sophus Lie um bello campo



d'applicações, para a theoria dos grupos de transformações que elle acabava de criar. Do mesmo modo, quarenta annos antes, a theoria das fórmulas quadraticas de differenciaes, se desenvolveu graças aos trabalhos de Riemann sobre as hypotheses em que a geometria assenta. E' d'esta maneira que estudos, que ao começo parece terem um caracter puramente philosophico, contribuíram para o progresso das sciencias mathematicas.

### III

#### **O desenvolvimento das mathematicas puras**

Seria impossivel entrar em detalhes sobre o progresso das mathematicas puras, sem o concurso de symbolos ou de signaes d'operações, que estariam aqui deslocados. Vamos apenas indicar os caminhos por onde com mais exito seguem os trabalhos d'analyse e de geometria.

Já falámos da importancia que, em vista da propria simplicidade, tomaram as funções *analyticas*. Desde Lagrange, e sobretudo depois dos trabalhos de Cauchy, de Weierstrass e de Riemann, a theoria das funções *analyticas*, tornou-se um dos principaes ramos da analyse mathematica.

Esta deve o seu brilhante impulso á descoberta d'algumas proposições geraes, entre as quaes se encontram em primeiro logar os theoremas de Cauchy, sobre a integração na extensão d'um contorno. Nos ultimos vinte annos, uma parte importante do esforço mathematico foi consagrado quer ás funcções analyticas em geral, quer a certas funcções especiaes. Não podendo entrar no detalhe d'estas funcções abstractas, limito-me a citar os nomes de Poincaré, Mittag-Leffler, Picard, Appell, Goursat, Painlevé, Hadamard e Borel entre muitos outros.

As singularidades das funcções analyticas e as suas diversas representações por series, integraes definidas e fracções continuas, teem sido estudadas d'uma maneira profunda. Entre os trabalhos mais recentes relativos aos desenvolvimentos em serie, devemos mencionar os desenvolvimentos devidos a Mr. Mittag-Leffler e os estudos de Mr. Hadamard sobre as series de Taylor. As series divergentes tinham sido algumas vezes empregadas pelos geometras do seculo xviii e do começo do xix; a sua penetração tinha-os feito escapar a maior parte das vezes aos perigos dos raciocinios fundados sobre taes considerações; mas sob a influencia de Cauchy, de Gauss e d'Abel, que numa das suas cartas, chama invenção do diabo ás series divergentes, estas tinham sido banidas da analyse mathematica. Nestes ultimos tempos,



Mr. Borel rehabilitou-as, introduzindo a noção de serie divergente sommavel e utilizando-a para o estudo das propriedades das funcções. Entre as funcções particulares, depois do maravilhoso desenvolvimento da theoria das funcções algebraicas d'uma variavel e das transcendententes que a ella se ligam; depois dos brilhantes trabalhos de Mr. Poincaré sobre as funcções fuchsianas, as funcções algebraicas de duas variaveis deviam attrahir os esforços dos investigadores. Os estudos de Mr. Picard sobre estas questões dizem respeito ao aspecto transcendente, ligam-se ás integraes de differenciaes totaes e ás integraes duplas que se podem ligar a uma superficie algebraica. Os trabalhos de Mr. Noether e de Mrs. Castelnuovo, Enriques e Humbert relacionam-se sobretudo com o aspecto geometrico e algebraico. O vasto campo das funcções analyticas de diversas variaveis é agora atacado por todos os lados e os resultados já obtidos prometem para um futuro proximo, uma grande abundancia de descobertas.

Se o conceito de funcção analytica contém actualmente no seu dominio as funcções mais importantes da analyse, não se deve por isso deixar de profundar a ideia de funcção em toda a sua generalidade. Já mostrei o grande interesse philosophico d'esta questão. Depois dos trabalhos já antigos de Riemann, de Weierstrass e de Hankel, estes estudos foram con-

tinuados com exito por Mr. Darboux e Mr. Jordan, por Mr. Dini, Mr. Valterra e alguns geometras novos, entre os quaes podemos citar Mr. Baire e Mr. Lebesgue. A esta ordem d'ideias ligam-se os trabalhos muito numerosos sobre as series de Fourier, que tão grande papel desempenham nas mathematicas puras e em todas as questões de physica mathematica. Encontram-se na verdade, em muitas d'estas investigações, funcções bem estranhas; e alguns poderão perguntar, para que podem servir funcções tão singulares. E' facil responder que as funcções não teem necessidade de servir para alguma coisa e que o estudo da ideia de funcção merece ser feito pela ideia em si mesma. Mas com a complexidade crescente dos phenomenos naturaes de que abordaremos o estudo, as imagens que d'elles teremos, não nos levarão a empregar, para as suas representações, funcções differentes das analyticas? Seria temerario dar uma resposta negativa. Outras considerações mostram ainda a necessidade de não nos limitarmos systematicamente ás funcções analyticas, como mostraremos d'aqui a pouco.

Toda a historia da sciencia mostra as relações que existem entre a analyse pura e os phenomenos naturaes; foi o que se viu no capitulo precedente. Esta solidariedade traduz-se mathematicamente, quando o estudo d'um phenomeno se reduz a equações differenciaes; assim



para Fourier, o estudo da propagação do calor, reduz-se a uma equação de derivadas parciaes, que se deve integrar com o auxilio de condições aos limites proprios para cada caso. Do mesmo modo, todos os resultados da theoria mathematica da elasticidade se concentram num systema classico d'equações differenciaes. Voltaremos a falar d'esta reducção, sob o ponto de vista da mecanica e da physica, quando tratar-mos da explicação dos phenomenos naturaes.

Mostrámos no primeiro capitulo, ● interesse enorme que se liga ao estudo das equações differenciaes. Varios methodos foram propostos para demonstrar a existencia das integraes, preenchendo diversas condições. De resto é preciso não julgar que similhantes trabalhos não são mais do que requintes de rigor, interessando apenas os analysts puros; é preciso não esquecermos que *o verdadeiro rigor é fecundo*, distinguindo-se assim do rigor puramente formal e fastidioso, que obscurece os problemas em que toca. E' de grande importancia em muitas applicações, saber em que campo se encontram sem duvida definidas, as integraes determinadas pelas condições iniciaes. A esta pergunta devem responder os trabalhos precedentes. É neste campo que por vezes muito convem não nos limitarmos ás funcções analyticas; as hypotheses inuteis estabelecidas d'esta fórma levaram muitas vezes a delimitar

pelas integraes, campos d'existencia muito menos extensos que os que se podem obter, collocando-nos sob um ponto de vista mais geral.

Os problemas para o estudo das equações differenciaes são em numero immenso. Nos ultimos vinte annos, novos caminhos se abriram em diversas direcções. Será certamente necessaria uma grande serie d'esforços, para resolver as questões pendentes; mas já começam a ser conhecidas as difficuldades a vencer. A maior parte dos geometras que se teem occupado da theoria geral das funcções analyticas, contribuíram tambem para o estudo das equações, differenciaes ordinarias, que Cauchy começou e que foi continuado por Briat, Bouquet e Fuchs. Os trabalhos mais recentes que devemos mencionar neste campo, são os de Mr. Painlevé, a quem a consideração de certas equações do segundo grau conduziu a novas transcendentis irreductiveis, transcendentis já conhecidas.

A *physica mathematica* indicava, como vimos, typos de problemas do mais alto interesse; esta fecunda orientação é seguida por numerosos trabalhadores. E' este um dos assumptos que mais devem attrahir os mathematicos e onde ha menos probabilidades de se perderem em bêcos e trabalhos estereis, pois que os problemas são a maior parte das vezes estabelecidos pela *physica*. Ainda aqui se encontra a distincção en-



tre as funcções analyticas e as funcções não analyticas. Ha phenomenos onde com certeza só se encontram funcções analyticas, porque pode-se estabelecer que as equações differenciaes que as regem só tinham integraes analyticas. Com outros, pelo contrario, as coisas passam-se d'outra maneira; taes são, por exemplo, aquelles onde se encontram propagações d'ondas. E' um campo em que o mathematico encontra os mais diversos problemas e em que se teem obtido recentemente, resultados muito notaveis.

Acabo de mostrar que abundante mina é e será para o analysta a mecanica e a physica mathematica. Viu-se no primeiro capitulo, que seria todavia bom, não ter uma opinião muito systematica sobre a marcha parallela da theoria pura e das applicações, como tinha, com Laplace, Fourier e Poisson, a brilhante escola francesa de physica mathematica, do principio do seculo passado.

Para elles a Analyse pura não era mais do que o instrumento; e Fourier annunciando á Academia das Sciencias os trabalhos de Jacobi, dizia que as questões da Philosophia natural devem constituir o principal objecto das meditações dos geometras; "deve-se desejar, acrescentava elle, que as pessoas mais capazes para aperfeiçoar a sciencia do calculo, dirijam os seus trabalhos para estas applicações tão necessarias ao progresso da intelligencia humana".

Este desejo que é muito legitimo, não deve todavia ser exclusivo. Seria começar por desconhecer o valor philosophico e artistico das mathematicas. Além d'isso ha especulações philosophicas que tem ficado fóra de qualquer applicação, durante muito tempo, até que chega um momento em que podem ser utilizadas. Não podemos citar melhor exemplo, que o conceito das secções conicas elaborado pelos geometras gregos, que ficou sem ser utilizado durante dois mil annos, até ao dia em que Kepler se serviu d'elle para o estudo do planeta Marte. Se mais d'uma vez as mathematicas applicadas foram um estimulo estabelecendo os problemas, ha em compensação casos em que o desenvolvimento da theoria pura permitiu certas applicações, que até então não se tinham podido abordar. E' necessario pois dispôr d'uma grande amplidão nas ideias, quando consideramos a marcha geral da sciencia; isto não é especial para as mathematicas, é para tudo a que o espirito se applica.

Poucos annos depois de Fourier ter escripto as palavras que transcrevemos, apparecia Evaristo Galois, que, se tivesse vivido mais tempo, haveria restabelecido o equilibrio, orientando as investigações para as regiões mais elevadas da theoria pura; foi uma desgraça irreparavel para a sciencia franceza a morte de Galois, cujo genio devia exercer, vinte annos depois, uma tão



profunda acção nas partes mais abstractas das mathematicas.

Uma das mais interessantes e mais importantes applicações da theoria das equações differenciaes, diz respeito á geometria. Em França, a escola d'analystas' geometras, para quem os problemas de geometria infinitesimal são occasiões para magnificos trabalhos analyticos, tem por chefe Mr. Darboux. As suas lições sobre a theoria das superficies constituem um livro classico, que chamou a attenção para questões que ultimamente eram descuradas. Os estudos de geometria infinitesimal tomaram um grande impulso sob a influencia d'aquella bella obra; os trabalhos de Mr. Darboux, os de Mrs. Weingarten, Bianchi, Goursat, Guichard, Kœnigs, Raffy e muitos outros, insuflaram uma nova vida a esta parte tão importante, desde Gauss, das sciencias mathematicas. Entre outras, podemos citar a questão da deformação das superficies, enriquecendo-se com resultados notaveis. Para dar uma ideia d'este genero d'estudos, enunciarei um theoremata elegante sobre as superficies. Sabe-se que ao inverso do producto dos dois principaes raios de curvatura num ponto d'uma superficie, se chama a curvatura da superficie nesse ponto. A esphera é uma superficie fechada, sem singularidades, de curvatura positiva constante; e é a unica, como demonstrou Liebmann.

Falámos ha pouco da obra de Sophus Lie sobre a theoria dos grupos de transformações, que ficará sendo sem duvida, um dos mais bellos monumentos da analyse mathematica do seculo xix. O illustre geometra tinha mostrado a importancia da analyse no estudo das equações differenciaes, continuando os seus discipulos, na mesma ordem de trabalhos. Debaixo d'outro ponto de vista, Mrs. Picard, Vessiot e Drach tiraram partido da theoria dos grupos de transformações para tornar extensivas á analyse as fecundas noções introduzidas em algebra por Galois, de tal fórma, que se puseram em evidencia notaveis analogias entre a theoria das equações differenciaes e a theoria das equações algebraicas.

Não posso terminar esta ligeira revista relativa ás sciencias mathematicas, sem dizer uma palavra da sua parte mais abstracta, onde impera o numero puro.

Os celebres estudos de Kummer, de Dedekind e de Kronecker sobre os numeros algebraicos, foram a origem de trabalhos muito interessantes publicados principalmente na Alemanha. Uma verdadeira arithmetica nova se fundou, em que as leis da divisibilidade se apresentam completamente differentes das da arithmetica usual, em que se vêem inteiros decomponiveis de varias maneiras em factores primarios; e só introduzindo a noção dos *ideaes*



é que Dedekind poudo encontrar as leis simples a que estamos habituados. Citemos ainda o nome de Mr. Minkowski que utiliza em arithmetica as concepções geometricas e acaba de reunir os seus profundos estudos num livro sobre a geometria dos numeros; e os nomes de Hilbert, Hurwitz e Frobenius, a quem a theoria dos numeros e a algebra pura devem importantes progressos. Lembremos finalmente que Mr. Lindemann, inspirando-se nos profundos trabalhos d'Hermite sobre a transcendencia do numero  $e$ , poudo estabelecer a impossibilidade da quadratura do circulo, theorema do qual, ha mais de dois mil annos, se procurava em vão uma demonstração rigorosa. A demonstração, consideravelmente simplificada, pode já figurar no ensino elementar das nossas Universidades.

#### IV

#### **A Mecanica celeste e a Astronomia physica**

Seguimos o habito falando da astronomia, sciencia de que uma parte tem um caracter exclusivamente mathematico e de que a outra faz parte, em realidade, da physica. A astronomia de posição não nos afasta da theoria das equações differenciaes de que ha pouco falá-

mos. Uma vez estabelecidas as leis da gravitação universal, isto é, admitido que dois corpos cujas dimensões são para desprezar em relação á sua distancia, se attrahem proporcionalmente ás suas massas e na razão enversa do quadrado da sua distancia, e reduzidos d'esta fórma o Sol e os planetas á condição de pontos materiaes, o estudo da posição dos planetas reduz-se á integração d'um systema d'equações que se escreve com facilidade. Apesar da sua apparente simplicidade, estas equações apresentam muitas difficuldades e constituem ha muito tempo, o objecto do estudo aprofundado dos geometras e dos astrónomos. Se não se tivessem apresentado certas circumstancias particulares, como a da grandeza da massa do Sol em relação á dos planetas, os processos de integração por aproximações successivas, empregados pelos astrónomos, não teria produzido resultado algum; podemos pois felicitar-nos pelo feliz acaso a que devemos o grande desenvolvimento que ha um seculo adquiriu a mecanica celeste. E' provavel que haja estrellas multiplas, compostas de massas quasi eguaes; lamentemos os seus habitantes, se lá os ha e se desejam praticar a mecanica celeste.

Uma obra magistral, cujo autor foi prematuramente roubado á sciencia, ha alguns annos, o *Traité de mécanique céleste* de Tisserand, fornece um quadro completo do estado actual da,



astronomia mathematica. Nada podemos fazer de melhor, que reproduzir as ultimas palavras d'esta obra, que resumem os progressos que a astronomia de posição realizou no ultimo seculo.

“A lei de Newton, diz Tisserand, representa em summa, com uma grande precisão, os movimentos de translação dos corpos celestes. Podemos ficar maravilhados, ao vermos que as desigualdades tão numerosas, tão complicadas — e algumas consideraveis — do movimento da Lua, sejam representadas, como são, pela theoria. Sem duvida, alguma coisa fica: num intervallo de cerca de dois seculos e meio, a Lua afasta-se pouco a pouco da posição calculada até um maximo de quinze segundos d'arco; de modo que, durante este intervallo, o bordo illuminado da Lua, passará um pouco mais cedo ou um pouco mais tarde deante dos fios d'aranha da luneta meridiana, sem que o avanço ou o atraso ultrapasse um segundo de tempo. Do mesmo modo as posições dos planetas, durante seculo e meio d'observações cuidadosas, são representadas por menos de dois segundos d'arco. Ha uma excepção: Mercurio pode avançar ou retardar, em certas regiões da orbita, até oito segundos d'arco, seja meio segundo de tempo no fim d'um seculo. Os desaccordos para o nó de Venus e o perihelio de Marte, são muito menos importantes. Sentimos afinal uma pro-

funda admiração pelo genio de Newton e dos seus successores e pelos immensos trabalhos de Le Verrier, que durante mais de trinta annos investigou methodicamente toda a extensão do systema solar, trabalhos tão habilmente continuados e desenvolvidos por Mr. Newcomb „.

E' preciso agora advertir que sob o ponto de vista theorico, o mathematico tem motivo para estar menos satisfeito que o astronomo, podendo dizer-se que o seu desespero são as equações da mecanica celeste. Ha quinze annos que Mr. Poincaré estuda este assumpto com muita profundeza, resumindo os seus estudos numa obra intitulada: *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*. As conclusões mais importantes são de caracter negativo. Mr. Poincaré mostra que as series empregadas em mecanica celeste não podem ser sempre convergentes; e que d'ellas nada se pode tirar de rigoroso para a posição dos astros num grande lapso de tempo. Isto não impede, é claro, que para um tempo mais curto, se possa ter confiança no que dizem os calculos habituaes, graças ás felizes circumstancias a que alludi.

Ainda Mr. Poincaré estabelece que não existem outras integraes primarias uniformes, alem das que são actualmente conhecidas. Entre os resultados positivos devidos ao eminente geometra, citemos as soluções perio-



dicas e as soluções asymptoticas de que elle demonstrou a existencia e que permitirão provavelmente modificar o ponto de partida dos methodos d'aproximações actualmente empregados. Já se teem feito tentativas neste sentido, para o calculo das perturbações de alguns planetas pequenos. Todavia, é para temer que os esforços dos analysts sejam, por muito tempo ainda, impotentes contra as enormes difficuldades d'um problema, estabelecido comtudo bem claramente; as leis da natureza nem sempre são simples para os calculos dos mathematicos. Em vista d'estas difficuldades não nos devemos surprehender d'alguns desaccordos que se notam entre a observação e as theorias da Lua e de Mercurio; podemos julgar que estas leves discordancias devem ser attribuidas não á lei da gravitação universal, mas á nossa fraqueza analytica.

A physica contribue cada vez mais para a astronomia de observação. A photographia applicada á astronomia, tornou-se um poderoso auxiliar da astronomia de posição, permitindo que se apprehendesse o mappa celeste internacional. A espectroscopia, desde que apparecera, tinha encontrado no céu um dos seus mais notaveis campos d'applicação; revelou-nos a constituição de quasi todos os astros, desde os cometas até ás nebulosas; e até, por meio do methodo de Döppler-Fizeau, de que falaremos

em physica, nos mostrou os seus movimentos proprios. Se a photographia e a espectroscopia puderam de certa maneira, mudar o aspecto da astronomia d'observação, é isso devido, em grande parte, aos aperfeiçoamentos na construcção dos instrumentos e em particular ao poder das objectivas que hoje se empregam. Actualmente existem varias lunetas com um metro de superficie; e viu-se na Exposição de 1900, a grande luneta de sessenta metros, cuja objectiva media  $1^m,20$  de diametro.

Uma rapida analyse dos corpos do systema solar, e depois dos outros systemas muito mais afastados, formados pelas nebulosas, nos mostrará os principaes resultados obtidos em astronomia nos ultimos annos.

E' indispensavel conhecer a fórma, as dimensões e os movimentos da Terra, que habitamos. Quasi toda a Europa se cobriu de triangulos geodesicos. Os ingleses fizeram a triangulação da India; e no Cabo, estabeleceram o arco de La Caille que pensam prolongar até ao Mediterraneo. A França continua actualmente o arco do Peru, emquanto que as missões russa e sueca medem um arco no Spitzberg. As medidas relativas á gravidade são sempre o complemento indispensavel das operações geodesicas. Emquanto que até agora, o pendulo era quasi exclusivamente empregado



naquellas medidas, Mr. Eotvos modificou a balança de torção, notando que o peso nos diversos pontos d'esta balança, não é o mesmo que no centro de gravidade, em volta do qual se fazem as oscillações, o que produz um binario.

O movimento de translação da terra dá lugar, como se sabe, ao que se chama aberração, segundo a qual nós não vemos as estrellas nos logares que ellas occupam exactamente: a constante tão importante da aberração ainda não se conhece com a desejada precisão. Na deslocação annual da terra em volta do Sol, o seu eixo de rotação não se conserva exactamente paralelo a si mesmo; os seus movimentos correspondem á precessão e á nutação, phenomenos que produzem as variações de longitude e de latitude em cada ponto do nosso globo. Nestes ultimos annos, nenhum problema astronomico provocou mais estudos que o da variação das latitudes. O movimento em espiral do polo sobre a superficie terrestre encontra-se estabelecido; e não ha duvida que nas variações de latitude resultantes dos movimentos do polo, existem dois termos periodicos, um dos quaes, descoberto por Mr. Chandler, é de quatorze meses e o outro de um anno. Resta estabelecer as causas meteorologicas, geologicas ou outras, que produzem este movimento tão complexo.

Os estudos de astronomia physica sobre o

Sol e a Lua proseguem com regularidade. E' ao espectroscopio que devemos principalmente o que sabemos da constituição physica do Sol. Este maravilhoso instrumento mostra que a maior parte dos corpos conhecidos á superficie da terra, existem no Sol no estado de vapor e até, coisa singular, revelou a existencia no Sol, do *helium*, quasi trinta annos antes que este gaz fosse descoberto entre os elementos terrestres. Por cima da photosphera, encontra-se um involucro rosado e de pouca espessura, a chromosphera. Num e noutro ponto, esta eleva-se a grandes alturas, formando assim as flammas que se chamam as protuberancias. Em 1868 Mr. Janssen e Mr. Loyckyler tinham mostrado que ellas se podiam observar fóra dos eclipses; o seu espectro, que contém um grande numero de raias brilhantes, foi estudado cuidadosamente, conseguindo mesmo Mr. Hale e Mr. Deslandres, obter photographias das protuberancias. Estudando com o principio de Döppler-Fizeau as deslocações das raias do espectro das protuberancias, achou-se que estas flammass são a séde de movimentos muitissimo rapidos. Por cima da chromosphera encontra-se a corôa, que forma o ultimo e o mais mysterioso dos involucros solares. Só se distingue durante os eclipses totaes do Sol (em seis minutos o maximo), sob a fórma de aureola de luz prateada, envolvendo o Sol e a Lua. Como a corôa só



pode ser observada durante poucas horas em cada seculo<sup>1</sup>, os nossos conhecimentos sobre a sua natureza proseguem com muita lentidão. entre as raias brilhantes do seu espectro, nota-se principalmente uma raia verde, produzida por uma materia ainda desconhecida na Terra, o *coronium*. Segundo as observações dos ultimos eclipses, Mr. Deslandres pensa que a parte inferior da corôa se move no mesmo sentido que o Sol. O sabio astrônomo de Meudon fez tambem a applicação muito especial do principio de Döppler-Fizeau aos planetas Jupiter e Urano, parecendo, pelas suas observações, que a rotação d'este ultimo é retrograda.

A parte da superficie do nosso satellite que está voltada para a terra, começa a ser conhecida com grande precisão, graças ás photographias lunares feitas por Mr. Læwy e Mr. Pui-seux, com o grande equatorial curvo do observatorio de Paris. Um grande numero de mapas do seu magnifico atlas, appareceram já representando a Lua na escala de um millimetro para 1.800 metros. Alguns astrônomos julgam actualmente que a Lua deve possuir uma pequena atmospherá, que teria tido outrora uma densidade muito maior que a actual.

---

<sup>1</sup> A irradiação calorifica da corôa podia no entanto, segundo Mr. Deslandres, servir para o conhecimento fóra dos eclipses totaes.

Vimos as difficuldades que subsistem sob o ponto de vista da theoria do planeta Mercurio. Sob o ponto de vista physico, como a sua superficie só raramente apresenta alguns detalhes difficeis de serem observados, ha ainda duvidas ácerca da duração da sua rotação em torno do seu eixo. Durante muito tempo admitiu-se que a duração é de vinte e quatro horas; mas depois das recentes observações de Mr. Schiaparelli, confirmadas por Mr. Perrotin, essa duração seria a mesma da do movimento em volta do sol, isto é oitenta e oito dias. Comquanto o planeta Venus seja o astro mais brilhante do céu, depois do Sol e da Lua pouco se sabe da sua constituição physica, por causa, certamente, da sua espessa atmosphaera; a duração da sua rotação é considerada por Mr. Schiaparelli e Mr. Perrotin, como igual a duzentos e vinte cinco dias. Todavia, recentes observações espectroscopicas, utilizando o methodo de Döppler-Fizeau, annunciadas por Mr. Béliopolsky, tendem a reduzi-la a cerca de vinte e quatro horas.

A questão dos canaes de Marte, quasi que não tem avançado nestes ultimos annos. Quanto aos pequenos planetas comprehendidos entre Marte e Jupiter, o seu numero augmenta sem cessar, descobrindo-se actualmente pela photographia. O mais interessante d'estes asteroides é Éros, que foi descoberto por Mr. Witt, em



Berlim, em 1898; e apresenta a particularidade unica de se encontrar por vezes entre Marte e a Terra, e passar a curta distancia d'esta ultima. Temos assim um meio de achar a distancia de Éros á Terra e, como consequencia, de fixar com uma precisão até agora irrealizavel, as dimensões do systema solar; um accordo internacional se estabeleceu a esse respeito entre diferentes observatorios. Outro acontecimento astronomico importante foi a descoberta feita em 1892, por Mr. Barnard, do observatorio Lick, na California, d'um quinto satellite de Jupiter, comi uma revolução em torno do planeta, de cerca de doze horas <sup>1</sup>. Em 1898, Mr. H. Pickering descobriu nas placas photographicas um novo satellite do planeta Saturno, mais afastado d'elle que os planetas conhecidos, e parecendo ter uma revolução retrograda; mais recentemente, Pickering assignalava tambem pela photographia um decimo satellite de Saturno, que é actualmente, o menos importante dos astros conhecidos.

As questões relativas aos cometas são muito numerosas; é um dos problemas mais interessantes da actualidade, tanto sob o ponto de vista da astronomia de posição, como sob o da

---

<sup>1</sup> No começo de 1904 e de 1905, um sexto e um sétimo satellites de Jupiter foram descobertos por Mr. Perrine, no observatorio Lick.

astronomia physica e da cosmogonia. Julgou-se durante muito tempo, que os cometas vinham dos espaços interstellares e que penetravam a maior parte das vezes como estrangeiros, no systema solar, para em seguida saírem; mas actualmente está admitido que pertencem ao systema solar. A desagregação dos cometas parece ser devida principalmente á acção do Sol e dos planetas, sendo preponderante a do Sol, que actua lentamente pela sua attracção e mais energicamente pelo seu calor. Dos cometas ás estrellas cadentes, a transição é immediata. O parentesco entre as duas especies de corpos é innegavel; mas apesar dos bellos trabalhos de Mr. Schiaparelli, muitas questões estão pendentas, não bastando provavelmente a desagregação dos cometas, para explicar, como é que a Terra encontra tão grande numero de estrellas cadentes.

Se do systema solar passamos ao mundo sideral, vemos suscitarem-se problemas mais grandiosos. E' inutil insistir na importancia da photographia para a formação d'um mappa celeste e d'um catalogo d'estrellas. Este immenso trabalho encontra-se em bom caminho; o catalogo que deve conter as coordenadas exactas de dois a três milhões d'estrellas até á undecima grandeza, estará terminado dentro em pouco tempo. O mappa celeste fornecerá, com os seus vinte e dois mil *clichés*, as posições de



trinta milhões d'estrellas, com tanta precisão como o poderiam fazer as melhores observações meridianas. Será um documento d'um valor incomparavel para os futuros trabalhos sobre as transformações do mundo estellar.

Um dos problemas mais captivantes da astronomia estellar, é o estudo das estrellas duplas ou multiplas, começado no principio do seculo passado, pelo grande observador inglêz W. Herschell. O estudo do movimento das estrellas duplas ou multiplas revelou de certo modo a unidade primordial que reina no Universo, porque mostrou que, nos systemas afastados, a materia obedece ás mesmas leis d'attracção que no systema solar. Alem d'isso pode-se, observando o desdobramento periodico de certos raios espectraes, concluir que algumas estrellas, que pareciam simples, á vista dos mais poderosos instrumentos, eram duplas e animadas d'um movimento relativo orbital. Finalmente, outra especie d'estrellas duplas se formou por aquellas que teem um companheira quasi obscura, cuja presença nos é revelada pela irregularidade do movimento proprio da estrella principal. E' o que se dá com Sirius, cuja companheira só foi vista em 1862, não sendo mais do que uma estrella de decima grandeza, mergulhada na luz do astro principal.

Os estudos dos movimentos proprios das

estrellas demandam longas e difficeis medidas micrometricas, que teem de soffrer um sem numero de correccões e que abrangem muitas vezes um periodo de dez a vinte annos. Ha pessoas que perguntam em que é que os astronomicos gastam o seu tempo nos observatorios; comprehende-se, pelo que acabamos de expôr, que firmeza e que paciencia exigem taes trabalhos.

A medida das distancias de certas estrellas ao Sol é um dos resultados mais notaveis da astronomia. Actualmente conhecem-se com exactidão, umas cincoenta parallaxes. Quanto ás estrellas duplas de que se conhece a parallaxe, ao mesmo tempo que os elementos da orbita, é possivel medir a somma das massas das duas estrellas, por meio da terceira lei de Kepler; por outro lado, a relação das dimensões das orbitas em volta do centro de gravidade, dá a relação inversa das massas. Um facto notavel, é que as massas das estrellas que se teem podido determinar, são da mesma ordem que a massa do Sol. Assim a estrella dupla mais proxima da terra,  $\alpha$  do Centauro, cuja luz não gasta mais de quatro annos e meio a chegar á terra, á razão de trezentos mil kilometros por segundo, tem uma massa quasi dupla da do Sol, sendo a massa de cada uma d'ellas, pouco mais ou menos igual á do Sol; a duração do movimento que executam em



volta do seu centro de gravidade commum, é de oitenta e um annos.

Mencionemos finalmente as nebulosas não resoluveis, de que hoje se fixa, com a maior precisão a posição actual no céu. O numero de nebulosas conhecidas augmentou consideravelmente, sobretudo depois das bellas observações feitas nestes ultimos annos por Mr. Bigourdan. O seu interesse provém principalmente do papel capital que estes astros desempenham nas theorias cosmogonicas, pois que cada nebulosa não resoluvél parece constituir um mundo estrellar em formação. Conhecem-se hoje mais de dez mil e todas as observações tendem a confirmar as grandiosas concepções de Herschell, isto é, que entre os objectos celestes, só as nebulosas não resoluveis são extranhas á nossa via lactea, constituindo outras vias lacteas perdidas no espaço, a distancias immensas da nossa, e de que não podemos fazer ideia alguma. Todas as estrellas propriamente ditas pertencem ao que nós chamamos a via lactea, não formando o nosso sol e as estrellas visiveis a olho nu, mais do que um pequeno aglomerado local, mergulhado no interior d'ella.

## CAPITULO III

### Mecanica e Energetica

- I. *A Mecanica classica e a sua historia.*—II. *Methodos deductivos em mecanica. A mecanica de Hertz.*—  
III. *Da explicação mecanica dos phenomenos naturaes.*—IV. *A sciencia da energia.*

---

#### I

#### **A Mecanica classica e a sua historia**

Os principios da mecanica tem sido objecto, nos ultimos trinta annos, de numerosos estudos. Julgou-se durante muito tempo, que aquelles principios estavam acima de toda a critica, formando a obra dos fundadores da sciencia do movimento, um bloco capaz de resistir a todos os ataques. Uma penetrante analyse examinou os alicerces do edificio; e onde os nossos predecessores encontravam ou pareciam encontrar as maiores simplicidades, nós encontramos difficuldades muito serias. Muitos dos que tinham que ensinar os principios da mecanica, chocavam-se com a incoherencia de certas



exposições tradicionaes. Acharam arbitraria a união de demonstraões mathematicas e de principios experimentaes, notando bastantes circulos viciosos. Talvez que haja algum exa-gero nestas criticas, pois que não é um paradoxo sustentar que ha circulos viciosos no começo de cada sciencia e que sem elles nenhuma sciencia se desenvolveria. Para falarmos com franqueza, podemos mesmo perguntar se uma exposição coherente é possivel no primeiro ensino da mecanica. Nesta materia, as exposi-ções didacticas e bem ordenadas, de que tanto gosta, por vezes demais, o ensino francês, tem algum valor apenas para os que já sabem, começando a apparecer a convicção de que as difficuldades assignaladas se attenuam, se nos collocamos sob o ponto de vista historico.

O ensino elementar da mecanica ganharia muito, conservando-se menos estranho a este criterio. Compreendem-se melhor a mistura de postulados e d'experiencias mais ou menos precisas, que conduziram aos principios geraes, quando se segue nas suas grandes linhas a marcha historica da sciencia. E não nos venham affirmar que isso é inutil; dir-se-á, que em geometria, não se começa por descrever as observa-ções e as experiencias feitas pelos nossos antepassados e por analysar o trabalho mental que foi em seguida a origem dos postulados

de geometria. É que na sciencia do espaço, provavelmente sob a influencia de uma longa hereditariedade, as nossas concepções geometricas adquiriram um caracter definitivo. O mesmo não acontece em mecanica, onde as coisas são muito mais complexas, não podendo por isso estabelecer-se alguns principios geraes, sem uma grande lentidão, e onde o atraso é enorme em relação á geometria. Não podemos pois duvidar de que existe um grande interesse para o principiante, em seguir, nas suas linhas geraes e com as simplificações necessarias, o desenvolvimento das ideias dos fundadores da Estatica e da Dynamica. E' um erro julgar-se que seria preciso muito tempo para esse ensino, do qual para mais o professor podia tirar lições de grande alcance.

Vale a pena insistir nesta questão. A critica é sempre necessaria; mas foi sem razão que tanto se desconfiou dos conhecimentos instinctivos que são muitas vezes o resumo d'uma longa serie d'experiencias. São ellas que, em estatica, onde o homem teve muito cedo, uma intuição justa das coisas, permitiram assentar as primeiras bases da sciencia e que, interpretadas convenientemente, conduziram a alguns principios geraes. Collocando-nos sob o ponto de vista mais maleavel da historia, não ha receio de introduzir na sciencia uma especie de rigor falso e absurdo e de dar á



exposição uma fôrma rígida e escolastica. Assim, tomemos o principio das velocidades virtuaes com a demonstração de Lagrange, em que as forças são substituidas por fios na mesma direcção que as forças, passando em roldanas e distendidas por meio de pesos. Utiliza-se nesta demonstração um conhecimento instinctivo, relativo ao abaixamento do centro de gravidade. E' apenas a parecença d'uma prova, mas que trás muita luz.

Mais importante ainda é a historia do desenvolvimento dos principios da dynamica. Esta é uma sciencia muito moderna; todas as especulações mecanicas dos antigos e especialmente dos gregos, dizem respeito á estatica. Galileu, Huyghens e Newton são os três fundadores da sciencia do movimento.

Galileu funda a mecanica do movimento d'um ponto material num campo constante, sendo muito interessante o seguir as successivas hypotheses formuladas pelo grande physico, antes de chegar ás experiencias sobre o plano inclinado <sup>1</sup>. "Galileu, diz com razão Mr. Mach, possui o espirito moderno; não pergunta *porque* caem os corpos, mas *como* é que caem, isto é, em virtude de que leis se move um

---

<sup>1</sup> Entre as obras relativas á historia da mecanica, o livro de Mr. Mach, professor da Universidade de Viena, é ha muito tempo, considerado classico na Alemanha.



corpo caíndo livremente. Para determinar estas leis, estabelece certas hypotheses; mas, ao contrario d'Aristoteles, não se limita a estabelecê-las; procura provar-lhes a existencia pela experiencia». Galileu não se occupa de resto, senão d'um unico ponto, não fazendo distincção entre a *massa* e o *peso*. E' curioso ver como Galileu chega incidentalmente á lei da inercia num caso particular; é, para elle, um caso limite do movimento d'um ponto lançado num plano inclinado, quando este se torna horizontal. A grande gloria de Galileu é ter distinguido nos phenomenos naturaes o facto de as circumstancias determinantes do movimento produzirem accelerações. A lei da inercia, de resto, resulta d'este facto e não ha motivo para darmos d'ella um enunciado especial, quando nos collocamos n'aquelle ponto de vista. Muito fecundas foram pelas suas consequencias, as observações de Galileu, considerando o movimento d'um projectil, como um phenomeno composto de dois movimentos *independentes* um do outro.

O papel de Huyghens foi resumido por Mr. Mach, da seguinte fórmula:

“Entre os sucessores de Galileu, devemos considerar Huyghens como seu igual a todos os respeitoes. Tinha talvez o espirito menos philosophico, mas compensava esta inferioridade com o seu genio de geometra. Huyghens não

só levou mais longe os trabalhos começados por Galileu, mas resolveu um dos primeiros problemas da *dynamica de varias massas*, enquanto que Galileu se limitára á *dynamica d'um só corpo.* Com Huyghens passamos igualmente ás forças variaveis; os seus trabalhos sobre a força centrífuga desempenharam um papel capital no desenvolvimento da mecânica. A noção de massa, é preciso dizê-lo, é muito confusa para elle; mas isso não significa que elle não tratasse um problema então muito difficil, o problema do pendulo composto, isto é, d'um corpo solido pesado, movel em torno d'um eixo horizontal, utilizando um postulado *instinctivo*, relativo ao movimento do centro de gravidade d'um systema pesado, e que no fundo se reduz ao problema das forças vivas.

Newton constitue definitivamente a *dynamica*. Generaliza o conceito da força; e comquanto considere d'uma fórmula pouco feliz, a massa como uma qualidade da matéria, é o primeiro a perceber que ha em cada ponto material, uma constante caracteristica do movimento, differente do seu peso: *é a massa*. A introdução da noção de massa preoccupou sempre os que teem escripto sobre *dynamica*. Para muitos autores, essa noção assenta no seguinte principio, estabelecido *a priori*: Dois corpos, cuja dimensão podemos desprezar em



relação á distancia, communicam-se accelerações respectivas, sempre oppostas uma á outra, e cuja relação é fixa, isto é, sempre a mesma para os dois corpos; a relação das massas para estes é egual ao valor absoluto da relação das accelerações. É preciso alem d'isso estabelecer em principio que se as massas dos dois corpos são avaliadas em relação a um terceiro, a relação d'estas massas concordará com o que daria a acção dos dois corpos, um sobre o outro. Deve-se acrescentar este segundo principio, pois que não ha nesta questão physica necessidade *logica* de que duas massas eguaes a uma terceira sejam eguaes entre si. Quando se definem as massas como acabamos de dizer, é claro que se torna inutil postular á parte o principio chamado da *egualdade da acção á reacção*; seria enunciar duas vezes o mesmo facto. Este ponto de vista é irreprehensivel; mas é preciso confessar, que pela sua apparencia astronomica, é muito complexo para o principiante. Prefiro, para um primeiro ensino, outro modo d'exposição, que se aproxime mais da ordem historica, visto o conceito da massa ter-se introduzido, segundo parece, pela primeira vez, quando se notou que o peso pode imprimir ao mesmo corpo, accelerações differentes, como se reconheceu pelas observações do pendulo de Richer. Basta juntar a este primeiro facto as experiencias classicas de New-



ton, sobre os pendulos formados de materias diferentes. Passa-se em seguida ás forças variaveis, pelo processo limite habitual aos mathematicos, e obtem-se então a equação fundamental da dynamica do ponto material.

Newton, nos seus *Principios*, admitia a existencia d'um tempo absoluto e d'um espaço absoluto. Esta concepção, quasi metaphysica, desagrade hoje a certos espiritos, por o espaço absoluto e o movimento absoluto serem noções puramente abstractas. No entanto não vejo inconveniente em postular, no começo da mecanica, a existencia d'um corpo absolutamente fixo, a que podemos chamar, como C. Neumann, o corpo  $\alpha$ , e em appellar para um relógio puramente ideal. A sciencia desenvolveu-se com estas intuições mais ou menos conscientes; de resto, não tenho a certeza se se pode pensar em movimentos relativos, sem se ter ideia de movimentos absolutos. Na minha opinião, só depois de se terem estabelecido as equações da mecanica, é que poderá passar-se ao character aproximado das experiencias de Galileu e de Newton e que poderão precisar-se os systemas de comparação. Quanto aos chamados circulos viciosos de semelhante exposição, já nos explicámos mais acima; são simples aproximações successivas.

A equação fundamental da mecanica classica consiste em que a força é igual ao producto

da massa pela aceleração. Parece á primeira vista, que esta egualdade *define* simplesmente a força, podendo perguntar-se que interesse pode ella apresentar. Na verdade ella não é util para nos esclarecer sobre o movimento do ponto material e nos permitir *predizer* este movimento, se não conhecermos a força *d'outro modo que não seja pela propria egualdade*. É este um ponto capital, de que vamos dar alguns exemplos simples. Supponhamos em primeiro logar que temos de lidar com um campo de forças, em que a força possa ser medida estaticamente, acontecendo ser uma funcção conhecida das coordenadas do ponto; a egualdade considerada dá-nos então um systema d'equações differenciaes, cuja integração, para determinadas, condições iniciaes nos dará o movimento. Poderá ainda succeder que nos encontremos num campo, do qual se tenham observado movimentos particulares, e que para estes, a força deduzida da egualdade fundamental possa ser estabelecida sob a fórma d'uma funcção determinada da posição do ponto. Se se admitir que succede o mesmo com todos os movimentos que se produzem dentro do campo, poderemos predizer, por integração, os movimentos em todos os casos. É assim que Newton, partindo do movimento dos planetas satisfazendo ás leis de Kepler, foi levado á lei da gravitação universal.

Outras circunstancias se podem ainda apresentar. Pode haver ligações; e é á experiencia ou á observação, que compete dar esclarecimentos sobre essas ligações. Mas já disse o bastante para mostrar a verdadeira significação da equação fundamental da dynamica do ponto material.

Depois do periodo da indução, que é a epoca heroica da dynamica, periodo de que vamos lembrar a largos traços a historia, veio o momento em que se trabalhou para dar aos principios uma fórmula definitiva e em que o desenvolvimento mathematico desempenhou um papel essencial. É quando os mathematicos se tornam indispensaveis, permitindo realizar esse menor gasto intellectual, que dá á sciencia um caracter *economico*. Insisti sobre estes pontos no primeiro capitulo <sup>1</sup> e falei ao mesmo tempo do papel fundamental das equações, ás quaes ficará ligado para sempre o nome de Lagrange.

## II

### **Methodos deductivos em Mecanica.**

#### **A mecanica de Hertz**

Acabamos de nos collocar sob o ponto de vista historico, ao qual me parece necessario recorrer num primeiro estudo da mecanica,

---

<sup>1</sup> § II, pag. 28 e 29.



sem nos assustarmos muito com certas incoherencias e alguns dos chamados circulos viciosos. No entanto grande numero de bons espiritos se assustam actualmente com estas exposições muitas vezes impregnadas do dualismo entre força e materia, que se tinha introduzido na mecanica classica, em que a força parece ser um agente particular, que occasiona o movimento da materia.

Por isso houve physicos illustres que quizeram romper com os antigos habitos.

Abandonando por completo o ponto de vista historico do desenvolvimento da sciencia, collocam-se sob um ponto de vista analogo ao do geometra que construe uma geometria, partindo d'um certo numero d'axiomas; o seu methodo é d'este modo todo *deductivo*. Similhante maneira de proceder tem vantagens e inconvenientes. As vantagens são que o systema fica bem encadeado; construe-se assim completamente e *a priori*, um conjunto de representações, das quaes se tiram todas as consequencias possiveis. Só quando a exposição do systema se completa, é que se comparam os resultados com a experiencia.

Esta maneira de proceder é evidentemente muito philosophica; começa por confessar, desde o principio, que o unico fim da sciencia é procurar um systema d'imagens que nós fazemos corresponder á realidade e que permi-

tem, em certos casos, prever essa realidade sem a pretensão de a attingir d'uma fórma effectiva. Comprehende-se tambem que este systema d'imagens não é necessariamente unico e que se podiam adoptar varios. Mas é então que encontramos os inconvenientes d'este methodo, especialmente como methodo de ensino. Elle não nos diz como se chegou a architectar a construcção, deixando o espirito insatisfeito. A mesma difficuldade se não encontra na geometria, em que os postulados teem um caracter muito mais intuitivo, relacionando-se com a experiencia vulgar, como já tivemos occasião de notar.

Um typo de construcção da mecanica, segundo o modo deductivo, é-nos dado pelas lições de Mr. Boltzmann sobre os principios da mecanica; as ideias de Mr. Boltzmann são de resto as de Saint-Venant e de Mr. Boussinesq. Admite-se a existencia d'um certo numero de pontos materiaes, e uma serie de postulados se formula sobre o movimento d'estes pontos. A acceleração de cada ponto é a somma de  $n - 1$  accelerações parciaes, dirigidas segundo as rectas que ligam o ponto considerado aos outros  $n - 1$ . Alem d'isso, estas accelerações parciaes, quando se consideram os differentes pontos, são duas a duas em sentido contrario e numa relação constante; e um systema unico de relações pode ser adoptado para os diffe-



rentes pontos; enfim, ellas dependem simplesmente da distancia dos dois pontos correspondentes.

Vê-se que com um tal systema de postulados, que se podia alargar um pouco, a introdução das noções de massa e de força não apresenta difficuldade alguma. Um systema d'equações differenciaes d'uma fórmula determinada se acha estabelecido. Nelle entram diversas funcções arbitrarías; e ver-se-á se, para taes categorias de phenomenos, se podem escolher de maneira que os factos concordem com as equações differenciaes e que se possam pre-dizer os movimentos correspondentes a certos dados iniciaes. Se assim é, estamos de posse do systema d'imagens de que já falámos; tem-se tudo quanto se deve pedir na explicação me-canica dos phenomenos, como dizia Kirchoff.

Outro typo de construcção da mecanica, segundo a fórmula deductiva, é-nos dado pelo tratado de Hertz. O grande physico, tão cedo roubado á sciencia, consagrou-se, depois das suas immortaes descobertas sobre a propagação das ondas electro-magneticas, no ultimo anno da sua vida, a formar a sua concepção sobre a mecanica. O systema rompe muito mais com os habitos tradicionaes do que o systema precedente. Devemos lembrar primeiramente algumas noções puramente cinematicas. Considerando um systema de pontos, com certos



coefficientes que serão mais tarde as massas, é facil dizer o que se intende por *comprimento* d'uma deslocação elementar d'este systema de pontos, assim como por *direcção* e por *curvatura* d'esta deslocação. Pode haver certas ligações entre os pontos do systema; quando ellas são independentes do tempo e dizem apenas respeito ás posições relativas dos differentes pontos, diz-se que o systema é *livre*. Chamemos ainda, como Hertz, a *mais recta* deslocação elementar, a que tem uma curvatura menor que qualquer outra deslocação; e designemos finalmente por *o mais recto* caminho, um caminho cujos elementos são os mais rectos.

Com estas definições podemos enunciar o postulado fundamental, sobre o qual assenta toda a mecanica de Hertz: *um systema livre fica immovel ou descreve d'uma maneira uniforme, uma trajectoria, que é o mais recto caminho*. Podia-se dar ainda outra fórmula a este principio, dizendo que no movimento real, a somma das accelerações dos pontos do systema, multiplicadas pelas suas massas, é a cada instante minima, entre todos os movimentos possiveis, correspondendo á mesma posição e ás mesmas velocidades, o que lembra um theorema celebre de Gauss.

Para Hertz, todo o systema na natureza é um systema livre, ao qual se pode applicar o principio fundamental. Ha no entanto systemas

que nos parecem livres e aos quaes certamente se não applica aquelle principio; isso é devido, responde Hertz, a que, alem dos movimentos visiveis, ha movimentos occultos, e os systemas visiveis estão ligados a systemas occultos, de maneira que o conjunto do systema visivel e do systema occulto forma realmente um systema livre. A necessidade, em certos casos, da introducção de massas occultas, parece em primeiro logar bem singular; na realidade, esta introducção é muito familiar ao physico. O ether, que desempenha um papel tão importante em physica, é uma massa occulta; e certos movimentos vibratorios da materia ponderavel são tambem movimentos occultos.

Comprehende-se todavia que a indeterminação que subsiste na introducção das massas occultas, torna singularmente difficil a applicação das ideias de Hertz, mesmo em casos muito simples. Isto é um grande defeito; mas, se o desculpamos, não podemos deixar d'admirar a bella construcção do grande physico, que é muito suggestiva e *constitue um vasto programma* para a mecanica e para a physica do futuro. Não nos devemos surprehender de vermos que a força não desempenha ali, papel algum; isso tem que acontecer no methodo deductivo, onde se estabelecem apenas as leis do movimento. A força só poderá apparecer como expressão analytica. E' o que succede quando se consi-



dera um systema livre que se decompõe em duas partes; é-se então levado a considerar a acção d'uma das partes sobre a outra e inversamente. Obteem-se assim acções e reacções directamente oppostas. Isto lembra o postulado classico de Newton, sobre a egualdade da acção e da reacção; mas é preciso notar que a lei estabelecida por Newton, tem um character mais geral do que a que se deduz dos principios de Hertz. Uma comparação um tanto grosseira e que não é completamente exacta, ajudará a comprehender este ponto. As unicas forças admitidas por Hertz são, de certo modo, acções de contacto; portanto na sua mecanica ha apenas acções e reacções applicadas aos mesmos pontos; ao passo que quando Newton considera a acção e a reacção do Sol e d'um planeta, as duas forças são applicadas a dois pontos differentes. A mecanica do physico de Bonn não conhece estas forças e os seus principios não podiam applicar-se a este caso, sem uma hypothese estabelecida sobre a natureza da ligação entre os dois astros. De resto o principio de Newton, sob a sua fórmula absolutamente geral, é perfeitamente claro, e todavia a sua interpretação apresenta mais d'uma difficuldade, em exemplos relativos ao magnetismo, á electricidade e á optica.

O principio da conservação da energia, definida como a somma dos productos das mas-



sas pelos quadrados das velocidades, é para os systemas livres, uma consequencia immediata do postulado fundamental de Hertz, encontrando-se este tambem sob a sua fórma habitual quando se trata de uma parte d'um systema livre, considerada como submetida a certas forças. Hertz fez um profundo estudo dos movimentos cyclicos e dos movimentos conservativos, inspirando-se nos trabalhos anteriores de Helmholtz. Consideremos um systema formado de massas visiveis e de massas occultas, com a condição de que estas ultimas formem o que Hertz chama um systema cyclico adiabatico; o systema primitivo é chamado conservativo. Sabe-se que se distingue muitas vezes a energia cinetica e a energia potencial; para um systema conservativo, a energia cinetica é a energia definida das massas visiveis, como vimos; e a energia potencial é apenas a energia das massas occultas. Estas duas energias não são de natureza differente; no fundo a distincção é ficticia e depende do grau do nosso conhecimento.

Vê-se como são interessantes as especulações de Hertz; estas vistas geraes podem ser consideradas como definindo o que devemos entender por uma explicação mecanica. Quanto á questão de saber se todo o phenomeno é susceptivel d'uma explicação mecanica, falaremos d'aqui a pouco.

Os modos deductivos de exposição, de qualquer fórma que se apresentem, são á primeira vista muito attrahentes. Condensam, em alguns postulados que se estabelecem no começo, os resultados a que se chegou pela serie de esforços e de tentativas dos criadores da sciencia do movimento. Estes postulados teem um character muito geral, ficando a experiencia para a verificação das suas consequencias mais ou menos mediatas.

Mas outras difficuldades se apresentam; e os postulados fundamentaes estabelecidos no começo, parecem estranhos aos que os ouvem annunciar pela primeira vez. Não sei o que nos reserva o futuro; a sciencia enveredará talvez por caminhos que não podemos prever; mas ha motivo para esperar que o estudo dos principios, que occupa actualmente um lugar tão grande, chegará a alguns resultados importantes. Alguns pensam que o primeiro capitulo da dynamica, tal como hoje a consideramos, refiro-me á dynamica do ponto material, terá provavelmente que desaparecer. Não ha duvida que o facto é possível, mas não me parece que esteja para breve, pois que as hypotheses atomicas desempenham e hão de desempenhar sempre talvez, um papel preponderante em muitos ramos da sciencia, re-adquirindo em nossos dias uma grande actividade. De resto podem-se conservar simultanea-

mente differentes pontos de vista. Veremos como isto é verdade, ao examinarmos as tendencias diversas da physica geral da actualidade.

### III

#### **Da explicação mecanica dos phenomenos naturaes**

Uma ideia cara aos cartesianos, era a de que todas as transformações do mundo physico se realizam segundo as leis da mecanica. Qual é a significação exacta d'esta asserção, se significação existe? A resposta não é facil. O que devemos intender por explicação mecanica d'um phenomeno? Para Hertz, um phenomeno que nos é dado por um systema, será susceptivel d'explicação, se esse systema faz parte d'um systema livre convenientemente escolhido e se o seu movimento se puder deduzir dos postulados fundamentaes indicados mais acima.

Helmholtz e Poincaré adoptam uma fórma um pouco differente; transportam-se para o systema classico das equações de Lagrange em mecanica racional, ao qual já alludimos. Este systema comprehende funcções indeterminadas dos parametros e dos seus derivados; se podemos escolher estas funcções de modo que as equações differenciaes de Lagrange cor-



respondam então aos movimentos do systema, haverá para estes movimentos uma explicação mecanica. Estas respostas são muito abstractas e muito vagas, se não as tornamos um pouco mais precisas. De facto é impossivel obter funcções determinadas e dar em seguida equações differenciaes, se uma successão d'inducções, baseadas sobre generalizações mais ou menos plausiveis d'experiencias simples, nos não trazer esclarecimentos indispensaveis. Até onde é que se pode dizer com exactidão, como algumas vezes se tem feito, que uma explicação mecanica não é senão um systema d'equações differenciaes? Depois de obtermos este ultimo, podemos abandonar o andaime que serviu para a construcção do systema e procurar tirar d'este systema, com recursos da analyse mathematica, a coordenação dos factos conhecidos e fazer previsões que *são o supremo objectivo da theoria e o signal da fecundidade*. Mas acontece muitas vezes que um facto novo nos vem mostrar a insufficiencia da explicação adoptada; neste caso é preciso completar pela adição d'algum termo, as relações differenciaes, sendo a maior parte das vezes preciso analysar de novo o andaime primitivo, para poder corrigir utilmente a construcção definitiva. Se se pode pois conceder que a ultima forma d'uma theoria consiste num systema d'equações differenciaes, é indispensavel não esquecer as ideias que serviram para o formar.

Voltemos porém á pergunta: *Todo o phenomeno é susceptivel d'uma explicação mecânica?* Para uma pergunta feita d'uma maneira tão geral, tudo depende dos elementos que se fizerem intervir na resposta. Por exemplo, teremos uma explicação mecânica da luz, se se estabelece como postulado um ether hypothetico. Tendo d'este modo feito intervir este systema *occulto* (no sentido de Helmholtz e Hertz), formam-se as equações differenciaes do seu movimento vibratorio, e obtem-se uma explicação mecânica dos phenomenos luminosos. Comprehende-se, que, tendo a possibilidade de fazer intervir systemas occultos dotados de propriedades mais ou menos variadas, seja muitas vezes possivel dar explicações mecánicas d'uma categoria de phenomenos. Alguem poderá julgar que estes systemas occultos são apenas um gracejo de mau gosto. *A priori*, terá razão; mas na realidade, não. O ponto capital é chegar a relações entre as quantidades mensuraveis, permitindo prever os phenomenos; as quantidades inacessiveis são variaveis auxiliares, que se procura em seguida eliminar. Um grande numero de theorias entram actualmente neste typo geral.

Um exemplo interessante nos é dado pelo estudo dos phenomenos calorificos. A explicação mecânica, feita no sentido que acabamos de indicar, do principio de Carnot, apresenta grandes difficuldades. Clausius foi o primeiro



que tentou essa explicação; em seguida, Helmholtz, nos seus celebres trabalhos sobre o principio da menor acção, julgava ter obtido um bom exito; depois, Mr. Boltzmann procurou responder a certas objecções feitas a Helmholtz. A ideia essencial d'Helmholtz consiste na hypothese de movimentos occultos. As variaveis, na opinião d'elle, podem ser divididas em duas categorias: umas que nos são accessiveis, outras que nos são desconhecidas e que correspondem a movimentos occultos. Estabelecendo certas hypotheses, chega-se para as variaveis *accessiveis*, a relações differenciaes completamente diversas das equações da mecanica classica, sendo d'esta fórma que se pode conhecer a dissipação da energia. Mr. Boltzmann, que estudou a questão mais profundamente que Helmholtz, faz distincção entre os movimentos ordenados e os não ordenados; para elle o augmento da *entropia* corresponde ao acrescimo dos movimentos não ordenados em relação aos movimentos ordenados. Tornaremos a falar d'esta questão tão importante do principio de Carnot.

Acabamos de nos collocar sob um ponto de vista analytico e abstracto; continuando na mesma ordem d'ideias, pode-se dar por vezes uma fórma mais concreta a estas considerações sobre a explicação mecanica dos phenomenos.

Supponhamos que dois phenomenos diffe-



rentes conduzem ao mesmo systema de relações differenciaes; tornam-se então modelo um do outro, podendo haver para a mesma categoria de phenomenos, varios modelos. Note-mos d'uma maneira geral, que as imagens que formamos das coisas, são modelos d'essas coisas. Assim, num systema onde ha massas occultas, isto é, inacessiveis á observação, nada mais podemos fazer do que criar para elle, modelos, sem poder attingir a realidade. O accordo entre o espirito e a natureza, é nesta ordem de ideias, comparavel ao accordo entre dois systemas que são modelos um do outro.

Parece, nesse caso, que cada um é livre de procurar modelos differentes. E' verdade que, em vista da propria indeterminação do problema, os modelos podem variar-se numa certa medida; mas a historia da sciencia mostra, no entanto, que esta variedade é limitada. E' preciso com effeito, que as nossas representações sejam *simples*; e conservando-nos no mecanismo puro, temos tendencia a voltar ás concepções atomicas e moleculares, que desempenharam um papel fundamental na physica do seculo xix. Sem querer fazer a historia completa das ideias nesta questão das representações mecanicas, é necessario que diga algumas palavras sobre uma representação muito especial, muito do gosto da escola inglesa, em que o modelo se construe com os mecanismos mais usuaes.

Maxwell construiu engenhososapparelhos em que se manifestam diversas analogias com os phenomenos electricos e nos quaes, por exemplo, a inducção apparece como effeito da inercia de certas massas. Lord Kelvin, sobretudo, profundou muito este assumpto, tendo mesmo escripto que só estava satisfeito quando podia construir um modelo mecanico; é d'esta fórma que com solidos rigidos, elle consegue effeitos elasticos e chega a realizar representações do ether. A extrema complicação de muitos d'estes modelos, em que figuram gyroscopios e campainhas de repêrcussão, choca os espiritos habituados a ver as coisas sob um ponto de vista analytico. E' claro que se se tivesse a pretensão de attingir por esta fórma a realidade, dar-se-ia uma coisa bem estranha. Desde que se trata apenas de imagens, não nos devemos admirar que as opiniões se dividam sobre o grau de simplicidade d'esta ou d'aquella representação; as campainhas de lord Kelvin teem a sua philosophia.

Ao traçarmos summariamente a historia da dynamica classica, dissemos <sup>1</sup> que, se fôra levado a estabelecer o postulado de que as mudanças infinitamente pequenas, que sobreveem num systema de corpo, dependem apenas do seu estado estatico actual. A este postulado chamou-se, como dissemos, principio da *não-her-*

---

<sup>1</sup> Pag. 25 e 51.



*ditariedade*, pois que estabelece que o futuro do systema depende apenas do seu estado actual; este postulado constitue a base da mechanica racional classica. Ha todavia excepções numerosas, embora apparentes, a este principio. Nellas entram os phenomenos em que ha friccionamento; parecendo que as accelerações dependem da velocidade, pelo menos. Mas pode acontecer que as forças chamadas de fricção, não sejam mais do que forças apparentes e que a introducção d'um maior numero de variáveis por exemplo, d'elementos relativos á deformação dos corpos em contacto, permita dar ás equações uma fórmula que entre no typo classico. Vê-se que a questão é da mesma natureza d'aquella de que ha pouco falavamos: as contradicções que se julgam ver com o principio fundamental, proviriam de que a eliminacão de variaveis *occultas*, para ficarmos só com variaveis *accessiveis*, mudou a fórmula das relações.

Outra questão da mesma especie é a de saber se os systemas naturaes são conservativos, isto é, se as forças interiores admitem neste caso um potencial dependente unicamente das posições relativas das suas diversas partes. A grande maioria dos physicos é de opinião que os systemas *irreversibleis* não podem ser *conservativos*. Para discutir esta asserção, seria necessario entendermo-nos sobre a noção de irreversibilidade, que não é independente do nu-

mero e da natureza das variaveis que se consideram num systema. Um physico e mecanico d'uma grande penetração, Mr. Brillouin, é de opinião que a mecanica racional não é essencialmente reversivel e que a irreversibilidade pode introduzir-se nella com a instabilidade.

Tudo isto é bem estranho, dirá mais d'um leitor, vendo obscurecer-se a ideia, que elle julgava talvez muito clara, do que seja *uma explicação mecanica*. Mas ainda não chegámos ao fim das difficuldades. Para ter em consideração, com as variaveis observaveis, phenomenos do typo da viscosidade e da fricção, introduzem-se nas equações termos com derivadas primarias, cuja fórmula, evidentemente, é indicada por experiencias mais ou menos satisfatorias (como são, para dar um exemplo simples, as leis de Coulomb). Estas modificações ainda não são nada; temos d'esta fórmula o estado ulterior do systema, dependente de certo modo, do estado num dado instante e no instante immediatamente vizinho (derivadas primarias). Que seria uma mecanica em que a hereditariedade fosse completa? Já não seriam equações differenciaes que exprimiriam as leis dos phenomenos. Ahi se encontrariam, considerando a questão em toda a sua generalidade, equações *funcionaes*, em que as funções procuradas seriam ligadas por signaes de integraes representativas do concurso de todos os tem-



pos anteriores. De resto o termo "hereditariedade," não se deve ligar necessariamente aos seres vivos; significa apenas, neste caso, a historia anterior do systema estudado. O seu typo encontra-se nas deformações chamadas permanentes e nos phenomenos chamados *de hysteresis*. Neste momento devemos-nos lembrar da observação feita ha pouco sobre os systemas com fricções. Dissemos que talvez as forças chamadas de fricção sejam apenas apparentes; agora poderíamos dizer: talvez a hereditariedade tambem seja apenas apparente e seja devida a que a nossa attenção é dirigida para um pequenissimo numero de variaveis.

Que concluir de tudo que precede? Que tomada no sentido geral, a expressão *explicação mecanica* é vasia de sentido. Mas em categorias extensas de phenomenos, prestando attenção a variaveis bem determinadas, cujo papel é considerado preponderante, poder-se-iam formar entre estas variaveis, relações funcçionaes (em geral equações differenciaes), aproximando-se *o mais possivel* do que exigem os postulados fundamentaes da mecanica racional, relações cuja fórmula particular nos é dada por experiencias ou observações simples e que permitiriam predizer em casos mais complexos, o estado futuro do systema. Quando assim acontece, diz-se que temos uma explicação mecanica d'estes phenomenos.

No meio de todas as difficuldades em que actualmente se debatem as noções fundamentaes da mecanica, um unico ponto parece não offerecer divisões de opinião: é que estas equações da mecanica serão obtidas, egualando a zero, a *variação* d'uma certa integral. Ficará subsistindo um principio *da menor acção*. Este velho principio d'aspecto theologico será a nossa ultima defesa. Como recentemente o mostraram Mrs. Cosserat, considerando para um ponto material uma *acção*, que seja uma função qualquer da velocidade, obtem-se uma mecanica em que a massa depende da velocidade, o que de resto não tinha escapado a Laplace.

#### IV

### **A sciencia da Energia**

Acabamos de ver as difficuldades que se encontram, quando se quer precisar a noção d'explicação mecanica dos phenomenos naturaes. Dê-se o que se der com estas difficuldades, o desejo imperioso que se manifestou na investigação d'aquella explicação, foi o desenvolvimento da sciencia, um estimulante d'uma grande fecundidade. Compreenderemos isto, quando lançarmos uma vista d'olhos sobre os recentes progressos da optica e da electricidade.



Ficariamos incontestavelmente sem uma arma poderosa, renunciando ás tentativas d'explicação mecanica, que tantos serviços teem prestado. Todavia é preciso reconhecer que em muitos casos, as contradições e as singularidades de certas theorias produzem uma especie de esmorecimento e que os sabios de agora já não teem o enthusiasmo dos physicos geometras da primeira metade do seculo xix. Pareceu mesmo estranho a alguns, que se pretendesse explicar o conhecido pelo desconhecido, o visivel pelo invisivel; imaginar, por exemplo, como se disse, um ether, que a vista humana nunca distinguirá. Similhante accusação é justificada, se se tomar o termo "explicação", no sentido em que durante muito tempo foi tomado; mas perde muita força se se procurar apenas numa explicação, uma imagem util e fecunda e se não se tem a pretensão d'attingir a realidade, como já o dissemos por varias vezes. A sciencia pode seguir ao mesmo tempo por caminhos diversos; e a multiplicidade dos pontos de vista não só é legitima, mas é indispensavel.

Dito isto, certas leis ou hypotheses physicas, que não são mais do que a generalização dos factos observados, desempenham actualmente um papel essencial, e teem por objecto estabelecer relações numericas definidas, entre grandezas directamente mensuraveis. Entre estas

leis, as da energetica são fundamentaes na sciencia da nossa epoca. A thermodynamica constituiu de certo modo o embrião da energetica, que a comprehende como caso particular. Dois nomes dominam a thermodynamica; os de Mayer e Carnot; e dos dois, o maior é certamente o de Sadi-Carnot, precursor prodigioso, que, pelas suas concepções geniaes, ultrapassou consideravelmente o seu tempo. A fecundidade em todas as partes da physica, do principio da conservação da energia, foi principalmente posta em evidencia por Helmholtz e lord Kelvin. Em cada caso particular é-se levado a definir o que se entende por energia: é assim que se distinguem as energias mecanica, calorifica, electrica, chimica, radiante, etc; energias que se apresentam em geral, sob a fórma d'um producto de dois factores. Com as fórmas d'energia até agora catalogadas, se assim posso dizer, o principio da conservação verifica-se em todos os phenomenos conhecidos; e o facto de se ter tido apenas necessidade de admitir um numero muito limitado de fórmas d'energia constitue a grande importancia d'esta lei fundamental. Sob a sua fórma geral, o *principio da energia* exprime que as diferentes fórmas da energia *interna*, a força viva sensivel, o trabalho executado e a energia cedida (sob a fórma colorifica, electrica, magnetica, etc.) se transformam umas nas outras de



maneira a ter uma variação total igual a zero. A noção *de energia interna* é capital; se não ha em campo senão energias mecanicas e calorificas, a energia interna é uma funcção da disposição relativa das differentes partes do systema e do seu estado physico e chimico.

Talvez se tenha um dia de admitir outras fórmas d'energia, alem das que se teem considerado até agora; e então, poder-se-ia ser tentado, num certo sentido, a considerar o principio da conservação da energia como uma definição; mas é claro, se para satisfazer a esta definição, fosse necessario admitir um grande numero de fórmas d'energia, o principio deixaria d'existir para o physico, que nada poderia tirar d'elle. Comquanto as nossas ideias sobre a conservação da energia, tenham a sua origem historica no theorema das forças vivas da mecanica racional; e que d'esta fórma se tenha estabelecido um laço entre a mecanica racional e a physica, estes primitivos pontos de vista acham-se actualmente abandonados. Fica a experiencia sendo o unico guia nesta questão para cada fórma d'energia. Ha um equivalente mecanico do calor, mas não ha equivalente da electricidade, porque a mesma quantidade de electricidade produz, segundo as circumstancias, um trabalho muito differente; mas ha um equivalente mecanico da energia electrica.

Para muitos sabios, a energia não é apenas uma concepção abstracta sem existencia real; tem para elles, como a materia, talvez mais do que a materia, uma existencia objectiva, não a podendo nós criar nem destruir. Da equivalencia das differentes fórmulas d'energia, pode-se concluir a sua identidade? A pergunta para quem faz a experiencia não tem sentido; é como se se perguntasse se dois corpos são identicos porque tem o mesmo peso. A pergunta feita para a *energia* é ainda mais singular do que para a *materia*, podendo cada um responder conforme as suas opiniões theoricas.

A deslocação da energia é a condição essencial da existencia dos phenomenos. Ora todas as fórmulas conhecidas da energia tem tendencia a transformar-se em energia calorifica, que se aproveita como a fórmula mais estavel. Assim pode-se transformar, por completo, trabalho mecanico em calor derramado na mesma origem, mas é impossivel realizar a transformação inversa. Em primeiro logar o principio de Carnot ensina-nos que uma certa quantidade de calor não pode abandonar uma origem para se transformar completamente em trabalho, o que basta para nos mostrar no calor uma fórmula inferior da energia; todavia se a transformação é reversivel, ha uma especie de compensação, visto que se uma parte da energia se degrada, a outra eleva-se. Mas quando a transformação



é irreversível, ha uma degradação definitiva sem compensação. Assim, num systema subtraído a toda a acção exterior e passando por via irreversível d'um estado a outro, a quantidade d'energia é constante, mas a quantidade d'energia *utilizavel para nós* para produzir trabalho, diminue: a *qualidade* da energia diminui. Similhante resultado é produzido pelo attrito que torna uma transformação irreversível, por quedas de calor por conductibilidade ou irradiação entre as diversas partes do systema, pela resistencia dos conductores na propagação da electricidade, por *hysteresis* nos phenomenos magneticos, etc. Na sua bella obra sobre os principios da chimica physica, Mr. Perrin considera como Mr. Langevin, o principio de Carnot como *um principio de evolução* e enuncia-o dizendo que um *systema isolado não passa duas vezes pelo mesmo estado*. Actalmente tende-se cada vez mais a considerar, conforme com as ideias de Boltzmann e de Gibbs, o principio de Carnot como uma lei de probabilidade, applicando-se a systemas sufficientemente complexos e durante um tempo não muito prolongado. Ha de pois haver casos em que será necessario applicá-lo com prudencia; e é evidente que nestas condições é preciso tomar cuidado com as generalizações aventurosas.

Não deixando de admirar a imaginação de

Clausius e de lord Kelvin e concedendo ao sabio o direito de ser poeta, é necessario no entanto não acceitar sem reserva, as conclusões philosophicas que os dois grandes physicos deduziram, por uma gigantesca extrapolação da lei da degradação da energia. E' um exagero deduzir de principios experimentaes, cujas verificações são muito limitadas, vistas geraes sobre o futuro do Universo. Digamos apenas que o termo "dynamica," não está em opposição com a ideia de que o Universo caminha fatalmente num determinado sentido, gastando-se constantemente as energias utilizaveis. Entes mais perpicazes que nós, poder-se-iam oppôr a esta dissipação da energia? Saberiam actuar sobre as variaveis *occultas* de modo a poder recuar-se? Ser-lhes-ia necessaria a subtileza do diabinho de Maxwell, que era capaz de acompanhar as moleculas nos seus movimentos.

Esta degradação é compativel com uma explicação mecanica? Ja examinámos esta questão e nada mais temos a dizer; para Mr. Boltzmann, o principio de Carnot, sem ser identico ao principio da menor acção, tem com elle uma certa analogia. Se tentativas como as de Helmholtz e de Boltzmann são d'um grande interesse para os geometras, o mesmo não acontece hoje para muitos physicos. Para muitos d'elles, as equações da physica são relações quantitativas entre grandezas, das quaes se não diz se são ou não



qualitativamente irreductiveis. Varias vezes tenho empregado o termo *qualidade*. O principio cartesiano, segundo o qual tudo no mundo material se explica pela extensão e pelo movimento, encontra-se actualmente abandonado? Parece que sim, pelo menos em parte, quando se ouve dizer que o calor é uma forma *degradada* da energia. Mas é preciso lembrarmonos que *qualidade* e *degradação* são coisas relativas ao nosso poder d'acção. Considerámos ha pouco a expressão "explicação mecanica,;" esta expressão tem maleabilidades infinitas, e dissemos que se pode dar á noção do mecanismo um sentido muito lato que permita conciliar muitas contradições.

A thermodynamica foi a origem da energetica; por isso, esta no seu começo viu-se invadida por um certo numero de concepções especiaes da thermodynamica, havendo ainda hoje alguma confusão na exposição dos principios geraes da energetica. Desde alguns annos, em seguida aos trabalhos de Gibbs e Helmholtz, certos physicos, entre os quaes se deve citar especialmente Mr. Duhem, puseram em relevo o papel d'uma importante funcção, o potencial thermodynamico. Este potencial dá a medida do que Carnot chamava a força motriz. Em França, Mr. Le Chatelier, na Alemanha Mr. Meyerhofer e Mr. Ostwald voltam á concepção de Carnot, partindo da noção de força motriz, isto é

da aptidão de cada phenomeno para exercer uma acção no mundo exterior; é tambem o que Helmholtz chamava a energia livre.

Uma definição geral torna-se aqui impossivel, como para a energia; mas em cada caso particular, reconhece-se que se dois systemas de corpos estão em presença, ha troca d'uma certa propriedade, que é perdida por um dos systemas e ganha pelo outro, a de poder transformar-se directamente, quer isoladamente, quer provocando noutro systema uma transformação inversa; é esta propriedade que se chama força motriz.

Podem enunciar-se a este respeito algumas leis geraes. Temos em primeiro logar a lei da conservação da capacidade de força motriz, segundo a qual, em todo o gasto de força motriz, ha uma função de mudanças correlativas da mesma natureza, que permanece constante e que é conhecida pela experiencia. O mesmo não acontece todavia com o calor, que constitue uma excepção, entre as diversas especies de força motriz. Outra lei da energetica consiste na impossibilidade de criar força motriz sem a tirar d'algum lado; é a generalização da impossibilidade do movimento perpetuo. Finalmente, segundo uma terceira lei geral, é impossivel destruir força motriz, sem criar calor, o que é no fundo a lei de Joule.

Compreende-se de resto que os princípios



experimentaes, aos quaes se ligam as leis geraes da energetica, se possam escolher de maneiras diversas, merecendo a este respeito ser citados, os trabalhos de Mr. Mouret e do major Ariès.

Importa tambem prevenir as illusões sobre o grau de utilidade a tirar das leis geraes da energetica. A sua utilidade é de certo modo qualitativa, consistindo em prever a orientação d'um phenomeno e em deduzir d'uma primeira lei achada experimentalmente, uma proposição reciproca. Por exemplo, da electrização dos cristaes hemiedros por compressão, Mr. Lippmann deduziu a deformação dos cristaes produzida pela influencia electrica. Mas para se terem avaliações quantitativas, será preciso fazer intervir leis especiaes para os phenomenos estudados; só assim é que a sciencia da energia pode ser fecunda. Veremos numerosos exemplos d'isto, analysando os principaes capitulos da physica, da chimica e da physico-chimica.

Vimos neste capitulo, as duas principaes tendencias, em que se dividem actualmente os sabios que estudam a natureza inanimada, desde os theoreticos que procuram as explicações mechanicas, até aos observadores que desconfiam das noções abstractas e supprimiriam mesmo com prazer a palavra *entropia* no vocabulario scientifico.

Estas tendencias são radicalmente oppostas no seu espirito; mas na prática, ha entre ellas muitas relações; e na investigação, o mais acerrimo partidario da energetica puramente experimental não hesita por vezes, em empregar certas representações, cujo character está em desaccordo com as suas proprias ideias. E ainda bem que assim é: porque só adoptando pontos de vista differentes, por vezes oppostos, é que as sciencias progridem. Não mutilemos o espirito humano, na tarefa immensa que elle tem de executar. Vamos encontrar de novo estas diversas correntes no desenvolvimento das sciencias physico-chimicas.



## CAPITULO IV

### A Physica do Ether

I. *A Optica*—II. *A Optica e a Electricidade*—III. *Os raios catodicos e os raios X.*—IV. *As novas irradiações e a mecanica dos electrodos.*

---

#### I

#### **A Optica**

Vamos examinar rapidamente alguns dos trabalhos mais importantes que dizem respeito ás diversas partes da Physica e da Chymica. Comecemos pela optica e pela electricidade, em que descobertas inesperadas vieram ultimamente attrahir a attenção das pessoas mais estranhas aos progressos da sciencia. Collocando-nos sob um ponto de vista geral, não podemos pretender entrar em detalhes, devendo sobretudo insistir nas ideias geraes que dizem respeito á philosophia natural, ás quaes conduz o conjunto dos factos observados.

A optica e a electricidade são a physica do

ether. Sabe-se que os physicos consideram a luz como um abalo periodico d'um meio elastico, o ether, que enche o espaço e penetra os corpos. Esta imagem d'um meio que entra para a categoria das massas occultas, de que falámos com Helmholtz e Hertz, mostra-nos a grande maioria dos phenomenos observados; e se em alguns pontos subsistem difficuldades, o conjunto da theoria elastica não deixa por isso de formar um grandioso monumento. A luz visivel corresponde a variações cujo numero varia, quando se passa do infra-vermelho ao extremo violete, entre quatrocentos e oitocentos trilliões por segundo. Como o comprimento d'onda d'uma radiação determinada a define completamente e se conserva em geral identica a si propria, foi-se naturalmente levado a fazer d'elle um typo de comprimento. O seu unico inconveniente é a sua extrema pequenez, sendo preciso um grande empenho, para avaliar o metro em comprimento d'onda, a Mr. Michelson, que realizou este bello trabalho no *Bureau* internacional de pesos e medidas, e que exprimiu o metro em funcção do comprimento d'onda, da raia vermelha do espirito do cadmio.

Só muito tarde se puderam produzir ondas luminosas estacionarias, analogas ás que apresentam por exemplo, em acustica, os tubos sonoros; foi ao procurar a solução d'este problema que Mr. Lippmann poude realizar a

photographia das côres. Numa ordem d'ideias mais theorica, a mesma questão permitiu a Mr. Wiener, mostrar que num raio polarizado, a direcção das vibrações luminosas é perpendicular ao plano de polarização, se se admite, como nota Mr. Poincaré, que a impressão photographica resulta da força viva do movimento vibratorio do ether, deixando-nos guiar pela analogia com a acustica. O ether que enche o vacuo, penetra tambem no interior dos corpos, não sendo das mais pequenas difficuldades da theoria, a de comprehender as propriedades d'este meio elastico, através do qual se movem os corpos celestes. O estudo dos phenomenos opticos nos corpos em movimento, foi objecto de investigações delicadas, que não são definitivas. Nesta ordem de questões, o primeiro phenomeno é o que os astronomos chamam a aberração da luz e segundo o qual, em consequencia do movimento da terra, uma estrella não é vista na sua direcção exacta, mas numa direcção inclinada sobre esta, no sentido do movimento da terra. Para explicar a aberração da luz, é preciso suppôr que ha um arrebatamento parcial do ether para a materia. A concepção theorica de Fresnel a este respeito, foi confirmada por uma experiencia celebre de Fizeau, repetida com exito na America, experiencia na qual se mede a differença de phase que dois raios luminosos



adquiriram á saída de dois tubos parallelos, que elles percorreram ao mesmo tempo no mesmo sentido, enquanto que duas rapidas correntes d'agua percorriam os tubos em sentido opposto.

Procurou-se saber se o movimento de translação da terra se podia pôr em evidencia por meio de phenomenos opticos produzidos á sua superficie; os resultados teem sido negativos. Em todas estas experiencias, os termos da ordem do quadrado da aberração podiam-se desprezar; e a theoria bem o mostra neste grau d'aproximação. Ha no entanto, uma experiencia recente de Mr. Michelson, cujo resultado tambem foi negativo e em que são sensiveis os termos da ordem do quadrado da aberração; é uma experiencia de interferencia de dois raios luminosos em circumstancias particulares. Continua pois a discutir-se a questão de se saber se o movimento absoluto pode ser posto em evidencia.

Não é facil comprehender a natureza do ether, procurando fazer comparações com os meios que nos são familiares. Muitos pensam que é um esforço inutil, *que é até pueril explicar o simples pelo composto, e que é o contrario que se deve fazer, isto é, explicar a materia pelo ether.* Todavia, ainda ha mecanicos, completos classicos, preferindo a tudo as representações cinematicas e procurando no visivel uma

explicação do invisível. A estes pertence Mr. Boussinesq, cujos trabalhos sobre a mecânica dos fluidos e sobre a elasticidade tornaram o seu nome illustre. Gosta de ligar as theorias que desenvolve sobre o ether, a experiencias hydrodynamicas, como as de Du Buat, sobre a resistencia opposta pela agua ao movimento d'um pendulo. O ether parece á primeira vista gosar de propriedades contraditorias, visto que, como fluido de densidade muito fraca, oppõe uma resistencia insensivel ao movimento dos planetas; emquanto que, por outro lado, transmite, como um solido, vibrações transversaes. Mr. Boussinesq tenta explicar estas contradicções pela lentidão relativa do movimento dos corpos celestes, permitindo ao ether conservar a sua paridade de constituição em todos os sentidos e como consequencia as propriedades dos fluidos, emquanto que a fluidez desaparece, para dar logar á elasticidade, diante da excessiva velocidade das vibrações luminosas. Quanto á densidade do ether, não pode deixar de ser muitissimo fraca, devendo ser considerado como *imponderavel*, isto é de *gravidade* nulla. Isto quer dizer que as moleculas d'ether são sensiveis á acção das moleculas (de materia ou d'ether) mais proximas, mas que o coefficiente de attracção newtoniana é nullo para ellas.

A proposito da constancia d'este coefficiente



de attracção para todos os corpos do nosso systema solar e mesmo estellar, Mr. Boussinesq aventou uma ideia curiosa: teria sido uma *selecção* inevitavel, que só teria mantido no systema e deixado tomar parte nos seus movimentos, na epoca em que elle era uma nebulosa muito diluida, subtrahida pela sua rarefacção ás acções moleculares, substancias gravitando egualmente (isto é, com o mesmo coefficiente d'attracção), exceptuando todavia, materias de gravidade nulla, como o ether, que ficaram espalhadas pelo espaço. Em outros systemas estellares, os das nebulosas não resoluveis, de que já falámos, pode ser que o coefficiente d'attracção seja differente.

Mas voltemos á optica propriamente dita. A optica classica das radiações luminosas tem feito, nos ultimos vinte annos, progressos importantes. Os processos d'observação adquiriram uma precisão maravilhosa. Aconteceu muitas vezes ao homem de genio, realizar as mais fecundas descobertas, com os meios mais comeseinhos; ainda se ha de ver isso, certamente; mas nas partes da sciencia já muito exploradas, a perfeição dos processos d'observação desempenhará um papel cada vez mais consideravel. Em espectroscopia, por exemplo, a epoca heroica de Kirchoff e Bunsen já está longe; é preciso recorrer ás rêdes de difracção e aos espectroscopios graduados, para separar as com-



ponentes muito aproximadas d'uma raia multipla. Isto concorre tambem para que a sciencia actual custe com frequencia muito dinheiro.

Uma questão muitissimo importante é a da estructura dos espectros. Mr. Deslandres chegou a decompôr espectros de faixas luminosas em mais de quatro mil raias, constituindo um conjunto de vibrações simples, simultaneas e devidas á mesma causa. Poude distinguir na disposição d'este conjunto leis arithmeticas e simples e dar uma formula dependente dos quadrados de três inteiros arbitrarios. Similhanes trabalhos são d'uma enorme importancia; as theorias sobre a materia deverão mostrar-nos estas decomposições d'um typo tão differente d'aquelle a que estamos habituados com outros phenomenos, como as harmonias d'um tubo sonoro ou d'uma membrana vibrante. As theorias elasticas não parecem capazes de dar a explicação desejada; talvez as theorias electricas, de que falaremos d'aqui a pouco, sejam mais felizes.

Uma raia do espectro é caracterizada pelo seu comprimento d'onda no vacuo. Existem circumstancias que possam modificar este comprimento d'onda e por consequencia a duração da vibração? Obtem-se uma modificação apparente do comprimento d'onda, no que se chama o effeito Döppler-Fizeau; consiste numa mudança de comprimento d'onda, observado

quando a distancia da origem ao observador muda rapidamente. No caso das ondas sonoras, este effeito é facil de constatar, como o silvo d'uma locomotiva que nos parece produzir um som mais agudo quando se aproxima de nós, e mais grave quando se afasta. No caso das ondas luminosas, observa-se no espectroscopio uma deslocação de raia em relação a uma origem fixa para o observador; as observações feitas em astronomia sobre os espectros dos astros permitiram utilizar o principio precedente. Puderam-se assim obter componentes da velocidade de certos astros na direcção do raio visual; d'esta fórma se descobre o movimento do astro segundo a terceira dimensão do espaço, que tinha até agora escapado a toda a medida. De resto, não se trata senão d'uma mudança apparente no comprimento d'onda; quando falarmos da bella descoberta feita por Mr. Zeemann, teremos um exemplo d'uma mudança real.

O ether não transmite apenas luz. No começo do seculo passado, descobriram-se os raios calorificos ultra-vermelhos e pouco depois os raios ultra-violetes, capazes d'actuar sobre certos compostos chimicos. Cada uma d'estas radiações, no vacuo ou no ar, é caracterizada, como dissemos, pelo seu comprimento d'onda, quer dizer, o espaço percorrido pela onda enquanto dura um periodo vibratorio. Estes com-



primentos são pequenissimos, indo de 734 millesimos de milli-millimetro para o extremo vermelho, a 396 para o extremo violete. Um phenomeno capital é a dispersão, que consiste em que, quando um raio luminoso ou calorifico penetra num corpo transparente, se desvia. O indicio de refração depende do comprimento d'onda; isto mostra que, ao contrario do que se passa no vacuo, a velocidade de propagação no corpo não é a mesma para todas as vibrações. É este um ponto de muita importancia e que é devido á acção da materia ponderavel sobre o ether, de que ha pouco falámos. Aventurem-se, a este respeito; diversas hypotheses, dando logar a outras tantas theorias da dispersão, que conduziram a relações entre o indicio de refração e o comprimento d'onda, tomado quer no vacuo, quer no corpo considerado, relações que a experiencia verifica em intervallos maiores ou menores. As theorias que mais satisfazem são as de Helmholtz e de Mr. Boussinesq, que fazem sobretudo comprehender bem os phenomenos de absorção e dispersão anomala, sendo um exemplo d'estes o vapor d'iodo, cujas propriedades absorventes são tão notaveis e que refracta mais fortemente o vermelho que o violete (ao contrario do que se dá com os corpos transparentes) como já o tinha mostrado Mr. Le Roux.

Entre as radiações ultra-violetes, as mais cur-



tas até agora medidas, correspondem a 100 millesimos de milli-millimetro. O espectro infra-vermelho tem sido objecto, nos ultimos vinte annos, de numerosos trabalhos. Para penetrar profundamente no estudo d'estes grandes comprimentos d'onda, é preciso recorrer á observação da acção calorifica. Mr. Dessain e Mr. Curie tinham determinado a dispersão d'um prisma de sal-gemma, até ao comprimento de onda de 7 milli-millimetros; e isolando por meio d'um diaphragma, uma serie de raias do espectro infra-vermelho, tinham medido o comprimento d'onda de cada uma d'ellas, com uma rêde e uma pilha thermo-electrica. Mr. Langley levou mais longe as suas investigações, empregando um instrumento d'uma maravilhosa sensibilidade, o *bolometro*, conseguindo chegar até comprimentos d'onda de 22 milli-millimetros. Parece que isto se deve por agora considerar o extremo limite dos grandes comprimentos d'onda a que se tem chegado em optica. Em breve encontraremos em electricidade comprimentos d'onda consideraveis; mas os mais pequenos d'entre elles não attingirão todavia as maiores radiações do infra-vermelho.

Já por mais d'uma vez falámos, a proposito sobretudo da aberração e da dispersão, da acção da materia ponderavel sobre o ether. Encontramos ainda a acção do ether (ou da luz) sobre a materia ponderavel nos pheno-

menos, de observação muito delicada, em que se manifesta a pressão exercida sobre uma superficie por um feixe de raios luminosos. Esta força, cuja existencia tinha sido predita por Maxwell e Bartoli, foi posta em evidencia por Mr. Lebedef; nestas experiencias é preciso eliminar os effeitos provenientes do aquecimento, como as forças provocadas pela convecção dos gases, assim como as forças da mesma natureza das que se encontram em jogo no radiometro de Crookes. Comprehende-se que a repulsão proveniente da radiação solar, deva desempenhar um papel no movimento dos cometas e nos aspectos que apresentam certos astros estranhos; assim se encontra explicada a força repulsiva que emana do sol, invocada em tempos por Mr. Faye. Sob o ponto de vista *do principio da egualdade da acção e da reacção*, a acção exercida sobre os corpos pela luz, levanta grandes difficuldades, visto que é preciso fazer intervir na applicação do principio, não só a materia, mas o ether.

Não devemos deixar a optica classica, sem uma palavra ácerca do instrumento que transformou as sciencias physicas e sobretudo as sciencias biologicas, o microscopio. Operando nas condições mais favoraveis, chegava-se até ha poucos annos, a obter para dois pontos imagens distinctas, quando a sua distancia não era inferior a um oitavo de milli-millimetro, pouco mais



ou menos. Com preparativos especiaes, pode-se ir actualmente mais longe, porque o problema é differente, se em vez de se tratar d'um espaço illuminado, olhamos num fundo obscuro, para objectos luminosos por si proprios; é o que já acontece com as estrellas vistas de dia, ou de noite, mesmo á vista desarmada. Ha poucos objectos luminosos por si proprios; mas compensa-se a falta, illuminando intensamente o objecto de modo que os raios illuminantes não penetrem no microscopio; d'este modo pode-se augmentar muito o poder do microscopio e distinguir objectos chamados *ultra-microscopicos*, cujos diametros são cerca de vinte e cinco vezes menores que os dos objetos *microscopicos* mais pequenos, o que nos leva até a cinco millesimos de *micron* (millesimo de millimetro).

Entre as observações d'um interesse philosophico geral, feitas com o microscopio, de força media, talvez a mais interessante seja a do movimento *browniano*, recentemente continuada por Mr. Gouy. Uma gotta d'agua, por exemplo, tendo em suspensão qualquer pó mineral ou organico, é séde de movimentos continuos. Cada particula move-se em torno da sua posição média; é uma trepidação sem fim, como observou o sr. Gouy, em preparações bem fechadas, conservadas durante muitos annos. Quando vemos extinguirem-se todos os movimentos, se não são alimentados, vemos que o



movimento browniano é persistente, ou pelo menos, parece persistir durante muito tempo. Parece haver nisto opposição com a lei de evolução, que é o principio de Carnot. É neste caso que se reconhece a necessidade de considerar aquelle principio, como applicando-se apenas a conjuntos sufficientemente complexos; não devemos applicá-lo aos movimentos moleculares occultos que, no dizer de Mr. Gouy, são a causa dos movimentos das particulas em suspensão no liquido. É preciso confessar que tudo isto nos deixa um pouco perplexos, podendo-se perguntar, se, como no exemplo precedente, desde que massas occultas se tornam visiveis com o microscopio, não põem em perigo os principios considerados até agora como os mais solidamente estabelecidos.

## II

### **A Optica e a Electricidade**

A luz e a electricidade constituiram durante muito tempo dois dominios differentes. O genio do grande physico inglêz Maxwell poude estabelecer uma aproximação entre estas duas regiões da sciencia. Maxwell repelle, como Faraday, toda a acção a distancia. Para elle, qual-

quer corpo electrico ou magnetico actua sómente sobre as partes que o tornam mais proximo d'um meio que cubra o espaço; estas acções transmitem-se gradualmente até outro corpo. Nesta theoria os isoladores ou dielectricos desempenham um papel preponderante; são penetrados por um fluido elastico hypothetico, analogo ao ether, que em optica transmite as radições luminosas. Maxwell foi d'esta fórma levado a estudar como se propagam as perturbações que proveem das variações periodicas d'um campo magnetico. Apoiando-se nas leis conhecidas da electricidade e do magnetismo e em algumas hypotheses complementares, acha que as perturbações electro-magneticas se devem propagar com uma velocidade igual á relação das unidades absolutas electrostatica e electromagnetica e a experiencia mostra-lhe que esta velocidade é a da luz. E' natural então considerar como identicos o ether e o fluido que se suppõe presidir ás acções electromagneticas e considerar a luz como um phenomeno electromagnetico, resultante das perturbações d'um campo magnetico; é a theoria electromagnetica da luz. Nesta ordem d'ideias, uma onda é produzida por uma serie de correntes alternativas que se propagam por inducção no vacuo ou nos dielectricos, e que mudam de sentido, um immenso numero de vezes por segundo. De resto, nós nem podemos fazer uma ideia

do processo pelo qual se mantem, num corpo luminoso, esta perturbação magnetica excessivamente rapida.

As concepções geniaes de Maxwell conservaram durante muito tempo um character hypothetico; nunca se tinha posto em evidencia, em experiencia alguma, a propagação d'uma onda electromagnetica. Foi em 1888 que o physico Hertz realizou as experiencias, para sempre celebres, sobre a propagação das ondas que hoje se chamam hertzianas, utilizando as descargas oscillantes d'um condensador, como fonte de correntes alternativas, de periodos muitissimo curtos. Depois de Hertz, numerosas experiencias vieram trazer importantes aperfeiçoamentos aos seus methodos. É de grande interesse obterem-se comprimentos d'onda o mais curtos possivel, numa perturbação electromagnetica. Obtiveram-se comprimentos d'onda de 6 millimetros, o que corresponde a 50 billiões de vibrações por segundo. Estamos ainda longe do numero de vibrações correspondente aos raios do espectro visivel; todavia, bastava multiplicar o numero precedente por 10.000, para se obter um numero de vibrações que impressionem a retina, correspondendo á côr alaranjada do espectro. Multiplicando por 100, chegaríamos quasi ás radiações que ha pouco vimos, falando do espectro infra-vermelho.

Alargou-se o novo campo d'estudos, para



ver se a analogia entre as duas ordens de phenomenos, electrica e optica, continuava. Foi d'esta fórma que nasceu uma especie d'optica das oscillações electricas, na qual se procura imitar com as radiações electricas, os phenomenos ha muito tempo conhecidos como radiações luminosas, visto uns e outros não differirem entre si, segundo as ideias de Maxwell e de Hertz, senão no comprimento dos periodos. Devemos esperar que quanto mais pequeno fôr o comprimento d'onda das oscillações electricas, mais perfeita será a imitação. E' o que tem acontecido nas numerosas experiencias feitas nos ultimos quinze annos; interferencias, refração e reflexão, difracção, dupla refração, tudo isto se lá encontra, como na optica da luz. Nas experiencias electricas, os corpos conductores e os electrolytos desempenham em geral, o papel dos corpos opacos na optica, correspoudendo os corpos isoladores aos transparentes; assim os metaes interceptam, como um guarda-fogo, as ondulações electricas, pelo menos as de periodos bastante curtos. Todos estes resultados parecem confirmar a identidade entre os phenomenos luminosos e certos phenomenos electricos, o que é d'uma importancia capital para a philosophia natural.

Temos pois em resumo, duas theorias para a luz: uma theoria elastica e uma theoria electrica. Estas theorias apparecem muito diffe-

rentes uma da outra, nos pontos de partida; no entanto, se nos limitamos a um meio dielectrico e não magnetico, as equações differentes que traduzem analyticamente os phenomenos, são identicas. As grandezas, que ahi figuram, não teem, é claro, a mesma significação. Na theoria elastica, um certo vector representará a velocidade d'uma molecula d'ether, enquanto que na outra theoria representará a força electrica. Para empregar a linguagem de que nos servimos no capitulo precedente, podemos dizer que temos naquelle caso duas *imagens* differentes, vindo este exemplo em apoio do que diziamos sobre a possibilidade d'imagens diversas para explicar a mesma categoria de phenomenos.

Sob um ponto de vista puramente electrico, devemos notar que as manifestações postas em jogo pelas perturbações hertzianas são muito especiaes. Assim, as correntes continuas propagam-se ao longo d'um fio, d'uma fórmula totalmente differente das perturbações de periodos muito curtos; só para esta é que a velocidade de transmissão é igual á velocidade da luz, como o mostram as magnificas experiencias de Mr. Blondlot. Não se pode dizer que todos os phenomenos electricos possam ser considerados como resultados dos movimentos do ether.

Ha uma applicação das perturbações hertzia-



nas, que actualmente attrahe muito as attenções; é a telegraphia sem fios. O seu ponto de partida foi uma descoberta feita por Mr. Branly: um tubo contendo finas limalhas metallicas, torna-se conductor quando se produz nas suas proximidades uma ou mais descargas electricas, readquirindo a limalha a sua resistencia primitiva, quando se imprime ao tubo um pequeno abalo. Da conductibilidade intermitente dos radio-conductores de Branly, Mr. Marconi e Mr. Popof tiraram a telegraphia sem fios, notavel exemplo, depois de tantos outros, d'uma applicação prática, consequencia de especulações, como as de Maxwell, cujo character fôra no começo, puramente theorico. Pode dizer-se que a telegraphia sem fios é uma telegraphia optica; apenas as ondas, em vez de serem muitissimo curtas, teem os comprimentos relativamente grandes a que nos referimos mais acima.

Falámos ha pouco do effeito Döpler-Fizeau, que constitue uma mudança apparente no comprimento d'onda d'uma origem luminosa em movimento. Ha muito tempo que existia a preocupação de encontrar circumstancias que modifiquem realmente o comprimento d'onda d'uma origem de luz. Faraday esperava encontrá-las fazendo actuar o magnetismo; na sua experiencia classica, a direcção da vibração é modificada, mas não a sua luz; e o mesmo acontece nos trabalhos relativos á reflexão so-



bre metaes magnetizados. Parece que a variação da pressão em certos vapores, produz uma mudança no comprimento d'onda. Quanto ao magnetismo, foi Mr. Zeemann que estabeleceu, d'uma fórma irrefutavel, a existencia da sua acção directa sobre a emissão luminosa.

As bellas experiencias de Mr. Zeemann interessam-nos tanto mais quanto os seus resultados essenciaes tinham sido previstos por uma theoria que tende hoje a occupar um logar consideravel em optica e em electricidade: a theoria de Lorentz, de que devemos dizer algumas palavras, antes de passarmos em revista as ideias theoricas essenciaes recentemente desenvolvidas em optica e electricidade.

Para Mr. Lorentz, a electricidade adhire á materia, e os phenomenos electricos são devidos a certas pequenas porções de materias tenues e carregadas d'electricidade. Estes pequenos corpos chamaram-se primitivamente *iões* ou *electodos*; mas o termo *electrodo* é hoje empregado com uma significação differente, de que falaremos mais adiante. Por agora conservemos o termo *iões*; ainda que esta palavra tenha tambem actualmente uma significação mais precisa. Em electricidade, os movimentos dos *iões* explicam as correntes electricas nos conductores, resultado que está d'accordo com as experiencias de Rowland, que reconheceu que o transporte mecanico d'uma carga ele-

ctrostática, equivale a uma corrente dirigida no sentido do movimento; nos dielectricos pelo contrario, os *iões* não podem afastar-se muito das posições d'equilibrio. Para a luz, existe em cada molecula irradiante uma ou mais partes capazes de vibrar em torno d'uma posição media; os *iões*, d'esta fórma vibrantes, devem produzir ondas electromagneticas que se propagam.

Mr. Lorentz pôde prever, no caso mais simples, o phenomeno observado depois por Mr. Zeemann, em que o magnetismo, actuando sobre uma origem luminosa monochromatica a modifica na duração do seu periodo e a polariza. Segundo a theoria elementar, no lugar d'uma raia unica, devem apparecer, segundo a direcção da observação, o dobro ou o triplo de raias. É o que demonstrou a experiencia num grande numero de casos; por vezes, como aconteceu com Mr. Cornu e Mr. Becquerel, apparece um quadruplo, devendo as concepções theoricas alargar-se; mas o phenomeno de Mr. Zeemann não deixa por isso de ser um exemplo notavel, d'um factio de capital importancia, primeiramente annunciado pela theoria.

Sob um ponto de vista geral, as ideias de Mr. Lorentz prestam-se a muitas reflexões. Em primeiro lugar, ha nellas uma certa singularidade, pela fórma por que materializam a electricidade. A theoria é, muito mais que a de Maxwell e Hertz, uma tentativa de explicação mecanica,



no sentido que noutro tempo se dava a esta expressão. Parece que explica certos phenomenos d'optica que a outra theoria deixa sem explicação. Mas por agora, podemos conservar as duas; segundo os phenomenos, é mais simples recorrer a uma ou a outra. Durante muito tempo ainda, nesta physica do ether, quando se tentar penetrar no mecanismo dos phenomenos, ha de ser util poder dispôr de mais d'um systema de representações.

### III

#### **Os raios catodicos e os raios X**

A optica, tomada na sua accepção mais lata, não se enriqueceu apenas com os raios herztianos. Outras irradiações vieram juntar-se ás que já conheciamos, e o seu estudo foi particularmente fecundo e conduziu a applicações curiosas e ás mais estranhas consequencias theoricas.

Sabia-se, desde os trabalhos de Crookes, que as descargas electricas passando na atmosphaera sufficientemente rarefeita d'uma ambula de vidro, provocam no catodio uma emissão de raios chamados catodicos, que se reconhecem á luz que excitam tocando certas substancias,

que se desviam á aproximação d'um iman, differindo por isso, *a priori*, de todos os raios luminosos conhecidos. Nos ultimos dez annos, os trabalhos sobre os raios catodicos multiplicaram-se, tendo levado indirectamente á descoberta dos raios Röntgen, depois á dos raios de Becquerel.

A primeira observação foi que os raios catodicos podem atravessar camadas de materia sufficientemente delgadas, como uma delgada folha de aluminio, cobrindo uma pequena abertura feita nas paredes da ambula de Crookes, como o notou Mr. Lénard. Os raios continuam a propagar-se na atmosphaera exterior, embora muito dispersos, e com a propriedade, até então desconhecida, de descarregarem rapidamente os conductores electrizados. Além d'isto, a propagação realiza-se num gaz tanto mais longe, quanto o gaz é mais leve e rarefeito.

De que natureza são os raios catodicos? O facto de o meio gazoso necessario para a passagem das descargas electricas e para a excitação dos raios catodicos, ser não só inutil, mas nocivo á propagação d'estes raios, devia necessariamente levar a uma comparação com os raios luminosos. Os physicos allemães, seguindo Hertz, consideraram os raios catodicos como um modo de ondulação do ether luminoso. Mas em face d'esta theoria de *ondulação*, levantou-se a theoria de *emissão* da Escola ingle-



sa, que ficou prevalecendo. Crookes, tendo estudado em tempos a acção mecânica e calorífica dos raios catódicos, admitira que estas acções são devidas a um bombardeamento formado pela matéria do gaz rarefeito num estado especial, o estado radiante. A matéria radiante era, segundo Crookes, formada de partículas animadas d'uma grande velocidade e electrizadas negativamente.

A theoria da emissão teve o merito de fazer prever sobretudo a electrização negativa dos raios catódicos, propriedade capital claramente demonstrada por Mr. Perrin, que permite comprehender a existencia e o sentido do desvio magnetico dos raios catódicos, que neste phenomeno procedem como o faria uma corrente. Para chegar a determinar a velocidade dos raios, Mr. Becquerel e Mr. J.-J. Thomson interpretaram o desvio magnetico ou electrico d'estes raios, suppondo que o fluxo de electricidade catódica é formado de partículas materiaes electrizadas negativamente. A theoria desenvolvida segundo este principio, permite calcular a velocidade de propagação dos raios catódicos segundo os valores observados dos desvios magnetico e electrico d'estes raios e ao mesmo tempo a relação entre a carga das partículas e a sua massa. Esta velocidade é tanto maior quanto os raios são menos desviados pelo iman, e attinge nas experiencias actuaes um

terço da velocidade da luz. Mas esta grande velocidade do bombardeamento catodico anima apenas uma massa que, segundo as mesmas experiencias interpretadas pela mesma theoria, é cerca de duas millesimas partes da massa de hydrogenio capaz, na electrolyse, de transportar a mesma quantidade de electricidade que os raios catodicos. Um ponto importante é a constancia da relação entre a carga e a massa da particula electrizada em movimento, isto é, independente da natureza do gaz; e o mesmo acontece com as particulas para o mesmo potencial de descarga. Pareceria, pois, admitido que os phenomenos catodicos são os mesmos em todos os gazes e, por consequencia, que as particulas catodicas são constituídas por uma unica materia, tendo nestas condições um equivalente electro-chimico duas mil vezes mais pequeno que o hydrogenio.

Estas e muitas outras consequencias foram descobertas graças ao movimento d'ideias produzido pela theoria d'emissão da Escola inglesa, acceita hoje geralmente e que provocou em França importantes trabalhos de Mr. Perrin, Mr. Villard e muitos outros physicos. Assim a theoria de emissão triumphou neste momento, visto que se mostra muito fecunda.

Quanto á theoria ondulatoria devemos rejeitá-la definitivamente? Seria imprudente affirmá-lo; para que se torne util, seria preciso ima-



ginar algum novo modo de perturbações do ether, correspondendo ao transporte das cargas negativas; mas parece que isso seria ir ao encontro de grandes complicações.

Das considerações expostas, resulta que a massa d'uma particula *catodica* é pequenissima; cerca de duas millesimas da massa do atomo d'hydrogenio. Mr. J.-J. Thomson foi d'esta fórma levado a esboçar algumas vistas geraes sobre a constituição da materia, de que devemos dizer duas palavras. No que os phisicos ingleses chamaram durante muito tempo, o estado radiante, existe um novo estado da materia. Emquanto no estado ordinario, as moleculas teem massas differentes segundo a natureza da substancia, os corpusculos da materia radiante teem uma massa invariavel, de qualquer substancia que provenham, sendo esta massa dois millesimos da d'um atomo d'hydrogenio; alem d'isso, cada um d'estes corpusculos contém uma carga d'electricidade negativa que é constante. Segundo Mr. J.-J. Thomson, o estado corpuscular dá-nos uma representação do fluido electrico, na theoria d'um só fluido. A existencia da materia no estado corpuscular, não se manifesta apenas na producção dos raios catodicos; Mr. Thomson encontra materia neste estado, nas proximidades d'uma placa metallica, illuminada pela luz ultra-violete. Desenvolve tambem uma theoria, que tem alguma

analogia com a de Mr. Lorentz, de que ha pouco falámos, segundo a qual a materia corpuscular penetra em todos os corpos metallicos; nestes, assim como nas soluções, as cargas electricas são conduzidas por corpusculos.

Alem dos raios catodicos, distinguem-se tambem num tubo de Crookes, raios magneto-catodicos, entrevistos por Plucker, assignalados depois por Mr. Broca e estudados d'uma maneira profunda, nos ultimos tempos, por Mr. Villard. Estes raios dispõem-se segundo um tubo de força magnetica, tendo por base o catodio; não transportam electricidade e desviam-se num campo electrico, perpendicularmente á força electrica. Mr. Villard notou o facto interessante de se constatar assim, pela primeira vez, uma acção do campo electrico perpendicular á sua direcção, como a acção do campo magnetico definida pela lei de Laplace. Podia suppôr-se que os raios magneto-catodicos transportam particulas magneticas, como os raios catodicos transportam particulas electricas; mas é melhor esperar por novas experiencias.

Depois dos raios catodicos, devemos mencionar os raios designados com o nome de raios X. A sua descoberta é devida a Mr. Röntgen. Este illustre physico mostrou em 1895, que no exterior d'uma ambula catodica em actividade, se propaga uma nova especie de



raios, capazes de, á maneira dos raios ultravioletes, revelarem a sua presença illuminando o platinocyaneto de bario e outras substancias, nas quaes provocam uma phosphorescencia visivel; capazes tambem de impressionar as placas photographicas, mesmo depois de terem atravessado corpos que são opacos para todos os outros raios conhecidos. Além d'isso propagam-se exactamente em linha recta, sem se refractarem nem difractarem. São absorvidos pelos diversos corpos, segundo a natureza dos elementos chimicos que os constituem, sendo, em geral, os elementos de pesos atomicos mais fracos, os meios absorventes; por este lado, aproximam-se dos raios catodicos, mas são muito mais penetrantes que estes. Os raios de Röntgen differenciam-se principalmente dos raios catodicos, em não serem desviados pelos campos magneticos ou electricos e não transportarem cargas electricas.

Os physicos continuam discutindo sobre a natureza dos raios X. Debalde se tentaram experiencias d'interferencias e polarização com os raios de Röntgen, que parecia inclinado a ver, ao principio, vibrações longitudinaes, do ether, nos phenomenos que elle descobrira. Pensou-se que a emissão d'estes raios seria devida a um effeito d'inducção electromagnetica, desenvolvida no ether do vacuo pela paragem brusca dos projecteis catodicos, no momento em que

encontram uma parede do tubo de Crookes; os raios X poderiam então ser comparados a raios luminosos de comprimentos d'onda pequenissimos, sendo estes raios ultra-ultra-violetes. Comprehende-se d'esta fórma que os raios se não difractem sensivelmente; o que não se comprehende bem é a razão por que elles se não refractam, a menos que se admita, como Mr. Boussinesq, que a refração deixa de produzir-se, quando os comprimentos d'ondulação não são mais do que uma pequena fracção das dimensões da molecula, da mesma fórma que se anulla sensivelmente no mar agitado, o impulso de conjunto que soffre, com as vagas, um grande navio sufficientemente comprido para poder abranger umas poucas.

Parece que muitos physicos adoptam actualmente uma explicação proposta por Stokes. Os choques dos projecteis catodicos não produzem uma successão continua d'ondas analogas ás que produzem a luz, mas ondas *solitarias*, como se encontram em hydraulica, quando se levanta bruscamente uma comporta. Não ha portanto, diz-se, nos raios X a periodicidade que constitue em optica, a origem dos phenomenos de refração e polarização; mas isto é muito contestavel, visto as ondas solitarias produziram-se periodicamente.

Mr. Sagnac acrescentou um capitulo interessante ao estudo dos raios X: é o dos raios secundarios. Todos os corpos se comportam



como meios turvos para com os raios X. Esta disseminação, pelo menos nos corpos de grande peso atomico como o chumbo, é acompanhada d'uma transformação dos raios, em raios *secundarios*, mais capazes de serem absorvidos que os raios geradores. A emissão é, neste caso, comparavel, numa certa medida, á transformação d'uma luz que toca um corpo fluorescente, numa luz de côr differente, apresentando-se todavia como uma propriedade principalmente atomica. Alem d'isso, estes raios secundarios são elles proprios formados por uma mistura de raios não desviados e de raios analogos aos catodicos, e com effeito são eletrizados negativamente.

Alem da propriedade de tornarem certos corpos fluorescentes e de impressionarem as placas photographicas, os raios X possuem a propriedade de descarregar os conductores electricos, mesmo quando os raios atravessam apenas os gazes submetidos aos campos electricos dos conductores, sem tocar nestes. Quando os raios X tocam num conductor eletrizado, á acção da descarga devida á conductibilidade do gaz, junta-se uma acção supplementar que varia com o metal, e que provém dos raios secundarios oriundos do metal.

Lembremos finalmente, que a propagação retilinea dos raios X através dos corpos, permitiu observar corpos opacos á luz, pelo simples exame

das silhuetas d'estes corpos projectadas por um tubo de raios X, sobre um quadro (*écran*) phosphorescente (radioscopia) ou sobre uma placa photographica, que, depois de desenvolvida, se pode observar á vontade (radiographia). Este methodo de exploração devido a Mr. Röntgen, applicado ao corpo humano, prestou grandes serviços á medicina e á cirurgia, tornando populares os raios X.

#### IV

#### **As novas irradiações e a mecanica dos electrodos**

Os raios hertzianos, os raios catodicos e os raios X não são as unicas conquistas feitas nos ultimos vinte annos, no estudo das irradiações. Mr. Gustave Le Bon chamou as atenções para diversas experiencias curiosas, de que elle trata num recente volume, no qual expõe as suas ideias sobre a generalidade das dissociações atomicas. Mr. Henri Becquerel, pouco tempo depois da descoberta de Mr. Röntgen, reconheceu que o uranio e os saes do uranio emitem raios invisiveis que impressionam a placa photographica e tornam o ar que atravessam, conductor da electricidade; estabeleceu-se que atravessam o papel preto, os metaes que não se



reflectem nem se refractam. Emfim, o que é mais surpreendente, é que a emissão dos raios é espontanea; não é produzida por causa alguma excitante conhecida; conserva-se, a despeito das combinações chemicas, sendo objecto de longas discussões, a origem da energia posta em acção. Outros corpos gosam das mesmas propriedades que o uranio. A *radio-actividade*, medida pela velocidade de descarga d'um condensador electrico, é muito menor em certos minerios naturaes d'uranio e de thario, que no proprio uranio e os minerios correspondentes preparados artificialmente. M.<sup>me</sup> Curie concluiu d'isto, que os minerios naturaes, d'actividade anormal, encerram vestigios de substancias novas fortemente radio-activas. Esta observação foi o ponto de partida de notaveis trabalhos comprehendidos por Mr. e M.<sup>me</sup> Curie, com a collaboração de Mr. Bémond, trabalhos que levaram a admitir a existencia de duas novas substancias, uma o *polonio*, precipitado nas combinações chemicas com o bismutho, e a outra o *radio*, precipitado com o bario.

A descoberta do radio foi confirmada pela analyse espectral, tendo-se podido fixar aproximadamente o peso atomico d'este novo corpo, que forma o ultimo termo da serie dos metaes alcalino-terrosos. O notavel methodo de investigação inaugurado pelos esposos Curie, permitiu que Mr. Debierne descobrisse ou-

tro elemento, o *actinio*, analago ao thorio, do qual é difficil separá-lo, e permitirá certamente descobrir ainda outros elementos gêmeos d'elementos já conhecidos. Uma grande difficuldade d'estas investigações, é que um elemento inactivo por si mesmo pode tornar-se activo, quando exposto, durante certo tempo, aos raios do radio ou de substancias analogas; este phenomeno de radio-actividade induzida é de resto temporario.

O estudo das radiações analogas ás do uranio, e que se designam actualmente pelo nome de *raios de Becquerel*, constituiu o objecto d'um grande numero de trabalhos em França, na Alemanha e na Inglaterra. D'estes trabalhos resultou saber-se que estas irradiações são formadas de raios de três especies. Os da primeira especie que se chamam raios  $\gamma$  são analogos aos raios X. Os da segunda, raios  $\beta$ , são analogos aos raios catodicos, são desviados pelo iman e carregados d'electricidade negativa de tal fórma que os corpos radio-activos emitem electricidade d'uma fórma espontanea e continua; a velocidade do bombardeamento catodico dos raios  $\beta$  é enorme e pode em certos casos aproximar-se da velocidade da luz. Finalmente uma terceira especie de raios, os raios  $\alpha$ , são desviados num campo magnetico em sentido contrario dos raios catodicos e carregados de electricidade positiva; teem uma velocidade menor que a dos raios  $\beta$ .



Lembremos ainda, um dos capitulos mais mysteriosos das novas irradiações, o da emanação que é produzida pelos corpos radio-activos e communica temporariamente aos outros corpos propriedades radio-activas; esta emanação é de resto ligada á presença da materia e transmite-se pelos gazes. Além d'isso as soluções dos saes de radio emitem d'uma maneira continua, uma mistura d'hydrogenio e d'oxigenio contendo *helio*, segundo Mr. Ramsay e Mr. Soddy; este *helio* é considerado como resultante da desagregação do atomo de radio. Finalmente, os saes de radio são espontaneamente luminosos; o cloreto do radio sêco emite uma luz bastante intensa para que se possa ler sem auxilio d'outra luz.

Sob o ponto de vista theorico, a importancia das novas substancias é muito grande e provém das extraordinarias propriedades da irradiação espontanea d'estas substancias. As discussões travadas a este respeito vão até ás proprias bases da sciencia, ao principio da conservação da energia, ao principio de Carnot, á invariabilidade do atomo, á natureza da materia.

Na verdade estas difficuldades parecem menores actualmente, porque se se tomar em consideração a parte das novas irradiações assimilaveis aos raios catodicos, parece haver uma emissão de materia, se se adoptam as ideias

desenvolvidas mais acima. De resto esta emissão é de tal modo fraca, que não pode ser constatada por uma perda de peso, visto que, segundo os primeiros physicos que se occuparam da questão, essa perda seria d'um milligramma por centimetro quadrado de superficie irradiante, em mil milhões d'annos.

Embora estes numeros sejam muito exagerados e tenham sido recentemente reduzidos, não ha nestas condições contradição com o principio da conservação da energia; mas é então preciso admitir que o atomo chimico não é um monumento immutavel e que se desagrega em *sub-atomos* radiantes.

Podem explicar-se por esta deslocação, as emissões de calor observadas por Curie e tambem o facto d'um sal de radio metido num tubo hermeticamente fechado, se carregar d'electricidade positiva, os raios negativos  $\beta$  saíndo do tubo e os raios positivos  $\alpha$  ficando retidos. Quanto ao principio de Carnot, não se sabe o que se deva fazer, para o applicar, no meio d'estas deslocações atomicas; e o melhor é não se falar nisso neste momento.

Vê-se que a descoberta dos raios de Becquerel e de Curie não interessa menos a chimica do que a physica e que as diversas radiações, de que acabamos de esboçar a historia, poderiam modificar as nossas ideias em mais d'um ponto fundamental; essa descoberta deu um



grande impulso a uma theoria de que vamos falar d'aqui a pouco, a theoria dos *electroídos*.

Pelo que respeita ás applicações, os corpos radiantes são auxiliares uteis nos laboratorios de physica. A sua propriedade de tornarem o ar conductor d'electricidade, é já utilizada com frequencia; podem tambem fazer-se radiographias utilizando estes corpos. Em chimica os estudos a fazer são numerosos: o radio provoca acções chemicas energicas, como a transformação do phosphoro branco em phosphoro vermelho. Finalmente devemos prever applicações industriaes. Poder-se-ia, por exemplo, utilizar um dia, para a illuminação, uma substancia tão espontaneamente luminosa como o radio; talvez que uma revolução se prepare nos systemas d'illuminação. Imagine-se o progresso que se teria realizado, pensando-se em que actualmente não sabemos pôr o ether em movimento, para produzir vibrações luminosas, sem aquecer corpos materiaes, o que não dá, em energia utilmente irradiada, senão uma quantidade muito fraca. Todavia, a producção da luz sem calor, realizada até agora apenas, segundo parece, por certos insectos, não se realizaria pelo radio, como se julgou, visto que um gramma de radio emite por hora, segundo Curie, cem calorias. A raridade e o elevado preço do radio tornam de resto impraticaveis actualmente, as applicações, fóra do campo da medicina.

Fala-se muito, ha algum tempo, em *electrodos* e na mecanica a que conduz a sua theoria. Não é facil em poucas linhas, fazer comprehender em que consiste esta mecanica nova, em que se trata de massa dependente da velocidade e em que se discute se esta massa é toda de origem electro-magnetica. Retomemos a particula electrica do tubo de Crookes e consideremo-la como movendo-se no ether immovel. Sabe-se que neste, as componentes da força electrica e da força magnetica em cada ponto, satisfazem ás seis equações de Hertz; e a energia electro-magnetica para uma variação do campo, é considerada egual á variação d'uma certa integral triplice, applicada a todo o espaço, integral em que figura a somma dos quadrados das seis componentes, dos campos electrico e magnetico. Lembremo-nos tambem de que, em conformidade com a experiencia celebre de Rowland, um corpo electrizado em movimento, cria um campo magnetico de modo tal, que o movimento da particula vae modificar o estado do ether; estas variações podem ser estudadas, servindo-nos das equações de Hertz. Se o movimento da particula é uniforme, as variações reduzem-se a um transporte de egual direcção e a um rasto electro-magnetico acompanhando o ponto. Então não se produz variação na energia como ella foi definida mais acima; mas a criação do rasto



exige uma certa quantidade d'energia, differença entre a energia electro-magnetica total do rasto e a energia electrostatica da particula em repouso. Ora, no caso d'uma particula espherica, o calculo dá para esta quantidade d'energia, uma formula simples, onde figuram a carga electrica  $e$ , o raio da esphera, e a relação da velocidade  $v$  da particula, com a velocidade  $V$  da luz. Se esta relação é pequena, a formula pode ser reduzida ao seu primeiro termo, que é  $mv^2$ . Tem-se então uma energia cinetica, da mesma fórma que na mecanica classica; o coefficiente  $m$  que pode designar a massa electro-magnetica, exprime-se com o auxilio da carga  $e$ , do raio da esphera e da velocidade da luz  $V$ . Quando a relação  $\frac{v}{V}$  não é muito pequena, pode-se sempre pôr a energia sob a fórma  $mv^2$ , mas então  $m$  depende da velocidade  $v$  e a formula mostra que  $m$  augmenta indefinidamente á medida que  $v$  se aproxima de  $V$ . Parece que nos encontramos muito longe das substancias radio-activas com estas considerações, em que as equações differenciaes de Hertz desempenham um papel talvez grande de mais, na opinião de alguns leitores. Dissemos acima, que por meio dos desvios dos raios catodicos num campo electrico e num campo magnetico, pudera medir-se a velocidade  $v$  da particula e a relação  $\frac{e}{m}$  da sua carga com a sua massa. De resto,

neste calculo, apoiamo-nos nas formulas ordinarias da mecanica, sendo as forças provenientes das leis classicas da electricidade e do magnetismo. As substancias radio-activas, como o radio, permitem repetir com os raios  $\beta$  as mesmas experiencias em condições mais amplas, sobretudo com velocidades  $v$  muito maiores. Como a carga  $e$  é invariavel em todas as experiencias, ou pelo menos é, e com razão, considerada como tal, puderam-se comparar as variações dos valores de  $m$  resultantes das experiencias antecedentes, com as que dá a formula theorica de que ha pouco falámos; a concordancia é satisfatoria; e foi d'esta fórma que se concluiu que a inercia da particula é toda de origem electro-magnetica. E' todavia permitido conservar uma certa duvida quanto a este resultado, pois que as experiencias, sobretudo quando  $v$  se aproxima de  $V$ , estão longe de possuir a precisão que se exige em physica, nos pontos que tocam nos principios fundamentaes da sciencia. Mas admitamo-la como fazem muitos physicos eminentes. O que até agora temos chamado um tanto vagamente, particula, tem portanto uma massa toda d'origem electro-magnetica: é um atomo d'electricidade, um *electrodo*; trata-se aqui do *electrodo negativo*. Não se teem noções precisas sobre as particulas positivas que transportam os raios  $\alpha$  do radio; ha *electrodos positivos*, de massa puramente electro-



magnetica? E' ao que não se pode responder actualmente.

• Estou longe de ter tocado em todas as questões que sugere esta nova mecanica. Falei apenas da massa; seria preciso distinguir uma massa longitudinal d'uma massa transversal; mas esta intervem só, até agora, nas condições habituaes d'experiencia. Não nos perturbemos muito, de resto, com o facto da massa variar com a velocidade; até cem mil kilometros por segundo, esta variação podia desprezar-se, não sendo uma velocidade corrente na mecanica applicada.

Seja como fôr, uma theoria da materia, senão completamente nova, pelo menos orientada por uma fórmula mais precisa, se estabeleceu recentemente, tomando por base o estudo dos *electrodos*. Nessa theoria concebe-se a materia constituida por *electrodos* positivos e *electrodos* negativos, tornando-se d'esta fórmula electricidade em movimento. Seria prematuro emittir um prognostico sobre o futuro d'estas concepções ousadas <sup>1</sup>, que chocam tanto mais certas pessoas, quanto ellas julgam conhecer melhor a materia do que a electricidade.

---

<sup>1</sup> Encontrar-se-ão concepções ainda mais ousadas, no livro de Gustave Le Bon, sobre a evolução da materia, *E'volution de la Matière*, em que se vê a materia transformar-se em ether por dissociações atómicas.

## CAPITULO V

### A Physica da materia e a Chimica

- I. *Physica molecular e Chimica physica.*—II. *A Energetica e a Chimica.*—III. *Chimica organica e Chimica mineral.*
- 

#### I

#### **Physica molecular e Chimica physica**

Os estudos d'optica e electricidade de que acabámos de falar, dão-nos um exemplo da primeira tendencia precedentemente notada, em que o physico procura uma explicação meca-nico dos phenomenos que observa. Nas obser-vações que expusemos viu-se que uma parte completa da sciencia da nossa epoca, se orienta noutra direcção. Interpretando de modo diffe-rente a palavra explicação, procura-se apenas achar relações numericas geraes entre as gran-dezas, de que, pelo menos por agora, se não discute a natureza. Já falámos da energetica e bem depressa teremos de falar das suas appli-cações á chimica e á physico-chimica, das quaes



muitas entram na segunda tendencia. Mas na realidade, é raro que esta possa desenvolver-se em toda a sua pureza; entretanto, as hypotheses cineticas, atomicas ou outras introduzem-se quasi necessariamente e são fecundas para a descoberta.

Consideremos em primeiro logar esta parte da physica da materia e da chimica physica, em que as hypotheses cineticas e atomicas permitem estabelecer vastas theorias. Trabalhos importantes relativos á physica molecular, suggeriram concepções geraes. Durante muito tempo, os estados solido, liquido e gazoso foram considerados como possuindo propriedades caracteristicas, que não deixavam duvidas sobre a distincção entre uns e outros.

Depois dos primeiros trabalhos da Faraday, sobre a liquifacção dos gazes, as relações entre o estado gazoso e o estado liquido foram postas em relevo por muitos trabalhos. A descoberta do ponto critico para um gaz, foi capital. Estudos theoreticos e experimentaes foram consagrados a achar a relação, que devia substituir para cada gaz, a lei de Mariotte, entre o volume especifico, a pressão e a temperatura; os trabalhos theoreticos de Mr. van der Wals sobre esta questão, ficaram celebres, assim como a sua lei dos estados correspondentes, segundo a qual esta relação é a mesma para todos os corpos, quando se reduz a pressão, o volume e a tem-

peratura aos seus valores no ponto critico. Na verdade, as experiencias de Mr. Amagat e Mr. Mathias mostraram que a lei precedente não era tão original como se julgára, mas conserva todo o valor, quando se dispõem os corpos em grupos differentes, constituindo d'esta fórma um fecundo instrumento de classificação.

Os trabalhos sobre a estatica dos fluidos de baixa temperatura e sobre a continuidade da materia no estado liquido e no estado gazo, desempenharam um papel importante na questão da liquifacção dos gazes. Basta lembrar que, desde 1878, Mr. Cailletet e em seguida Mrs. Pictet, Wroblewski e Olzewski liquifizeram o ar, o azote e o oxigenio. Em 1898, a machina de Mr. Linde fez da liquifacção do ar a 190 graus abaixo de zero, uma operação industrial; e Mr. Claude construiu recentemente machinas fundadas num principio um pouco differente; quer dizer, que a expansão do ar se effectua com trabalho exterior, emquanto que o physico alemão a realiza sem trabalho exterior. O proprio hydrogenio foi ha pouco liquefeito por Mr. Dewar. O helio é que não pode ainda liquefazer-se; é o mais permanente de todos os gazes conhecidos e é o gaz ideal da thermometria para a medida das baixas temperaturas. O thermometro de helio tem sido utilizado com exito até *cinco* graus de zero absoluto, a mais baixa temperatura até agora attingida.



Experiencias numerosas se fizeram sobre as deformações permanentes dos solidos; entre outras conclusões, a deformação permanente d'um solido parece constituida por deslises que se produzem, segundo o major Hartmann, em planos que fazem com a direcção da tracção, um angulo fixo. Os solidos possuem propriedades que foram durante muito tempo consideradas como caracteristicas do estado liquido; escoam-se e podem diffundir-se uns nos outros de modo a dar soluções solidas. Estas analogias, de que poderiamos alongar a lista, entre os liquidos e os solidos, levam a pensar que, da mesma maneira que ha continuidade entre o estado liquido e o estado gazoso, deve haver uma continuidade analoga entre o estado solido e o liquido. A questão é muito delicada. Certos corpos, como o vidro, são susceptiveis de fusão pastosa, produzindo-se então uma passagem do estado solido para o estado liquido. Por outro lado, quando um corpo se cristalliza, não se pode *a priori*, affirmar que elle não pode passar d'um modo continuo, do estado solido ao estado liquido, sem evitar a descontinuidade da fusão; porque, por mais estranho que isto pareça, conhecem-se hoje liquidos birefringentes, isto é, cristallizados. Todavia, parece que, segundo as ideias de Mr. Le Chatelier e as experiencias de Mr. Tamman, a passagem continua não é

possivel do estado solido ao estado liquido, quando um só d'estes estados é cristallino e o outro é amorpho. Haveria portanto uma grande differença entre a passagem do estado solido ao liquido e do estado liquido ao gazoso. Estes problemas são de importancia consideravel, dizendo respeito á propria essencia da materia, e fazendo com que os physicos crystallographos os procurem resolver com grande ardor.

Na physica molecular, a theoria cinetica da materia deu logar a grandes desenvolvimentos. Depois de ter gosado, com Clausius e Maxwell, de grande voga, pareceu durante algum tempo ter perdido importancia. Não se sabe actualmente o que poderia substituir as hypotheses cineticas e fazer conhecer, por exemplo, um phenomeno como a diffusão. Para os gazes, a theoria cinetica explica diversos factos importantes e levou mesmo a prever que o attrito interior é independente da pressão. Calculos audaciosos, apoiando-se em diversas experiencias permitiram obter a velocidade media das moleculas a uma temperatura dada: assim as moleculas d'hydrogenio teem, a zero graus, uma velocidade media de 1840 metros. As theorias cineticas da materia readquirem importancia; a sua fecundidade não foi menor no estudo dos liquidos que no dos gazes.

A distincção entre a physica e a chimica foi absoluta durante muito tempo; as questões que



se tratavam nada tinham de commum e os pontos de vista eram inteiramente differentes.

Pouco a pouco os pontos de contacto appareceram. A lei de Dulong e Petit sobre os calores especificos, segundo a qual os atomos de todos os corpos simples tem a mesma capacidade calorifera; a lei de Faraday, enunciando que a acção chimica d'uma corrente electrica é a mesma sobre a molecula d'um sal qualquer, podem citar-se entre outras, como as conclusões d'estudos a um tempo physicos e quimicos. Ha vinte annos que se fala correntemente de chimica physica, constituindo-se de certo modo uma nova sciencia; todas as grandes universidades possuem actualmente cadeiras de chimica physica. Não passou muito tempo, sem que esta visse desenvolverem-se no seu seio pontos de vista bem diversos. Uns consideram-na particularmente como uma applicação á chimica, das leis geraes da energetica, reduzindo ao minimo as hypotheses explicativas; outros, pelo contrario, mais arranjados, não receram estabelecer theorias audaciosas, cuja discussão por vezes apaixonada, dá a esta parte das sciencias physicas, uma vida extremamente intensa.

Uma parte importante da chimica physica é dominada pelas hypotheses moleculares e atomicas, que estão na base da chimica moderna. O estudo da abaixamento do ponto de conge-

lação das dissoluções, conduziu Raoult ás celebres leis que teem o seu nome, tendo-se as medidas *cryoscopicas* tornado usuaes em chimica. Todos sabem que um liquido que contém em dissolução materias estranhas, se congela a uma temperatura mais baixa do que quando é puro: é o estudo d'esta especie de phenomenos que constitue a cryoscopia. Um resultado fundamental, é que para o mesmo liquido, o abaixamento do ponto de congelação depende apenas do numero e de modo nenhum da natureza das moleculas dissolvidas. Todavia ha excepções a esta lei; se ella é exacta para as dissoluções dos corpos organicos na agua, deixa de o ser para os saes mineraes. D'um modo geral, não se applica ás soluções electrolyticas, isto é, que deixam passar a electricidade; mas para as physico-chimicas, a excepção, conforme o adagio, confirmou a regra. Ha, segundo elles, para as moleculas dissolvidas, uma dissociação mais ou menos completa; e em especial para as soluções muito extensas, a lei reaparece em toda a sua simplicidade, com a condição de dar ao termo molecula um sentido conveniente; dentro em pouco voltaremos a falar d'esta ideia, ao trattarmos da hypothese dos *iões*, que tão importante papel desempenha na chimica physica. O nome de Raoult ficará tambem ligado á *tonometria*, isto é, ao estudo dos vapores emi-



tidos pelas soluções. A presença d'uma materia dissolvida eleva o ponto d'ebulição da dissolução e diminue a tensão do vapor do dissolvente. Tambem neste caso, é o numero e não a natureza das moleculas que importa. Como o dissolvente fica o mesmo em quantidade e qualidade, a diminuição da tensão de vapor é proporcional ao numero das moleculas dissolvidas: tal é a lei das concentrações moleculares de Raoult.

Todos estes estudos se ligam estreitamente com a questão da pressão osmotica nas dissoluções. Dutrochet chamára em tempos a attenção para a importancia dos phenomenos d'osmose na vida vegetal; mas foi pelos trabalhos de Mr. Pfeffer que estas noções, a principio um pouco vagas, se tornaram precisas, graças principalmente ao artificio da membrana semi-permeavel, dando passagem livre á agua e sustentando os corpos em dissolução. A pressão osmotica constitue, de certo modo, a parte de pressão na dissolução devida ás moleculas dissolvidas; é facil defini-la com precisão, d'uma maneira puramente experimental. A lei fundamental da osmose é que, salvas certas excepções, toda a molecula, de qualquer natureza, exerce em dissolução a mesma pressão osmotica; esta é portanto proporcional ao numero das moleculas distribuidas num volume dado. Tornamos assim a encontrar as mesmas pro-

priedades moleculares; e estudos mais completos, tanto theoreticos como experimentaes, mostraram os laços estreitos que existem entre os phenomenos osmoticos, a cryoscopia e a tonometria. Nestes trabalhos applicam-se constantemente os principios fundamentaes da energetica; é preciso reconhecer que com os raciocinios actualmente empregados, se torna necessario fazer uso de certos postulados, manifestados mais ou menos claramente, e especialmente o da existencia de paredes semi-permeaveis, deixando passar certos corpos impermeaveis para outros. Mas a nova escola de physico-chimica possui a fé que vence todos os obstaculos e muitas descobertas justificaram a sua audacia. A assimilação, estabelecida por Mr. van T. Hoff, da pressão osmotica nas soluções á pressão nos gazes, que o levôu a tornar extensiva ás soluções a equação característica dos gazes, foi muito fecunda. Maravilhosas tambem na sua simplicidade são as fórmulas de demonstrações em que intervem o principio de Carnot, como para o gaz, e com as quaes se estabelece *a priori*, a necessidade do abaixamento da tensão de vapor que emana d'uma solução. Seja o que fôr que succeda com certas interpretações, ha factos d'uma importancia capital que foram postos em evidencia. Estes interessam tanto a chimica como a physica, porque a theoria das pressões osmoticas se reduz, afinal,



ao problema dos equilibrios chimicos; interessam tambem ás sciencias da vida, porque a osmose intervem nas relações da cellula viva com o meio ambiente. Ha vinte annos que o papel biologico da força osmotica foi posto em evidencia; pelo menos, é necessario citar a este respeito os bellos trabalhos de Mr. de Vries, em physiologia botanica, sobre a turgescencia das cellulas e os coefficients de isotonia.

Vimos que em certos casos as leis de Raoult deixam de ser exactas e o mesmo succede com as que dizem respeito ás pressões osmoticas. Assim, para a maioria dos saes dissolvidos na agua, as pressões são mais fortes do que seria necessario, pois não correspondem ao numero das moleculas que parecem existir na solução, mas a um numero maior. Assim uma solução muito extensa de sal commum, conduz-se, quanto á lei de Raoult, do mesmo modo que se contivesse um numero de moleculas de chloreto de sodio duplo das que contém. Mr. Arrhenius emitiu a ideia arrojada de que se tratava d'um phenomeno de dissociação; e que em geral, nas dissoluções de saes, d'acidos ou de bases na agua, ha moleculas dissociadas em grande numero, sendo este tanto maior, quanto a solução é mais extensa: é a dissociação electrolytica, e dá-se o nome de *iões* aos elementos electrolyticos. Alem d'isso, para ex-

plicar a acção das correntes sobre as soluções, suppõe-se que os *iões* teem uma carga electrica; d'esta fórma, os *iões* chloro e os *iões* sodio são respectivamente carregados d'electricidade negativa e d'electricidade positiva.

Estas concepções, extranhas á primeira vista, estão longe de ser admitidas por todos os chimicos, sentindo-se alguns embaraçados ao ver que o *ião* positivo d'hydrogenio e o *ião* negativo de chloro possuem propriedades tão differentes das que se conhecem ao hydrogenio e ao chloro. Comtudo, diversas experiencias parecem mostrar a realidade d'um duplo movimento material, durante a passagem d'uma corrente numa solução, parecendo que nenhum facto preciso lhes tem sido opposto.

As novas hypotheses conseguiram, pelo contrario, agrupar em volta d'ellas um grande numero de factos esparsos; combinadas com as leis da thermo-dynamica, foram origem d'uma theoria importante que deixou prever factos novos, que esclarecem o mecanismo de numerosas reacções chimicas e fornecem mesmo uma representação da maneira por que se produzem as forças electromotrices, a qual constituia o assumpto de discussões desde a epoca de Galvani e Volta.

De resto, pouco importa que uma theoria choque ou não os nossos habitos; é este um



ponto em que é inutil insistir, depois do que dissemos sobre a maneira como se devem encarar as theorias physicas. Aprofundando um pouco as theorias dos *iões*, foi-se levado a pensar que as cargas de todos os *iões* são multiplicas da carga do *ião* d'hydrogenio; como dissemos no capitulo precedente, sabemos que os physicos vão actualmte até muito mais longe na dissecção da materia. Notemo-lo mais uma vez; é singular ver-se reaparecer por toda a parte theorias d'emissão, quando as theorias ondulatorias pareciam ter assegurado um triumpho definitivo. *Habent sua fata theoriae!*

Devo accrescentar em todo o caso, que ha chimicos a quem não agradam estas vistas hypotheticas; e que, por exemplo, para muitos d'elles, certos factos apontados mais acima, poderiam ser explicados negando a dissociação electrolytica e admitindo, pelo contrario, a polymerização da molecula d'agua. Mas seja qual fôr o futuro das theorias electrolyticas, não se pode negar que provocaram um grande movimento experimental, que é o ponto essencial. A physiologia e a medicina apropriaram-se da nova concepção tirando d'ella um grande partido; teremos occasião de tornar a falar d'isto.

## II

**A Energetica e a Chimica**

Acabamos de ver rapidamente qual a direcção dos trabalhos de chimica physica, em que interveem numerosas hypotheses, tendo por objecto fazer comprehender o mecanismo intimo dos phenomenos. Outra parte essencial da chimica physica consiste nas applicações da energetica á chimica, sem apoio sobre qualquer hypothese explicativa, mas apenas, quando é necessario, sobre as leis experimentaes relativas a cada categoria de phenomenos. Esta parte desenvolveu-se sobretudo sob a influencia dos trabalhos de W. Gibbs, nos Estados Unidos, e de Helmholtz, na Alemanha. A sua caracteristica é pôr em evidencia a aptidão de cada systema a entrar em acção, o que Sadi Carnot chamava a força motriz, Helmholtz a energia livre, e que Mr. Duhem chama o potencial thermo-dynamicico; esta funcção desempenha no estudo dos equilibrios chimicos, o mesmo papel que o potencial em mecanica racional.

Os trabalhos de Helmholtz *sobre a Thermo-dynamica dos phenomenos chimicos*, embora me-



nos importantes que os de Gibbs e um pouco posteriores, tiveram ao principio mais notoriedade. As memorias do sabio americano foram desconhecidas ou quasi, durante perto de quinze annos, até ao dia em que Mr. van der Waals mostrou a sua importancia aos chimicos holandeses. Desde então, as ideias de Gibbs espalharam-se rapidamente pela Hollanda, em seguida aos trabalhos de Mr. Bakhuis Rozeboom e dos seus discipulos; pela Alemanha, com os trabalhos de Mr. Ostwald e Mr. Nernst; nos Estados Unidos, com os de Mr. Trevor e Mr. Bancroft; em França, com os de Mr. Duhem e Mr. Le Châtelier. Se a maior parte dos chimicos, dados á chimica physica, se inspiram hoje directamente das ideias de Gibbs, produziu-se todavia, no intervallo entre a sua publicação e a sua difusão, um certo numero de trabalhos independentes, como os de Mr. van T. Hoff e Mr. Le Châtelier, cujos resultados, considerados então como novos, contribuíram para o progresso da sciencia. Reconheceu-se depois, que os mais importantes d'entre elles, estavam implicitamente contidos na obra do sabio americano.

A introduccão da energetica na chimica prestou duas ordens de serviços igualmente importantes. Em primeiro logar, estabeleceu entre certas grandezas mensuraveis, relações necessarias, que a experiencia entregue a si propria

levaria sem duvida muito tempo a reconhecer. Em segundo logar, forneceu processos racionais de classificação para os factos observados. O primeiro d'estes serviços comprehende-se facilmente; o segundo é talvez mais importante ainda, pois permite augmentar consideravelmente, se assim me posso exprimir, o rendimento scientifico da experimentação, fazendo sobresaír analogias, que não seriam notadas durante muito tempo.

Entre as descobertas de Gibbs, uma das mais importantes é a celebre *lei das phases*. Esta lei agrupa todos os phenomenos d'equilibrio chimico com uma clareza, que se julgava impossivel attingir; facilitou o estudo experimental de systemas muito complexos que nunca se tinha julgado poder abordar. Entre os trabalhos importantes que ella facilitou, pode citar-se o estudo dos equilibrios complexos entre os differentes saes da agua do mar e os estudos sobre as ligas, questão cuja importancia industrial é tão grande como a scientifica. Esta lei estabelece relações necessarias entre o numero das phases, isto é das diversas massas homogeneas existindo num systema em equilibrio chimico, e o dos compostos independentes, que interveem na reacção d'equilibrio que se considera. Esta lei obtem-se sem necessidade de calculo algum, aproximando o numero dos parametros necessarios para de-



finir o estado d'um systema de corpo, do numero das relações que estabelece entre estes parametros a condição d'equilibrio. Num systema em equilibrio, o numero  $r$  das phases não pode ser superior em mais de *duas* unidades ao numero  $n$  dos constituintes do systema. Sendo  $r = n + 2$ , o equilibrio apenas pode existir a uma só pressão e a uma só temperatura; o systema chama-se então invariante; tal o caso d'um systema contendo agua nos três estados: gêlo, liquido e vapor. Um systema é monovariante sendo  $r = n + 1$ : para o equilibrio, pode tomar-se arbitrariamente a temperatura ou a pressão; assim para uma temperatura dada, ha uma tensão de transformação; e o typo mais simples d'um systema monovariante é dado por um liquido sobreposto pelo seu vapor. Esta classificação prosegue-se e todos os systemas chimicos que pertencem á mesma categoria, apresentam numerosas analogias. O conhecimento d'estes casos simples, em que os constituintes são poucos numerosos, permite abordar o estudo de casos complexos similares.

Os equilibrios chimicos de que temos o conhecimento experimental, são equilibrios estaveis, quer dizer que se se afasta um tal systema do seu estado d'equilibrio pela intervenção d'uma acção exterior, tende a voltar ao seu estado inicial, logo que se suprima a acção

exterior. Esta estabilidade d'equilibrio provoca em chimica, assim como em mecanica, certas relações entre as grandezas caracteristicas do systema. Estas relações apresentam uma importancia capital; permitem prever o sentido da deslocação do equilibrio, sob a influencia d'uma mudança de pressão, de temperatura, etc. Esta lei, parcialmente enunciada por Mr. van T. Hoff, com o nome d'equilibrio movel de temperatura, foi apresentada na sua fórmula geral por Mr. Le Châtelier, com o nome de principio d'oposição da acção á reacção, e já anteriormente tinha sido estabelecida em toda a sua generalidade por Gibbs. Uma das consequencias d'esta lei, é que toda a mudança de temperatura tende a deslocar o equilibrio num sentido tal, que o calor posto em jogo na reacção, provoca uma variação inversa da temperatura; assim uma elevação de temperatura provoca uma reacção com absorpção de calor. O mesmo acontece com o que diz respeito á pressão, á força electromòtriz, á massa dos corpos em reacções. Esta lei tão geral, que tinha escapado aos experimentadores, presta-lhes actualmente grandes serviços. Coordena todas as anomalias que parece apresentar a variação da estabilidade com a temperatura. Resulta d'isto, especialmente, que os saes que se dissolvem com desenvolvimento de calor, apresentam uma solubilidade decrescente á



medida que a temperatura se eleva; a mesma lei diz-nos que os compostos chimicos fornecidos com desenvolvimento de calor, são tanto mais estaveis quanto a temperatura é mais baixa, ao passo que os compostos endothermicos, como a acetylene, são tanto mais estaveis quanto a temperatura é mais elevada.

Independentemente d'estas leis completamente geraes, a applicação da energetica á chimica permitiu que se estabelecesse um certo numero de leis mais restrictas, isto é, que se applicam a pontos especiaes dos phenomenos d'equilibrio. Taes são as leis relativas á influencia do estado dos corpos sobre a sua solubibilidade, particularmente estudadas por Mr. Le Châtelier, que demonstrou a necessidade da multiplicidade das curvas de solubibilidade, e baseou sobre este facto a theoria da ligação ou solidificação do gesso e das argamassas hydraulicas. Citemos ainda a theoria de Gibbs sobre os maximos das curvas de solubibilidade, que prestou grandes serviços no estudo experimental das ligas e no dos pontos angulosos das curvas de solubibilidade, cuja theoria dá a conhecer importantes propriedades.

Todas as leis de que acabamos de falar são absolutamente rigorosas, dão relações numericas entre as mudanças correlativas de pressão e de temperatura nos systemas em equilibrio chimico, relações qualitativas quanto á mudança

das massas. Existe um segundo grupo de relações semelhantes que não teem o mesmo rigor, porque se apoiam em leis experimentaes limites e teem por objecto corpos ficticios, como os gazes perfeitos, cujas analogias com os corpos reaes são mais ou menos longinquas. Estas novas relações sob o ponto de vista theorico devem pois ser classificadas muito anteriormente ás primeiras; mas sob o ponto de vista pratico do chimico que experimenta, a sua importancia é grande ainda. A mais importante de todas as leis é a que diz respeito ao equilibrio dos systemas gazosos e fornece uma relação entre as variações simultaneas de massa que se podem infligir aos constituintes d'um systema gazoso em equilibrio, sem alterar esse estado d'equilibrio. Esta lei foi estabelecida pela primeira vez por Gibbs, partindo d'uma hypothese sobre o potencial das misturas gazosas, escolhida de modo a satisfazer a outras experiencias de Regnault. Esta lei é hoje o guia de todos os experimentadores que se occupam do equilibrio dos systemas gazosos homogeneos; apresenta, sob o ponto de vista industrial, um interesse capital no que diz respeito aos phenomenos da combustão do carvão e aos phenomenos da redução dos minerios. Numa ordem de trabalhos analogos, entram os estudos de Mr. van T. Hoff sobre o equilibrio das misturas liqui-



das homogeneas; estabelecendo uma hypothese sobre as pressões osmoticas praticamente equivalente á lei de Wullner, o illustre chimico chegou a uma formula geral do equilibrio das soluções diluidas, que offerece uma grande analogia com a das misturas gazosas.

Estes exemplos mostram a enorme importancia que adquire a applicação á chimica das leis geraes da energetica. D'estas applicações, umas teem um caracter perfeitamente rigoroso, ou offerecem pelo menos a mesma certeza que as leis fundamentaes da sciencia da energia; outras apoiam-se sobre leis experimentaes mais ou menos exactas. As primeiras são neste campo, assim como em physica, de certo modo qualitativas; nas segundas, as formulas rigorosas não são sufficientes porque encerram, além dos volumes, das pressões, temperaturas, as phases, as quantidades de calor, que são grandezas accessiveis á experiencia, os potenciaes que escapam ás nossas medidas. E' preciso eliminar estes potenciaes para chegar a formulas quantitativas utilizaveis pela experimentação. Isso só se consegue em casos particulares; e em geral a eliminação é impossivel, se não se abandonam os principios geraes; e é então que devem intervir certas leis experimentaes.

A ideia fecunda do equilibrio chimico que desempenha um tão grande papel na sciencia

da nossa epoca, já tinha ha muito tempo, attrahido a attenção de Berthollet. Mais tarde o celebre trabalho de Berthelot sobre a etherificação e as admiraveis investigações de Henri Saint-Claire Deville e dos seus discipulos sobre a dissociação, criaram realmente a chimica physica, pondo em evidencia a noção do equilibrio chimico. Todavia é preciso não esquecer que ha equilibrios d'outra natureza, que não correspondem a transformações reversiveis; são os casos de repouso chimico, como lhes chama Mr. Le Châtelier, ou de falsos equilibrios, como muitas vezes lhes chama Mr. Duhem. Assim, á temperatura ordinaria, o oxigenio e o hydrogenio não se combinam; é um caso de falso equilibrio. O falso equilibrio é comparavel ao equilibrio d'um corpo rugoso, sustido pelo attrito num plano inclinado; ha em chimica, pelo menos em certas condições, resistencias passivas, desempenhando um papel analogo ao do attrito e ao da viscosidade. Emquanto durou a confusão entre os verdadeiros e os falsos equilibrios, a confusão em mecanica chimica não se poude desfazer; a distincção começa actualmente a tornar-se familiar. As acções de presença e os numerosos processos postos em execução para realizar as reacções, teem por effeito annular resistencias passivas, do mesmo modo que o oleo annula o attrito nos machinismos. O estudo theorico dos falsos equili-



brios apresenta difficuldades consideraveis. Sabe-se a quantas discussões dão logar em mecanica racional os trabalhos feitos depois de Coulomb sobre o attrito; e é claro que o problema de mecanica chimica é muito mais geral.

Mr. Duhem, cujas obras e trabalhos pessoaes exerceram uma real influencia nos trabalhos de mecanica chimica, occupou-se muito da questão dos falsos equilibrios, que de resto não nos mostram apenas acções chemicas, mas mudanças d'estado physico e modificações allotropicas. Estabelece uma distincção entre os falsos equilibrios apparentes e os falsos equilibrios reaes. Os primeiros fazem parte dos estados d'equilibrio previstos pelos principios da energetica, comtanto que se ajuntem termos geralmente desprezados, relativos ás superficies de contacto das differentes phases; é o que acontece nos atrasos d'ebulição, na sobresaturação e na sobrefusão. Para os falsos equilibrios reaes pelo contrario, como acontece com o attrito em mecanica, as condições de equilibrio não se exprimem por egualdades, mas por desigualdades. Nestes casos, pode haver contradicções com a lei das phases ou com a lei da deslocação do equilibrio, e, nas representações graphicas, circumstancias muito diversas se podem apresentar, quanto ás disposições relativas das regiões de combinação de decomposição e de falsos equilibrios. Parece-me que seria

prematureo dizer que futuro está reservado a estas interessantes tentativas de theoria sobre um assumpto singularmente complicado.

Em resumo, a importancia do novo ramo da chimica, que deve o seu pleno desenvolvimento aos trabalhos de W. Gibbs, é comparavel á da chimica mineral criada por Lavoisier, da chimica organica derivada dos trabalhos de Gerhardt; a sua influencia, como vimos, já se faz sentir no estudo dos problemas industriaes.

### III

#### **Chimica organica e chimica mineral**

Acabamos de insistir na parte da chimica que tem numerosos pontos de contacto com a physica e em que as theorias tomam as mesmas fórmulas que nesta ultima sciencia. Noutras partes da chimica o character explicativo é differente; o ponto de vista mecanico não desempenha aqui nenhum ou quasi nenhum papel e a explicação é sobretudo geometrica e schematica. De modo nenhum devemos fazer pouco caso d'estas construcções, á primeira vista menos satisfatorias; ellas prestaram e prestam ainda immensos serviços, de que a chimica organica pode fornecer numerosos exemplos.



Sabe-se a importancia da theoria atomica em chimica organica; deriva da theoria dos typos de Gerhardt e Laurent apoiada na noção de valencia dos elementos e em particular sobre a quadrivalencia do carbone. Dissecando, por assim dizer, a molecula, permitiu em primeiro logar que fosse representada por uma imagem no plano, imagem que traduz a manelra como se reunem uns aos outros os atomos de carbone e que determinasse, além d'isso, a quaes d'estes atomos de carbone estão ligadas as funcções que o corpo submetido á analyse pode possuir. Para chegar a uma tal representação é preciso, alem do conhecimento das analyses e das diversas reacções que o corpo possui, ter uma ideia exacta do numero d'atomos contidos na sua molecula, sendo preciso portanto conhecer o seu peso molecular. Ainda não ha muito tempo, que apenas se possuia um methodo para determinar os pesos moleculares: este methodo derivava da lei d'Avogadro e Ampère e era baseado na determinação das densidades de vapor. Era por consequencia applicavel apenas aos corpos capazes de se volatilizarem sem alteração, sendo o seu emprego restricto. Outro processo foi indicado por Berthelot, baseado na transformação do corpo estudado em carboneto saturado correspondente, de que se podia em seguida determinar o peso molecular pelo methodo das densidades de vapor.

Outros methodos se empregam hoje correntemente; entre elles, devemos citar principalmente os de Raoult, que se deduzem dos seus trabalhos sobre a cryoscopia e a tonometria e que são baseados, um no atraso da congelação d'um liquido, tendo em dissolução um peso conhecido d'um corpo solido ou liquido; outro na determinação da diminuição da tensão de vapor d'um liquido, tendo igualmente em dissolução um peso conhecido do corpo de que se quer conhecer o peso molecular. A par d'estes methodos geraes, ha outros empregados em casos especiaes, como os que resultam dos estudos da velocidade do som nos gazes ou vapores considerados e da variação do poder osmotico.

Durante muitos annos, a chimica organica contentou-se com representar por uma formula plana a constituição dos corpos. E' evidente que ninguem pensava que isso representava a fórma do edificio isolado, mas era uma primeira aproximação mostrando o numero d'atomos de carbone existentes numa cadeia, da fórma por que elles estavam reunidos uns aos outros, e a maneira por que as diversas funcções se ligavam aos atomos de carbone. Nos ultimos quinze annos, os chimicos organicos pretenderam mais alguma coisa: quizeram representar o corpo, de que tinham estabelecido a constituição, por uma formula que mostrasse



a situação dos diversos átomos no espaço, desenvolvendo-se assim a *stereoquímica*. Esta teve por ponto de partida os trabalhos cristallográficos de Pasteur e por criadores Mr. Le Bel e Mr. van T. Hoff.

Pasteur, estudando os ácidos tartáricos, tinha achado que todo o corpo activo sobre a luz polarizada possui uma estrutura dissimétrica e concluiu que se o corpo é activo em solução, é isso devido á dissimetria da molécula. Na época em que Pasteur se entregou a estes trabalhos, não se sabia estabelecer as fórmulas de constituição dos corpos, isto é, a maneira por que os diferentes átomos se unem na molécula, podendo apenas obter-se um resultado de certo modo global. Mr. Le Bel e Mr. van T. Hoff, quasi ao mesmo tempo e por fórmulas diferentes, disseram que: bastava que um corpo contivesse um carbono assimétrico, para que pudesse possuir o poder rotatorio, pois que o carbono assimétrico corresponde na fórmula de constituição a um átomo de carbono unido a quatro restos diferentes. Os dois químicos passaram em revista todos os corpos correspondendo a este dado e acharam que todos, por meio de processos especiais, podiam adquirir uma acção sobre a luz polarizada. Pasteur diz-nos que uma molécula que actua sobre a luz polarizada é uma construção dissimétrica; Mr. Le Bel e Mr. van T. Hoff dizem que basta

para isso que uma molecula possua um atomo de carbone asymetrico. D'isto resulta que os corpos só se podem representar por uma figura no espaço e d'esse facto nasceu a stereochemica. Aproveitada a principio pelos inventores para o estudo dos corpos tendo como apoio da dissymetria o carbone, o methodo stereochemico que foi applicado por Mr. Le Bel ao azote pentavalente, tendo sido recentemente applicado com exito aos derivados dissymetricos do estanho e do enxofre quadrivalentes. A fórma da construção molecular no espaço fez descobrir uma nova isomeria stereochemica independente do poder rotatorio e que foi posta em evidencia pelos trabalhos de Mr. von Bæyer. E' claro que as theorias stereochemicas se prestam a algumas criticas, sendo a sua parte mecanica mais do que rudimentar. Mr. Le Bel insiste, de resto com razão, na hypothese da fixidez relativa dos diversos elementos da molecula. Sem ella, deixa de haver stereochemica; e é o que parece acontecer quando, das certas circumstancias, como a elevação de temperatura, a molecula perde estabilidade.

Os trabalhos de synthese chimica são d'uma importancia capital, tanto na theoria como na prática. A synthese da uréa, feita por Wöhler a partir do cyanato d'ammoniac, fôra continuada por meio de processos celebres de synthese a partir dos elementos imaginados por Berthelot.



Tinha-se criado um novo methodo que consistia em partir do simples para o composto; é nesta orientação, dada por Berthelot, que o mundo da chimica se encontra actualmente. Mas é indispensavel haver guias para bem se caminhar; estes guias são representados pelas theorias; e a este respeito a stereochemica mostrou-se fecunda. Os importantes trabalhos de Mr. E. Fischer, que só se puderam levar a effeito graças ás concepções stereochemicas, são um notavel exemplo do que dizemos. Sabia-se já que o aldehydo methylico se condensava sob a influencia de substancias alcalinas para dar origem a corpos correspondendo á formula da glucose, mas não se tinham podido isolar da mistura, especies chimicas puras. Mr. Fischer que acabava de descobrir a *phenylhydrazina*, empregou-a em extrahir da mistura corpos definidos; conseguindo obter corpos cristallizados, *osazones*. Em seguida poudo, por meio d'estes ultimos, voltar por caminhos differentes, ao assucar que lhes tinha dado origem e preparar d'esta fórmula syntheticamente a levulose. Baseando-se nas theorias fornecidas pela stereochemica, augmentou notavelmente o quadro dos assucares com seis atomos de carbone, sendo este magnifico estudo, em chimica, um dos mais notaveis nestes ultimos tempos.

Devemos ainda mencionar as felizes tentativas feitas para reproduzir um certo numero de

corpos que a natureza nos dá, por que se ligam ás theorias sobre a situação dos atomos no espaço. Os trabalhos sobre o grupo dos *ureidos* levaram á preparação artificial da cafeina e da theobromina, alcaloides do café e do cacau. Neste mesmo grupo de alcaloides, estabeleceu-se a constituição da atropina e da cocaína, effectuando-se uma synthese parcial d'esta ultima; effectuou-se tambem a synthese do principio odorante da essencia de violetas, que se designou pelo nome de *ionone* e a do principio odorante da iris. Pode-se dizer que todas as syntheses chimicas são actualmente abordaveis. A sua realização será tanto mais rapida quanto os chimicos que trabalham neste campo, terão á sua disposição os capitaes e os meios de que dispõe a industria; temos aqui um notavel exemplo da alliança entre a industria e theorias subtis especulando sobre a architectura das moleculas.

A par das ideias e theorias que guiam o investigador, os novos reagentes contribuem notavelmente para o progresso das sciencias experimentaes. Não podemos aqui entrar em detalhes a este respeito. Entretanto, entre os novos reagentes utilizados em chimica organica, ha um de character geral e do qual tornaremos a falar em biologia; refiro-me aos fermentos solueis extrahidos de plantas ou d'animaes. Antes tinham-se utilizado os microbios para a



preparação de certos compostos chimicos, como os acidos lactico e butyrico, mas não se sabia de que modo elles actuavam. Os trabalhos de Büchner sobre a levedura da cerveja, mostraram que estes microorganismos segregam uma materia de natureza albuminoide, uma zymase, que independentemente de qualquer phenomeno vital, é capaz de desdobrar o assucar em alcool e em acido carbonico. A producção é portanto devida a um phenomeno chimico provocado por uma substancia especial segregada pela levedura, sendo este facto considerado de grande importancia. Fermentos da mesma ordem, mas provocando oxydações ou hydratações, foram descobertos no suco de certas plantas por Mr. G. Bertrand e por Mr. Bourquelot. E' verosimil que se atribuam a corpos analogos os phenomenos d'oxydação produzidos pela bacteria do *sorbose*, tão bem estudados por Mr. G. Bertrand. A applicação d'estes fermentos permitiu que se obtivessem no estado de pureza, certos corpos que até agora se não tinham podido preparar, sendo provavel que o seu emprego se generalize.

Já notámos por mais d'uma vez as relações entre os diversos ramos da sciencia, para que nos admiremos de ver quanto a chimica organica tem contribuido para o desenvolvimento da chimica mineral. Vamos dar alguns exemplos d'este facto. Mr. Fischer tinha isolado uma

classe de derivados organicos que elle designára com o nome de *hydrazinas*. O ponto de partida d'esta serie é um hydreto d'azote, a hydrozina,  $Az^2H^4$ , cuja synthese se fez por processos organicos antes de ser feita por processos mineraes. Mr. Curtius, da mesma fórma tirou dos compostos *diazoicozo azimido*,  $Az^3H$ , que depois se obteve por uma reacção mineral muito simples. A chimica organica deve os seus tão rapidos progressos na previsão das reacções ás formulas de constituição. A sua introducção em chimica mineral, embora menos simples por causa das difficuldades que muitas vezes se encontram para conhecer a verdadeira condensação molecular, foi muito vantajosa e permitiu que se obtivessem muitos compostos novos. Não ha duvida que alguns corpos da chimica mineral apresentam moleculas complexas, em que parece existirem certos agrupamentos dissimulados, como se observa nos derivados do chromo e do ferro; estes factos são comparaveis aos que se observam em chimica organica. Citemos ainda o estanho, capaz de soffrer uma modificação profunda, que o torna completamente desconhecido, modificação esta, que se produz lentamente abaixo de vinte graus e que produz o que se chama o *estanho pardo*, de menor densidade que o estanho branco.

A noção de valencia foi tambem para a chi-



mica mineral um guia fecundo, proveniente em grande parte das noções adquiridas em chimica organica e da applicação, graças a Raoult, dos methodos que permitem medir os pesos moleculares. A classificação periodica de Mr. Mendeleeff, que apesar dos seus defeitos, tem ainda um grande valor, dispõe os corpos segundo a sua valencia maxima em relação ao oxigenio. Estas valencias maximas não são na sua totalidade utilizadas com frequencia, podendo-se assim explicar bem as innumeraveis combinações, a que se chamava noutro tempo de addição, como os saes duplos, por exemplo. O seu numero augmentou muito nestes ultimos annos, á medida que a sua constituição se estabelecia melhor. Taes são por exemplo, os chlorhydratos de chloreto e os saes tetracupricos de Mr. Sabatier; ou ainda o tetrachloreto de chumbo, devido á noção da tetravalencia do chumbo estabelecida pela chimica organica. Sabe-se que importancia teve a classificação de Mr. Mendeleeff para a descoberta de novos corpos como o *germanio* e o *scandio*.

Entre as causas que orientaram os mais importantes trabalhos realizados em chimica, devemos ainda mencionar os aperfeiçoamentos das medidas physicas e os poderosos meios d'acção que os progressos da physica puseram á disposição dos chimicos. Foi devido á pre-

cisão das medidas de densidade, que lord Rayleigh poudes suspeitar da existencia, no azote atmosferico, d'um gaz mais pesado, não contido no azote da azatite d'ammoniac, mais inerte que o azote, e que se poudes isolar pela acção do magnesio rubro; a descoberta d'este novo corpo no ar, o *argon*, devida á collaboração de lord Rayleigh e de Mr. Ramsay, teve uma grande notoriedade.

Quanto aos novos meios d'investigação, a producção das baixas temperaturas tem diante de si um grande futuro. Graças á descoberta do ponto crítico e á applicação da expansão, resolveu-se por completo o problema geral da liquefacção dos gazes, excepto para o *helio*, como já mostrámos. A distillação fraccionada do *argon* forneceu a Mr. Ramsay, uma serie de gazes satellites, o *crypton*, o *neon*, o *metargon*, o *xenon*. Além d'estes gazes, o ar atmosferico contém tambem o *helio*, gaz cuja existencia tinha sido primeiramente revelada no sol pelo espectroscopio e que Mr. Ramsay descobriu num mineral raro, a *cleveite*; a presença do hydrogenio foi tambem notada no ar que respiramos, como o mostram os trabalhos recentes de Mr. A. Gautier. Podemos dizer pelo que conhecemos da physica e da chimica das baixas temperaturas, que estas darão origem a resultados da maior importancia. Um facto muito curioso, é o do augmento indefinido



da conductibilidade electrica dos metaes, á medida que a temperatura baixa. Acontecerá o mesmo com o calor especifico de certos corpos? Os compostos exothermicos não se podem decompôr a temperaturas muito baixas, ao passo que os endothermicos não se podem formar. Foi o que se disse sob uma fórma humoristica pouco precisa: o principio do trabalho da thermo-chimica é completamente verdadeiro no zero absoluto. Isto equivale a dizer que abaixo d'uma certa temperatura, variavel com os corpos considerados, a reacção se passa no sentido previsto por aquelle principio; é por isso que este se encontra muitas vezes d'accordo com os factos, a temperaturas ordinarias, emquanto que já não succede o mesmo a temperaturas elevadas, em que, por exemplo, se produz a acetylene apesar da absorpção de calor.

A chimica das altas temperaturas não é menos importante. Obtem-se por meio do forno electrico resultante do arco voltaico empregado num recinto fechado; este forno constituiu nas mãos de Mr. Moissan, um instrumento d'um poder incomparavel. O eminente chimico pode effectuar com elle a synthese do diamante, preparar um grande numero de carbonetos metallicos e, em consequencia, obter por afinação, no estado de pureza, metaes de que apenas se suspeitava a existencia, como o uranio, o chro-

mo, o manganés, o tungstenio, e outros ainda; pela acção da agua sobre o carboneto de calcio desenvolveu-se a industria da acetylene. Para os theoreticos, a chimica das altas temperaturas é, como vimos, d'uma importancia capital; foi ella que provocou o apparecimento da nova mecanica chimica, chamando a attenção para os phenomenos de dissociação.

O emprego da electrolyse em condições mais precisas, foi tambem um poderoso meio d'acção. Basta lembrar que num aparelho conveniente e sufficientemente arrefecido, Mr. Moissan obteve o fluor livre e, em consequencia, um grande numero de derivados, dos quaes um dos mais curiosos é o fluoreto d'enzofre, gaz inerte, indecomponivel pela agua. Finalmente o emprego de metaes divididos tendo uma grande superficie, foi o ponto de partida d'importantes trabalhos. Reacções especiaes que se manifestam fracamente empregando laminas, effectuam-se com facilidade quando se substituem as laminas por pós metallicos, cuja superficie é consideravel: tem-se assim um methodo geral para a formação d'um grande numero de compostos.

Ha muito tempo que se mostrou que o acido sulfurico se pode fabricar por intermedio da esponja de platina, combinando-se assim directamente o acido sulfuroso e o oxigenio; este processo, virá certamente um dia a transformar



a preparação do ácido mais importante da industria. Sabia-se também que a esponja de platina provoca a reacção directa do hydrogenio sobre certos corpos. Partindo d'este facto, Mr. Sabatier conseguiu criar, nos ultimos annos, novos methodos geraes d'hydrogenação directa pela catalyse, baseados no emprego de metaes divididos; o nickel, recentemente reduzido no seu oxydo, deu resultados particularmente satisfatorios. Mr. Sabatier attribue a acção *catalytica* do nickel á formação temporaria d'um hydreto de nickel instavel, que se forma e se desfaz constantemente. Nada mais curioso do que estas reacções; e os exemplos começam a ser numerosos, tanto em chimica biologica como em chimica pura, em que uma pequena quantidade de substancia pode desempenhar um papel util, por tempo indefinido, por assim dizer.

## CAPITULO VI

### Mineralogia e Geologia

I. *A Crystallographia e a Mineralogia.*—II. *A Geologia*

---

#### I

#### **A Crystallographia e a Mineralogia**

Ao falarmos da mineralogia e da geologia, não abandonamos o campo das sciencias phisicas, pondo de lado em todo o caso, a paleontologia, que deve ter logar noutro capitulo.

Graças ao concurso dos mathematicos, os crystallographos puderam estudar certas propriedades em relação immediata com a estrutura molecular dos corpos cristallizados. Ha trinta anns, Soncke e Mallard tinham generalizado a concepção de Bravais sobre a estrutura d'estes corpos, mostrando que o principio da homogeneidade se salvaguardava, substituindo as moleculas symetricas de Bravais por grupos de moleculas asymetricas, dispostas symetricamente. Mais recentemente Mr. Schoen-



flies e Mr. von Fedorow encararam a questão sob o ponto de vista mathematico, auxiliando-se com os trabalhos de Mr. Jordan. Procuraram todos os typos de grupos de movimento d'ordem finita; o agrupamento em systemas de polyedros correspondentes, de maneira a encher o espaço, esgota todas as possibilidades na investigação da estructura dos cristaes. Para falar com verdade, apenas alguns dos seus resultados são utilizaveis para estabelecer a theoria de todas as propriedades provenientes da estructura molecular. Nesta ordem d'ideias, os trabalhos de Mr. Wallerant alargaram os quadros traçados por Haüy e ampliados successivamente por Bravais e Mallard. Os grupos asymetricos de moleculas, a que Mr. Wallerant chama particulas fundamentaes, quando se agrupam entre ellas por meio de rotações em volta d'eixos de symetria e de deslocações em relação a planos de symetria, dão origem ás particulas complexas que possuem elementos de symetria propriamente ditos e elementos-limites de symetria; os primeiros encontram-se nos corpos cristallizados, os segundos tornam-se elementos de symetria dos agrupamentos cristallinos. Mas podem-se apresentar dois casos. Os elementos-limites podem formar entre elles os mesmos angulos que os elementos de symetria propriamente ditos d'um polyedro; e então o grupo não con-

terá senão um numero limitado de cristaes, podendo acontecer que o conjunto apresente, na sua fórma exterior, o aspecto d'um cristal unico, tendo na sua fórma cristallina uma symetria mais elevada do que a que é inherente a cada um dos cristaes componentes. Haverá, por consequencia, contradição entre a symetria exterior e a symetria revelada por outras propriedades, taes como as propriedades opticas, resultando d'isto, apparentemente, anomalias opticas. Se pelo contrario, os elementos-limites não formam entre si os mesmos angulos que os elementos de symetria d'um polyedro, o agrupamento não terá, como elementos de symetria, senão uma parte dos elementos-limites da particula complexa, ora uns, ora outros. Poder-se-ão produzir então diversos agrupamentos.

Este ultimo resultado leva-nos a uma explicação do polymorphismo: se as particulas fundamentaes se agrupam em particulas complexas, é porque possuem elementos-limites que se transformam em elementos reaes nesta particula complexa. Poderão então, em certos casos, produzir-se muitas especies de cristaes complexos, dando origem a diversas especies de symetrias differentes, mas taes, que os elementos de symetria d'um, sejam os elementos de symetria dos agrupamentos do outro e vice-versa.

Pasteur julgou ter achado a lei que rege as



fórmias cristallinas d'um corpo polymorpho, ao constatar que os seus entrelaçamentos faziam pequena differença; é exacto o facto, mas não é especial para as fórmias do mesmo corpo. Um estudo aprofundado dos corpos cristallizados mais differentes, permitiu a Mallard constatar que os entrelaçamentos differem muito pouco d'uma rede cubica, podendo-se dizer que nas differentes fórmias cristallinas a symetria total é sempre a d'um cubo.

E' claro que as representações precedentes com particulas fundamentaes e particulas complexas entram no typo geral das theorias, isto é, de systemas d'imagens, tendo por objecto synthetizar as observações e levar á previsão de factos novos. Como todas as theorias, estas representações estão sujeitas a discussões; estas não faltaram e continuam, porque nunca se preferirá a ultima palavra nas questões que dizem respeito á physica molecular, que é o que constitue verdadeiramente a cristallographia. Não ha uma opinião unanime sobre a individualidade da particula complexa, que parece desempenhar em cristallographia o mesmo papel que a molecula em chimica. Todavia devemos reconhecer um grande valor nas razões dadas por Mr. Wyronboff e Mr. Wallerant em favor da individualidade, pelo menos relativa, da particula complexa. Uma das theorias de maior peso é dada pelo estudo dos cristaes



moles, como os de oleato d'ammoniaco, ou ainda pelos cristaes liquidos. Em muitos pontos é necessario modificar os raciocinios um tanto simplistas da mineralogia classica; as leis de Haüy e de Bravais nada teem de absoluto. Deve-se contar com as condições de cristallização; modificando estas, pode chegar-se a produzir novas faces, devendo o estudo das faces curvas occupar um dia os mineralogistas.

Acabo de alludir aos cristaes moles e aos cristaes liquidos; a sua descoberta constitue sem duvida, no dominio da crystallographia, o facto mais notavel d'estes ultimos annos; o seu estudo permitirá precisar as condições a que deve satisfazer a estructura d'um corpo para possuir as propriedades de uma construcção cristallina. Em especial, os cristaes liquidos levam-nos a perguntar se a repartição reticular dos elementos constituintes é necessaria para fazer apparecer o conjunto das propriedades physicas constatadas nos cristaes. Devo dizer que ainda ha muitas discussões a este respeito. Os liquidos *anisotropos* são turvos; pensou-se que não são homogeneos e que se trata d'uma emulsão, e admitiu-se tambem a existencia de corpos solidos *anisotropos* em suspensão.

Estes problemas de mecanica molecular nos meios symetricos são da mais alta importancia; observa-se ahi, de certo modo, a materia tender para a aquisição de fórmias estaveis, varia-

veis de resto com as condições physicas, procurando os physico-chimicos relacionar as suas explicações theoricas com o principio da menor acção. Estas investigações foram inauguradas por Pasteur; as memorias de Mr. Gernez sobre as cristallizações provocadas em licores sobresaturados, são ha muito tempo consideradas classicas; estes estudos são hoje cultivados principalmente na Alemanha.

Actualmente tende-se a considerar um cristal, como uma especie de ser vivo, susceptivel de crescimento, e reparando as suas perdas quando é ferido; os proprios termos provocam a comparação. Trata-se d'uma aproximação artificial, não parecendo legitimo comparar a formação cristallographica, que caminha uniformemente no mesmo sentido, com a assimilação e a desassimilação periodicas que são a caracteristica dos phenomenos vitaes; o cristal absorve mas não excreta.

D'uma maneira mais geral, fala-se correntemente da *vida da materia*, entendendo-se por isso as transformações muitas vezes lentas, que se produzem em meios que parecem estar em equilibrio. E' assim que um thermometro cujo zero se desloca, se torna um animal vivo, ou o bocado de estanho pardo, de que ha pouco falámos, quando attingido por uma especie de doença contagiosa, muito conhecida dos constructores d'orgãos, transmissivel aos bocados



d'estanho mais proximos, doença que o calor pode felizmente curar. Fala-se tambem na memoria da materia, que se lembra dos seus estados anteriores e que procede em consequencia. Em vez de vida e de memoria, seria preferivel falar simplesmente d'hereditariedade, na accepção em que tomamos este termo num dos capítulos precedentes; é impossivel nestes phenomenos, conservar a hypothese da não-hereditariedade que, como dissemos, está na base da mecanica classica. Já falei<sup>1</sup> d'esta mecanica com hereditariedade, em que se apresentarão, segundo parece, equações funcçionaes mais complicadas, que as equações differenciaes a que estamos habituados. Conterão, como disse, integraes que serão o testemunho d'uma especie d'hereditariedade. O mesmo termo *integral* apparece tambem com os biologistas, quando estes falam d'hereditariedade. "A hereditariedade, diz Mr. Giard<sup>2</sup>, é uma integral: é a somma das variações produzidas sobre cada geração anterior pelos factores primarios da evolução.". Nas aproximações notadas, um mecanico não deve ver mais do que *esta hereditariedade*; é recreativo sem duvida, mas é inutil

---

<sup>1</sup> Cap. III, Sec. III.

<sup>2</sup> A. Giard. *Le principe de Lamarck et l'hérédité des modifications somatiques. Controverses transformistes*, pag. 135.

falar de *vida* e de *memoria*. Devemos evitar parecer que explicamos *obscurum per obscurius*.

Acabamos de considerar succintamente uma parte da mineralogia que, sob o nome de *crystallographia*, é na verdade a *physica molecular* dos meios symmetricos. Não ha motivo para nos demorarmos nesta subdivisão da mineralogia que se chama a mineralogia *descriptiva*; mas ha uma parte da mineralogia chamada *petrographia*, que comprehende o estudo dos phenomenos vulcanicos antigos e modernos e que é de grande importancia. Quando Sorby teve a feliz ideia d'applicar o exame microscopico ao estudo das rochas, constataram-se factos de que se não tinha suspeitado, e que, com o enthusiasmo dos primeiros trabalhos, se julgou iriam resolver todos os problemas que provoca a *genese* das rochas eruptivas. Observaram-se ao microscopio as mais diversas rochas e ponde-se assim constatar que ellas se reduzem a um pequeno numero de *typos* reunidos por todos os intermediarios. Parece á primeira vista estranho, que se possa olhar com o microscopio através d'um granito ou d'um basalto; mas cortam-se em laminas d'uma espessura de cerca de dois centesimos de millimetro, sendo um curioso espectaculo o da *marquetaria* que estas delgadas folhas apresentam e d'uma grande importancia para o *petrographo*, que pode d'esta fórma analysar os elementos componentes da



rocha. Por vezes o microscopio revela-nos inclusões, liquidas ou gazosas, que podem esclarecer-nos sobre as condições em que se operou a solidificação. Os trabalhos de Mr. Fouqué e Mr. Michel Levy tornaram-se classicos, sobre este assumpto.

Os estudos precedentes não bastam todavia para se estabelecer uma classificação natural. Na realidade, a genese das rochas só pode ser completamente elucidada pela sua reproducção synthetica, servindo o microscopio para identificar os productos artificiaes com os productos naturaes. Um grande passo se deu neste sentido com os trabalhos de Mr. Fouqué e Mr. Michel Levy, que obtiveram no seu laboratorio, rochas microlithicas basicas identicas ás rochas naturaes, como a anorthita, o peridoto, o oligoclaso e muitas outras. Estas notaveis experiencias mostraram a importancia do papel da fusão ignea na cristallização das rochas, fusão seguida d'um resfriamento lento. Até agora as rochas acidas de quartzo, mica, etc., como o granito, teem sido refractarias á reproducção. Não que a synthese simultanea do quartzo e da orthosa não tenha sido feita; foi effectuada em 1879 por Friedel, fazendo intervir carbonatos alcalinos como mineralizadores; e anteriormente tinha-se podido obter cristaes de quartzo, fazendo actuar sobre os silicatos o vapor d'agua comprimido. Nos seus bellos tra-

balhos sobre os phenomenos vulcanicos da Martinica, Mr. Lacroix constatou a formação do quartzo sob a acção do vapor d'agua comprimido, o que está d'accordo com as experiencias antecedentes.

## II

### A Geologia

Nos ultimos vinte annos os estudos geologicos soffreram grandes modificações. Desgostosos com o insuccesso das tentativas de synthese de Leopoldo de Buch e Elias de Beaumont, os geologos tinham-se encerrado no campo da observação pura, rejeitando systematicamente toda a concepção historica. Perdiam de vista assim, o fim a que se propõe a geologia, isto é, a reconstituição historica do nosso globo. As investigações realizadas sem um objectivo bem determinado, levaram-os a constatar numerosos factos que permaneciam isolados, sem relação entre elles, e para tudo dizer, sem grande interesse. Não significa isto que se tenha depois renunciado á observação; pelo contrario, ella torna-se tanto mais activa, quanto os progressos da civilização a tornam mais facil. A construcção dos caminhos



de ferro, a perfuração dos tuneis, a procura de substancias uteis á industria, permitem resolver muitos problemas d'importancia local. Por outro lado os exploradores, penetrando em regiões desconhecidas, abriram um novo campo de investigações geologicas. Graças aos viajantes ingleses e russos, bem depressa poderemos possuir dados precisos sobre a Asia central. Por seu lado, os trabalhos geologicos dos Estados Unidos e do Canadá desbravam todos os annos uma parte dos seus immensos territorios. A procura do ouro e do diamante na Africa e na Australia teve tambem como resultado dar a conhecer, pelo menos nas suas linhas geraes, a constituição d'estes continentes. Finalmente, a epopêa de Mr. Nansen através as regiões polares, que deu a conhecer, entre outros resultados que obteve, a existencia d'um mar profundo nas regiões arcticas boreaes, constituiu uma importante contribuição para a geologia.

Mas todos estes resultados isolados são d'interesse restricto, sendo mesmo para temer que a sua accumulção tornasse inabordavel o estudo da geologia. Era indispensavel ligá-los, ordená-los, de modo que d'eilles resultasse uma vida de conjunto sobre a historia da terra. Foi esta a obra de Mr. Suess e dos seus adeptos, nos ultimos quinze annos. E' preciso em todo o caso, não ser injusto para

com os systemas precedentes. As theorias novas são, como se sabe, feitas dos restos das theorias que as precederam; não devemos por isso esquecer que Leopoldo de Buch e Elias de Beaumont foram grandes precursores.

Deve-se a Mr. Suess uma obra magistral, *Antlitz der Erde*, que é hoje um livro inseparavel de todos os stratigraphos. "Antes de tudo, diz Mr. Marcel Bertrand, no prefacio da traducção francesa, Mr. Suess procura estabelecer que as montanhas não resultam nem de levantamentos produzidos de baixo para cima, nem de compressões lateraes produzidas pelas rochas eruptivas; estas ultimas desempenharam por toda a parte um papel passivo. Isto significa que se abandona o systema de Buch. Por sua vez, o ultimo capitulo mostra como conclusão geral, que não ha vestigio, á superficie do globo, de nenhum arranjo geometrico; a fórma das montanhas, assim como a dos contornos oceanicos, apresenta irregularidades cuja origem não deve ser ligada senão a alguma dissymetria primitiva e accidental, talvez á fórma e á distribuição das primeiras ilhotas de escorias que se tornaram espessas á superficie do nosso planeta; quer isto dizer que é necessario renunciar á procurã de leis facticias e illusorias, o que condemna o systema de Elias de Beaumont,„

Mr. Suess foi o primeiro que distinguiu os



differentes typos de deslocação e os dividiu em duas categorias, segundo a natureza das forças que lhes tinham dado origem. Quando uma parte da crosta terrestre tem falta de apoio, em virtude da contracção da massa central, encontra-se submetida a uma força vertical, o peso, e as reacções tangenciaes, d'onde resultam duas categorias de deslocações. Sob a influencia das forças verticaes, produzem-se fracturas verticaes acompanhadas de desnivelamentos, a que se dá o nome de fendas. Estas, raramente isoladas, encontram-se ordinariamente em grande numero na mesma região e desenhando grosseiramente polygonos concentricos a esta região. Em todas o desnivelamento se produz do lado do centro da região, que é, por consequencia, o ponto onde a depressão é maior. Estas regiões receberam o nome de bacias de depressão. Quando duas bacias estão proximas uma da outra, são separadas por uma região não deprimida que recebeu o nome de *horst*. Assim a bacia de Paris é separada pelos Vosges do valle do Rheno, que é tambem uma bacia de depressão. Nota-se que graças a estas fendas, se produz uma extensão das camadas. Pelo contrario, sob a influencia das forças tangenciaes, produz-se compressão: as camadas dobram-se formando pregas; e se o impulso tangencial é bastante forte, produzem-se fracturas sensivelmente horizontaes, occasionando



a sobreposição das camadas superficiaes sobre as camadas profundas.

Estas pregas tambem não estão isoladas e affectam zonas muito extensas relativamente á sua largura. Nestas zonas, chamadas *zonas de plicatura*, certos grupos de pregas parallelas erguem-se acima d'outras, formando o que nós chamamos as cadeias de montanhas. Comme-te-se em geral o erro de considerar como independentes as cadeias da mesma zona, comquanto tenham a mesma origem. Numa zona as pregas podem não ser rectilneas; em consequencia da existencia d'obstaculos preexistentes, podem ter-se desviado; mas neste caso, a mudança de direcção faz-se sempre d'uma maneira continua, contrariamente ás ideias emitidas por Elias de Beaumont. Este principio de continuidade estabelecido por Mr. Suess, permitiu-lhe seguir a mesma cadeia através a Europa e a Asia, mostrar que montanhas consideradas até agora como independentes, não eram mais do que fragmentos da mesma cadeia. Estabeleceu d'este modo os laços existentes entre os Pyrineus, os montes da Provença, os Alpes, os Carpathos, os Balkans, o Caucaso, o Pamir e o Himalaya. Esta cadeia não é, de resto, mais do que o limite norte d'uma *zona de plicatura*, limitada ao sul por outras cadeias, como a do arco formado pela cadeia Betica ao sul da Hispanha, que é continuada

pelo Atlante, a Sicilia e os Apenninos. No meio d'esta zona formou-se uma bacia de depressão, constituindo actualmente o Mediterraneo occidental. Além d'esta primeira zona, Mr. Suess poudo reconstituir duas outras mais antigas, uma estendendo-se do sul da Irlanda até á Bohemia e ao Thian-Chan, a outra indo da Escocia á Escandinavia.

Ás três cadeias de Suess, Mr. Marcel Bertrand juntou duas outras mais antigas e mais septentrionaes. Mostrando as relações d'idade existentes entre estas cadeias e as phases eruptivas, fez desaparecer o antagonismo entre a escola alemã e a escola francesa, sobre a relação entre os caracteres e a idade das rochas. Mr. Suess havia dado o golpe de misericórdia no systema pentagonal de Elias de Beaumont. Mr. Bertrand substitue-o pelo systema orthogonal, mostrando que as zonas de deslocação são sensivelmente parallelas quer ao equador, quer aos meridianos; põe tambem em evidencia o papel capital desempenhado pelos terrenos de transporte (*nappes de charriage*), na formação de todas as cadeias; e combinando esta noção com a do tetraedo de Grun, tenta reconstituir toda a genese da deformação do globo terrestre.

Alem dos movimentos da crosta solida, Mr. Suess considera em especial os do involucro liquido; assignala a importancia dos desenvolvimentos das costas maritimas num dado



momento e mostra que periodicamente se teem produzido grandes transgressões marinhas, de que se encontram vestigios em quasi toda a superficie da terra. As tentativas de reconstituição dos antigos mares podem de resto apoiar-se agora sobre dados mais precisos, graças ás explorações geologicas em regiões que se tinham conservado até agora desconhecidas sob este ponto de vista; é um trabalho a que diversos geologos, e especialmente Mr. de Lapparent, se entregaram\* com o maior exito, podendo ver-se na ultima edição do seu magistral tratado de geologia, um esboço da terra e dos mares em cada periodo geologico. Este progresso foi sobretudo sensivel nos países vizinhos da zona arctica; fizeram-se ahí descobertas inesperadas, principalmente no que respeita á extensão septentrional dos diversos mares jurassicos. Conhece-se hoje, pelo menos nas suas linhas geraes, a geographia physica da terra em cada periodo da sua evolução. Alliada á geologia, a geographia foi completamente transformada; a nova escola geographica impôs-se o trabalho d'explicar a genese de todas as fórmias terrestres, insistindo principalmente sobre a noção de cyclo de corrosão, adquirindo a questão da edade para as fórmias topographicas uma importancia capital.

Alludi ha pouco á noção do tetraedro de Lowthian Green, isto é, a uma theoria tetrae-

drica da figura da Terra, muito estimada actualmente, que procura explicar a distribuição actual dos continentes e dos mares. A crosta terrestre esfriando tenderia a adquirir a fôrma d'um tetraedro, de que um dos vertices seria aproximadamente no polo sul e os três outros em massiços continentaes da Europa-Africa, da Asia-Oceania e da America, massiços que terminam em ponta para o sul e correspondem sensivelmente ás arestas do tetraedro. Entre os três massiços continentaes estendem-se três oceanos, correspondendo ás três faces planas do tetraedro e que são o Oceano Atlantico, o Indico e o Pacifico. A face norte do tetraedro corresponderia aos mares profundos das regiões arcticas septentrionaes, cuja existencia se demonstrou pela viagem de Nansen. O polo sul da Terra seria, pelo contrario, uma saliencia, o que está d'accordo com a existencia de terras emersas, a qual não parece duvidosa, depois das viagens realizadas na segunda metade do século passado. E' claro que falando de assimilhar a superficie terrestre a um tetraedro, se trata d'uma geometria aproximativa, cujos detalhes não existem. Esta theoria torna comprehensíveis muitos outros factos. Em consequencia da rotação diurna, produz-se uma torção do tetraedro que explica o desvio para o éste dos prolongamentos do hemispherio sul, em relação ás massas continentaes do



hemispherio norte; alem d'isso esta torção provocou uma especie de deslocação, que explica a grande depressão intercontinental, formada pelo Mediterraneo, o mar das Antilhas e os mares do archipelago Polynesio. Emfim, pode-se ligar á theoria de Green, a distribuição dos vulcões, que se encontram nas regiões de menos resistencia, envolvendo as arestas do tetraedro e a depressão intercontinental.

A superficie da Terra está num estado constante de abatimento e deformação, devido á contracção do globo terrestre. O solo que nos parece firme debaixo dos pés, está na realidade numa agitação quasi permanente; é o que nos mostrou a *sismologia* ou o estudo systematico dos tremores de terra. Este ramo um tanto especial da geologia, realizou nos ultimos tempos consideraveis progressos, havendo factos muitissimo curiosos postos em evidencia pela observação dos sismographos, isto é, de pendulos moveis em torno d'eixos horizontaes ou verticaes, convenientemente dispostos. Do conjunto das observações resulta que quando um ponto se encontra abalado, pode representar-se da seguinte maneira, a propagação do abalo. A transmissão das ondas sismicas communica-se ao ponto antipoda pelo interior do globo terrestre e pela superficie. A onda central compõe-se na realidade de duas ondas simples chegando respectivamente aos

antipodas, cerca de vinte e quatro minutos depois do abalo, ao passo que a onda da superficie gasta uma hora.

Ha de resto á superficie da terra regiões favorecidas sob o ponto de vista sismico. E' importante o facto d'estas regiões favorecidas se encontrarem na parte da crosta terrestre onde o declive medio do relevo do terreno é muito grande. São geralmente situadas no oceano, não longe das costas dominadas pelas altas cadeias de montanhas e sobranceando abysmos sub-marinos, onde a sonda accusa grandes profundidades; é o que se dá no Japão e no litoral americano entre o Peru e o Chile.



## CAPITULO VII

### Physiologia e Chimica biologica

- I. *A Physiologia.*—II. *A materia viva e as theorias physico-chimicas.*—III. *A Chimica biologica.*
- 

#### I

#### **A Physiologia**

Eis-nos finalmente chegados ás sciencias da vida. Já encontrámos grandes difficuldades para darmos uma ideia dos diversos pontos de vista em que nos podemos collocar, quando se fala de *explicação* nas sciencias physico-chimicas. Pode avaliar-se quanto as questões analogas se tornam mais difficeis, quando se trata das sciencias biologicas. Por isso tambem, nestas sciencias, considera-se actualmente o termo *explicação*, de duas maneiras differentes. Em primeiro logar o termo é considerado como o fazem os mecanicos e os physicos; em segundo logar, sobretudo em certas partes da zoologia, considera-se por vezes uma *narração historica* como uma explicação, limitando-se, á falta de melhor,

a descrever uma evolução de que se não podem precisar as causas.

Em que consiste a vida? Os phenomenos vitaes differem essencialmente dos phenomenos que observamos na natureza inanimada? Já não ha biologistas partidarios das doutrinas das velhas escolas vitalistas, pelo menos nos seus primeiros aspectos; mas ainda ha quem pense, como Claude Bernard, que a materia não origina os phenomenos que ella nos mostra, admitindõ, como o grande physiologista, um principio d'ordem, uma ideia directriz. Isto não impede, de resto, de admitir em principio o determinismo physiologico dos phenomenos que se estudam, determinismo sem o qual não ha sciencia. Estes physiologistas não tentam entrar, se assim me posso exprimir, na *theoria* dos phenomenos vitaes; e sinto-me tentado a aproximá-los dos partidarios da energetica puramente experimental, de que tratámos num capitulo precedente. Uma comparação poderá esclarecer esta aproximação. Numerosos phisicos, dissemos nós, não se preoccupam com saber se o calor é ou não um modo do movimento; e comtudo não deixam de applicar as leis geraes da thermodynamica, que são independentes d'hypotheses especiaes sobre a natureza do calor. De modo analogo, não se formula pergunta alguma sobre o que é a electricidade; e todavia, não se deixa de estabelecer,

com Helmholtz e Gibbs, uma theoria da pilha; e do facto da energia mecanica ser transformavel em energia electrica, não tentam concluir uma explicação mecanica da electricidade. As mesmas tendencias de espirito se podem produzir no estudo dos phenomenos vitaes. Sob este ponto de vista, as questões de doutrina não apparecem. Para alguns, pode ser indifferente que haja ou não nos phenomenos vitaes uma fórmula especial d'energia; se tal fórmula existe, virá collocar-se ao lado das outras fórmulas d'energia já consideradas.

Trabalhos da mais alta importancia se teem feito nesta ordem d'ideias, seja qual fôr a doutrina philosophica que os seus autores preferam. Para nós, o ponto essencial é estabelecer relações d'equivalencia entre diferentes fórmulas d'energia. Entre ellas encontram-se essas especies de energia a que alguns chamam ainda vitaes e que correspondem ao trabalho a que Mr. Chauveau dá o nome de physiologico. São relativas aos phenomenos que se produzem nos tecidos em actividade, e que não podem ainda ser reduzidas d'uma maneira precisa, aos typos conhecidos dos phenomenos physicos, chimicos e mecanicos; correspondem por exemplo, ao que se passa no nervo que conduz o influxo nervoso, ou no musculo que se contrae. D'este modo, parece que não se pode admitir que um musculo funciona como



uma machina thermica, concluindo-se d'este facto, que os phenomenos conhecidos relativos á contracção muscular, são compativeis com a ideia da transformação directa da energia chimica, numa fórmula especial d'energia physiologica; de resto, em todos estes phenomenos encontra-se de certo modo, na fórmula de residuo, a energia calorifica, essa fórmula degradada da energia, que se dissipa ou desempenha o papel de estimulante nas reacções chimicas. Alguns pontos que se conservavam obscuros, esclareceram-se com esta energetica biologica. Basta lembrar os bellos trabalhos de Mr. Chauveau sobre a energia dispendida pela actividade interior dos musculos, nos seus differentes modos de contracção, e a sua classificação do valor energetico dos elementos, em biothermogeneos e thermogeneos.

Não é facil suppôr que os musculos, as glandulas, os nervos tenham uma energia especial para a sua funcção. Por isso as ideias sobre estas fórmulas especificas da energia teem sido abandonadas pouco a pouco, uns não se importando senão com relações d'equivalencia e conservando apenas, se continuam partidarios do modo de pensar de Claude Bernard que citámos mais acima, a ideia d'uma direcção nas transformações d'energia; outros, isto é a grande maioria dos biologistas da actualidade, levando até aos seus extremos a these physico-chimica.

Uma das partes mais importantes da physiologia, é a physiologia dos nervos. Considerando apenas os ultimos annos, encher-se-ia uma bibliotheca com os trabalhos relativos ao systema nervoso; mas deve-se confessar, que é bastante confusa a impressão que nos deixam as conclusões dos trabalhos mais importantes. E' considerado como instrumento de solidariedade das partes do organismo, que o systema nervoso interessa sobretudo a physiologia, constituindo entre estas diversas partes uma immensa rêde de communicações. As comparações são numerosas para se dar uma ideia do systema nervoso; é frequente compará-lo com a telephonia, correspondendo á estação central, um centro nervoso encephalo-rachidiano. Preguntou-se naturalmente qual é a fôrma intima da excitação. Admite-se geralmente que o estimulante nervoso desempenha o papel de excitante; produz-se um descaímento, sendo, por exemplo, pequenissima a relação entre a energia excitante e a energia fornecida.

Se depois da excitação chegamos á condução, muitos problemas apparecem sujeitos a discussão, sobre a natureza do influxo nervoso. A assimilação a uma corrente electrica apresentou-se naturalmente, mas esta hypothese está hoje posta de parte; a questão da possibilidade da propagação nos dois sentidos, não é mesmo resolvida por todos de igual maneira. A velo-



cidade de conducção do influxo nervoso pode ser medida em muitos casos; é muito lenta, variando de setenta metros a oito metros por segundo. Qual é a natureza d'esta *onda nervosa*? Muitos admitem que esta é de natureza electrolytica, isto é, que a corrente nervosa não é no fundo, mais do que uma deslocação de *iões* successiva. O nervo é d'este modo assimilado a um electrolyto de constituição não uniforme, pois que a transferencia d'energia se executa do logar onde a concentração é mais forte, para aquelle onde ella é mais fraca; Mr. Lehmann conseguiu obter espécies de nervos artificiaes, por meio de cadeias de pilhas. O que nos interessa nestas interpretações, é a tendencia geral para reduzir os phenomenos vitaes, aos phenomenos physicos e chimicos; os nomes de bio-physica e bio-chimica devem até, para alguns, substituir o de physiologia. Tornaremos a falar d'esta orientação capital para os estudos modernos, quando tratarmos das theorias physico-chimicas da vida.

A anatomia e a histologia do systema nervoso fizeram muito mais progressos do que a sua physiologia; numerosos e pacientes estudos augmentaram consideravelmente o nosso saber neste campo. Um passo importante se tinha dado, quando se constatára que a fibra nervosa, ou pelo menos a sua parte essencial, a que occupa o eixo, é apenas o prolonga-



mento, que pode attingir dimensões consideráveis, da cellula nêrvosa. Esta torna-se portanto o elemento essencial; além do seu *cylindroeixo*, a cellula nervosa apresenta ramificações muito numerosas. Qual é o modo de communição das cellulas entre umas e outras? Para uns, as cellulas nervosas confundem numa rêde, quer os seus prolongamentos protoplasmáticos, quer as ramificações dos seus cylindros-eixos; outros negam a existencia d'uma rêde e esforçam-se por estabelecer a doutrina dos *neurones*, isto é, das cellulas nervosas individualizadas, cujos prolongamentos entram em contacto, apenas pelas suas extremidades: a discussão continua ainda entre as duas maneiras de ver. Notemos que nos estudos d'esta especie, a technica desempenha um papel essencial, permitindo outros reagentes que se vejam elementos que até agora se não tinham descoberto. O emprego de processos como o de Golgi, de chromato de prata, ou o de Ehrlich, de azul de methylena, foram a origem de descobertas importantissimas. Outra questão de grande importancia, ainda não resolvida, é a da não-regeneração das cellulas nervosas destruidas. Todavia é muito provavel que o tecido nervoso seja um tecido d'elementos perpetuos, incapaz de multiplicação e de regeneração; d'este modo, o tecido nobre por excellencia, não poderia reformar-se, o que seria um resul-

tado de consequencias importantes para o mecanismo da senilidade.

Neste tão vasto campo da physiologia, em que apenas posso lançar rapidos olhares para o caminho que sigo, notarei simplesmente a invasão dos instrumentos de physica e chimica nos laboratorios de physiologia; existe hoje uma physica dos nervos, dos musculos e dos órgãos dos sentidos, uma mecanica do esqueleto, da circulação e da respiração, devida principalmente aos trabalhos tão bellos e tão exactos de Mr. Marey.

## II

### **A materia viva e as theorias physico-chimicas**

Os trabalhos precedentes dizem respeito sobretudo a um órgão tomado no seu conjunto num certo animal, concernindo portanto á vida de conjunto das cellulas que o compõem, o que constituiu o primeiro objecto da physiologia classica. Mas ha muito tempo que outra tendencia se manifestou em physiologia. Procurou-se criar uma physiologia cellular, estudando as propriedades physiologicas da cellula. Trata-se das propriedades da vida para os seres unicellulares; para os seres pluricellulares,



ás propriedades elementares das cellulas que os compõem temos que juntar as acções das cellulas umas sobre as outras, pois que um ser vivo não é mais que uma juxtaposição de cellulas. Segundo Claude Bernard, o carácter mais geral por que se reconhece um ser vivo é a troca que elle estabelece com o seu meio. Com effeito, todos os caracteres da materia viva, o seu equilibrio movel, o seu organismo chimico e anatomico, são hoje considerados pela grande maioria dos biologistas, como propriedades secundarias em relação á *nutrição*, que é o attributo essencial da vida. A natureza das trocas entre o ser vivo e o seu meio, isto é, a physiologia da nutrição, tem sido objecto de trabalhos consideraveis, de que se encontra um interessante estudo critico no livro de Dastre sobre *a Vida e a Morte* <sup>1</sup>. Ali se vê bem, quanto o assumpto se presta á discussão. Os physiologistas sobretudo, não são unanimes sobre a questão da renovação da substancia realmente viva; no entanto manifesta-se tendencia para admitir que num orgão no estado adulto, o protoplasma vital se destroe pouco, como já o dizia em 1881, Mr. Armand Gautier. Mr. Chauveau comparou o gasto d'uma cellula viva, pelo menos nos musculos, ao dos orgãos d'uma machina a vapor, que só se alteram com

---

<sup>1</sup> A publicar brevemente nesta Bibliotheca.

uma grande lentidão. A maior parte dos alimentos, depois da sua elaboração pela materia viva, formam as reservas, como a glycogenia, as gorduras, etc.

Podíamos falar neste momento de fermentações, lembrando que Claude Bernard via na vida uma fermentação. As fermentações desempenham no mecanismo vital o principal papel, sendo uma ideia hoje corrente, que a vida está sob a dependencia d'um conjunto de fermentações que se produzem nas cellulas e nos plasmas do ser vivo. Começa-se a entrar um pouco no detalhe de certos actos de fermentação; falaremos d'isso em chimica biologica.

Disse mais acima, que para a maioria dos biologistas, os phenomenos vitaes, ligam aos phenomenos physico-chimicos. As doutrinas vitalistas, mesmo muito atenuadas, tornam-se com effeito, cada vez menos fecundas, sendo muito difficil, ao que parece, sustentar uma *ideia directriz*, que não pode entrar em equação alguma e não pode por consequencia servir para qualquer previsão. Mas é preciso não julgar que as coisas se tornaram muito claras e muito faceis, porque nos collocámos sob o ponto de vista physico-chimico. Teve que se reconhecer pouco a pouco, que as partes da physico-chimica menos estudadas é que são destinadas a fornecer em biologia, as explicações mais importantes. Certos resultados são



surprehendentes, como por exemplo o papel da osmose nos phenomenos physiologicos, sobretudo no crescimento das plantas, ou ainda na funcção dos globulos vermelhos do sangue, que se reconheceu estar em estreita relação com a pressão osmotica do liquido que os banha. Mas quando se pretende entrar na mecanica da cellula, encontramos-nos em presença dos elementos do protoplasma, isto é, de corpos da natureza dos *colloides*, cujo estudo, ainda que começado ha muito tempo por Graham, só recentemente foi continuado, aproveitando-se os recursos da technica moderna.

A biologia foi verdadeiramente um excitante para a physico-chimica; sem falar de novo na energetica, que foi primeiro biologica com Roberto Mayer, vimos a theoria das *soluções verdadeiras* desenvolver-se em seguida ás observações de Pfeffer; e agora os physico-chimicos são incitados por problemas physiologicos a estudar as *soluções colloidaes*. Parece que verdadeiras *theorias da vida* se não poderão estabelecer, se lá se puder chegar, emquanto o estudo dos *colloides* não tiver realizado mais progressos; de resto, ha motivo para esperar que, succeda o que succeder, a biologia tirará muito proveito d'estes progressos. Os *colloides* attrahem tanto mais a attenção, quanto parecem uma imagem da natureza viva; estão como esta numa evolução constante, que não tende a fi-

xá-los num estado duradoiro. Pode-se considerar como muito provavel que a electrização de contacto desempenha um papel importante nos movimentos dos colloides; é esta pelo menos a opinião de varios autores e discutida por Mr. Jean Perrin, na sua recente memoria sobre a osmose electrica. Particularmente, certas divisões observadas no desenvolvimento da cellula e de que teremos de falar no capitulo seguinte, terão talvez uma explicação, pelo menos parcial, na electrização á superficie de contacto dos granulos protoplasmaticos com o meio aquoso; as tensões superficiaes variam com a acidez d'este meio e o augmento da superficie tende á deslocação dos granulos. Ha motivo para contar, a fim de dar a estas concepções uma base experimental, com a visão ultramicroscopica, de que já falámos; graças a ella, puderam-se observar granulos nas soluções colloidaes.

Ainda mesmo que o futuro mostrasse que é preciso não alimentar tantas esperanças suscitadas por comparações talvez precipitadas, o desejo d'explicações physicas dos phenomenos vitaes, não terá deixado de provocar um movimento experimental muito importante, nas partes da physico-chimica, que até agora se tinham conservado bastante obscuras. Em questões de tanta complicação, é necessario proceder com prudencia, e desconfiar dos investi-



gadores muito simplistas, que se maravilham deante d'uma emulsão em que apparecem especies de cellulas, julgando terem realizado uma synthese da materia viva. E' d'este modo que os movimentos espontaneos manifestados por estas emulsões e devidos a mudanças locais da tensão superficial, apresentam um mecanismo completamente differente do das amibas, ao qual se tentára compará-las. Poderiamos repetir o que dissemos em geral das theorias. Neste campo mais do que em nenhum outro, se poderia falar de *imagens*; e é preciso não nos deixarmos enganar por schemas simplificados, com os quaes se desejaria representar o sêr vivo, que durante um certo tempo podem prestar serviços á sciencia, mas que podem tambem depois retardar-lhe o progresso. A cadeia das approximações será longa em assumptos tão arduos.

### III

#### **A chimica biologica**

A chimica biologica tornou-se em nossos dias uma sciencia especial, com os seus cursos e os seus laboratorios; tem por objecto o estudo dos phenomenos chimicos da vida. Na chimica dos seres vivos, os métodos não po-

dem ser diferentes dos da chimica mineral e organica; mas os problemas são ainda mais delicados. Uma questão interessante é a do conhecimento da composição immediata dos animaes e das plantas. Numerosos principios immediatos se descobriram, pondo em evidencia importantes relações; fazem-se esforços para acompanhar a sua synthese e a sua destruição nos organismos. Como é que com agua, acido carbonico e saes mineraes, por exemplo, se podem formar combinações complexas, como os hydratos de carbone, os assucares, o amido, a albumina? Ainda está por dar a resposta a estas perguntas; mas em todo o caso tem-se obtido resultados consideraveis, que teem modificado em muitos pontos as ideias que se tinham. Em especial, devemos mencionar a formação dos hydratos de carbone na acção chlorophiliana, que seria muito mais complexa do que se julgava, pela formação do aldehydo methylico, que dá por polymerização os hydratos de carbone. E' inutil insistir no interesse que ha em seguir as evoluções da materia nos corpos vivos e em estudar ao mesmo tempo as energias postas em acção nestas transformações. Com estes problemas, encontramos-nos na grande corrente d'ideias, que tão fecunda foi em physica e em chimica, comprehendendo-se então que se possa falar em biochimica.



Com Pasteur e os seus primeiros discipulos, a chimica biologica occupava-se sobretudo das fermentações. A sua importancia no mecanismo vital apparece-nos cada vez maior, mas os pontos de vista alargaram-se. Primeiramente constatou-se que a fermentação não é attributo exclusivo de certos seres organizados, e que qualquer cellula é susceptivel, em condições convenientes, de produzir fermentações; é assim que, como o observou Lechartier, fructos maduros postos ao abrigo do ar, numa atmosphera d'acido carbonico, fornecem alcool, á custa do seu assucar, tendo esta observação sido generalizada por Mr. Muntz. Os estudos sobre as fermentações evolucionaram num sentido propriamente chimico, quando se descobriram os fermentos soluveis, chamados *diastases* ou *enzymes*, que são os agentes chimicos dos phenomenos de fermentação. Um dos conhecidos ha mais tempo, é a *invertine* de Berthelot, que transforma o assucar de canna em glucose e levulose; é um fermento hydrolizante e que se desdobra, não começando a fermentação alcoolica do assucar de canna, senão depois do desdobraimento. As diastases encontram-se muito espalhadas nos organismos animaes e vegetaes. São elaboradas pelas cellulas; nesta ordem d'ideias, uma descoberta memoravel foi feita em 1897 por Mr. Büchner: a da diastase alcoolica. Esta não se exsuda por si propria da

cellula de levedura de cerveja, não tendo sido possível obter a extracção senão por meio d'uma forte compressão e por meio d'uma technica complicada. Se na diastase assim obtida se mete assucar em pó, obtem-se acido carbonico e distillando encontra-se alcohol. A diastase alcoolica é susceptivel de resistir a uma temperatura de cento e vinte graus, facto excepcional, pois que as outras diastases perdem toda a força a uma temperatura de cerca de cem graus.

Fermentos da mesmas especie, mas provocando oxydações, foram descobertos no suco de certas plantas por Mr. G. Bertrand, que criou d'este modo um novo capitolo da physiologia cellular; pôs em evidencia uma *oxydase* no latex da lacca da China, isto é, no suco leitoso da arvore da lacca, empregado na Asia oriental, para envernizar os moveis. No latex, a *laccase* oxyda o *laccol*; e pode oxydar outros phenoes, especialmente o *hydroquinone*. Diversas diastases oxydantes foram depois encontradas por Mr. Bourquelot, Mr. Doucaux e outros chimicos.

A composição chimica das diastases está longe de ser conhecida, sendo por assim dizer impossiveis ainda, a sua analyse e a sua preparacção no estado puro. Alguns factos de grande importancia foram todavia notados. Na *laccase*, Mr. G. Bertrand notou o papel preponderante



do manganés, sendo o poder oxydante d'uma *laccose* variavel como a sua quantidade de manganés. Em seguida a estes estudos, Mr. Bertrand foi levado a pensar que existe num grande numero de substancias diastasicas, senão em todas, uma substancia activa primacial, que basta, em rigor, para produzir a acção considerada (o manganés no caso da *laccase*) e uma segunda que augmenta a sua velocidade de reacção (no mesmo caso, a substancia organica da *laccase*, alteravel pelo calor).

O exemplo precedente sobre a importancia d'um elemento mineral não é unico; cada diastase possui a sua mineralização propria; e perdida a sua mineralização, a substancia fica inactiva. Assim a *lipase*, fermento das materias gordas, perde as suas propriedades, se se lhe tira o seu mineral que é o sodio.

Entre as plantas, os cogumelos mostram-se ricos em diastases diversas. Não só se pôs em evidencia um ou outro fermento nos orgãos das plantas, mas Mr. Guignard chegou, em alguns d'elles, como a *myrosina* e a *emulsina*, a determinar com precisão, ajudando-se de reacções microchimicas, a sua localização em cellulas especiaes, o que permitiu em seguida a certos observadores, reconhecer a séde da maior parte dos alcaloides, tirados das plantas por processos chimicos.

Quaes são os modos d'acção das diastases?

Teem-nas comparado ás acções catalyticas. Seria preciso estabelecer muitas distincções. Certas fermentações constituem reacções irreversiveis. Neste caso, como Berthelot o notára ha muito tempo, os fermentos não fornecem energia ás substancias que elles transformam; desempenham o papel d'excitantes para as reacções irreversiveis, produzindo-se em elementos de equilibrio pouco estavel. Pode comparar-se esta acção, á acção decomponente energica que possui a platina no estado colloidal sobre a agua oxigenada, como o mostrou Bredig; esta platina seria de certo modo, um fermento inorganico, cuja acção, coisa muito curiosa, é paralyzada por certos venenos, como o hydrogenio sulfurado. As acções são illimitadas; e o agente da transformação encontra-se no fim da reacção nas mesmas condições que no começo. Ha tambem fermentações comum character reversivel. O primeiro exemplo d'esta diastase foi dado por Croft Hill com a *maltase*, que ora hydroliza a *maltose* transformando-a em glycose, ora deshydrata esta, tornando-a ao estado de *maltose*. Para estes fermentos soluveis, a acção é entravada pelos productos da reacção; d'onde resultam phenomenos reversiveis d'equilibrio. Pode succeder de resto, que o catalysador se encontre no fim da reacção sob a sua fórma primitiva. Então o equilibrio não pode ser modificado pela presença



do catalysador; é um ponto este, que algumas vezes tem sido negado, mas a que os trabalhos de Gibbs e de Le Châtelier tiram toda a duvida. O catalysador influe nas velocidades das reacções contrarias, cuja egualdade produz o equilibrio: nestes ultimos tempos, o estudo das velocidades das reacções diastasicas constituiu o objecto dos trabalhos de Victor Henri.

Vê-se bem, pelo que precede, o enorme campo que a chimica dos *enzymes* tem a explorar e no qual a chimica organica synthetica encontrará sem duvida abundantes materiaes. Mas não podemos insistir mais no assumpto; o nosso fim unico é mostrar, com alguns exemplos, os novos caminhos por onde marcha a chimica dos seres vivos, chimica de tal modo complicada, que se julgou durante muito tempo, que ella era differente da chimica a que se estava habituado. E só falei nas *diastases*; e eis que nos apparecem as *antidiastases*, oppondo-se áquellas como, por exemplo, a antidiastase impedindo a acção da coalheira no leite. Neste campo pomo-nos em contacto com as toxinas e as antitoxinas, de que diremos algumas palavras no ultimo capitulo d'este volume.

## CAPITULO VIII

### Botanica e Zoologia

I. *A Botanica geral.*—II. *Os organismos inferiores e as applicações agronomicas.*—III. *A Zoologia e as ideias de evolução em biologia.*—IV. *As doutrinas transformistas.*—V. *A distribuição dos seres vivos e a Paleontologia.*

---

#### I

### **A Botanica geral**

Os seres vivos estão divididos em vegetaes e animaes: a classificação apparece-nos naturalmente; mas a distincção entre elles está longe de ser tão nitida, como durante muito tempo se julgou. Entre os vegetaes e os animaes ha phenomenos intermediarios que participam das propriedades de uns e outros, de tal modo que existe como que um tronco commum servindo de base ao reino vegetal e animal. Alem d'isso, a attenção dos biologistas applicou-se especialmente á cellula, que apparece como a unidade da materia viva, unidade provisoria sem duvida alguma, pois que ella propria é um elemento



extremamente complexo, cuja complicação se apresenta cada vez maior, á medida que se empregam apparatus mais perfeitos d'observação e se obteem resultados de mais precisão na analyse.

O estudo da cellula vegetal encontrava-se em atraso em relação ao da cellula animal, depois de ter precedido este. Mas importantes trabalhos vieram, nos ultimos quinze annos, preencher a lacuna; são relativos ás communições protoplasmicas, ás *centrosomes*, ao nucleo, á membrana cellula. Tornando mais extenso o que Thuret e Mr. Bornet tinham constatado em tempos nas *florideas* (plantas da classe das algas) poudese reconhecer que, em muitos casos, as pontuações das membranas cellulares dão passagem a fios protoplasmicos muito tennes, estabelecendo communições directas entre as cellulas. Isto é um resultado importante, porque mostra de novo que o corpo da planta não é simplesmente um agregado de cellulas mais ou menos diferenciadas, mas um verdadeiro conjunto vivo.

Alem do protoplasma, a cellula encerra em geral um nucleo. Ao lado d'este nucleo, corpos especiaes tinham sido observados a principio nas cellulas animaes por Strassburger, van Beneden e outros naturalistas e designados pelo nome de *centrosomes*, e que pareciam desempenhar o papel de centro dinamico da

cellula. Mr. Guignard annunciou em 1891, a sua existencia nas plantas. E' principalmente nas thallophytas, que as *centrosomes* se observaram com mais facilidade, tendo sido tambem encontrados nas algas e nos fetos. Os caracteres morphologicos d'estes elementos são muito variaveis, d'onde resultaram discussões de que elles teem sido objecto nas plantas superiores, nas quaes, todavia, os factos observados levam tambem a admitir que existem, na occasião da divisão do nucleo, centros cineticos, cujo papel é analogo ao das *centrosomes* mais diferenciados.

O papel do nucleo é capital na vida da cellula e nos phenomenos da fecundação. A presença d'este corpo demonstrou-se em todos os grupos de vegetaes, com excepção das bacterias. Deve-se a Mr. Strassburger e sobretudo a Mr. Guignard o terem posto em evidencia a parecença frisante que existe nos phenomenos da divisão do nucleo, tanto nos animaes como nas plantas: estes sabios constataram que, na mesma especie, os nucleos dos tecidos vegetaes differem, num character importante, dos nucleos das cellulas reproductoras. Esta differença diz respeito ao numero dos elementos chromaticos ou *chromosomes*, durante a divisão indirecta ou karyokinese; no nucleo das cellulas sexuaes, este numero é de metade do numero observado nos nucleos vegetativos. Alem d'isso,



o numero de *chromosomes*, que pode variar nos nucleos vegetativos, é notavelmente fixo nos seus órgãos sexuaes, facto este provavelmente em relação com a transmissão das propriedades hereditarias. Alem d'isso, este numero é identico no nucleo macho e no nucleo femea, que se unem para formar o embrião. A redução numerica do numero das *chromosomes* nas cellulas sexuaes apparece como necessaria, para que este numero se não torne duplo a cada vegetação.

Descobertas importantes se teem feito egualmente com o estudo dos órgãos reproductores nos vegetaes. O modo de transporte do elemento macho para o elemento femea, que elle deve fecundar, permitira ha muito tempo estabelecer uma differença profunda entre as phanerogamicas e as cryptogamicas. Nas cryptogamicas não pode haver ligação senão por intermedio da agua, sendo os gametos machos ou antherosoides providos de movimentos, graças aos quaes vão juntar-se ao gameto femea ou oosphera. Nas phanerogamicas, pelo contrario, o grão do pollen forma um tubo mais ou menos longo, que penetra nos tecidos e que permite ao gameto macho pôr-se em contacto com o gameto femea. Esta distincção classica deve ser abandonada: em 1897, a existencia d'antherosoides foi demonstrada quasi simultaneamente, em diversas phanerogamicas

gymnospermicas, sobretudo por Mr. Ikeno, numa cycadacea, e por Mr. Hirase, numa conifera, o *gingko*. Nestas plantas, o grão do pollen desenvolve, como nas outras phanerogamicas, um tubo pollinico, mas que não attinge o sacco embrionario; no seu interior originam-se dois antherosoides, que depois se escapam. Podemos portanto ver nestes casos typos de transição entre as cryptogamicas superiores e as outras gymnospermicas desprovidas d'antherosoides. Esta descoberta é tanto mais interessante, quanto as cycadaceas actuaes e o unico genero *gingko* são os representantes de fórmulas numerosas do periodo mesozoico, que appareceram com as outras gymnospermicas ainda vivas.

Uma descoberta não menos importante é devida aos recentes trabalhos de Mr. Guignard e Mr. Nawaschine. Estes dois observadores mostraram independentemente um do outro, que nas angiospermicas, o ovulo não é apenas, como até agora se julgára, a séde d'uma unica fecundação, dando nascimento ao embrião que constitue a parte essencial da semente: uma segunda fecundação se realiza ao mesmo tempo que a primeira e tem por consequencia a formação do albumen destinado á alimentação do embrião. Os dois elementos machos, conduzidos até ao ovulo pelo tubo pollinico, tem cada um papel determinado: um d'elles



une-se ao nucleo da oosphaera, o outro ao nucleo secundario. Estas duas copulas originam por um lado o embrião, organismo definitivo encarregado de perpetuar a especie; por outro o albumen, tecido transitorio destinado á nutrição do embrião. De resto, estas duas copulas não são muito semelhantes entre si; os caracteres da sexualidade, sob o ponto de vista da reducção do numero das *chromosomes*, não existem senão na que dá nascimento ao embrião, como resulta das observações de Mr. Guignard. A dupla fecundação permite comprehender outros factos que tinham ficado sem explicação nos hybridos; comprehende-se agora que a hybridéz pode applicar-se tanto ao albumen como ao embrião. Como o fez notar Mr. H. de Vries, que estudou especialmente os hybridos do milho: "As experiencias sobre a influencia do pollen no crescimento encontram a explicação, que se procurou em vão durante mais d'um seculo, na notavel descoberta da fecundação dupla, feita por Mr. Nawaschine e Mr. Guignard."

A anatomia dos tecidos e dos órgãos deu logar a numerosos trabalhos, entre os quaes devemos citar os estudos de Mr. van Tieghem sobre as raizes. Trouxe tambem para a botanica systematica um auxilio dos mais importantes; foi assim que Mr. van Tieghem fez a revisão da classificação d'um grande numero de familias e mostrou quão insufficientes eram

muitas vezes os caracteres que tinham servido para os estabelecer, tentando o illustre botanico neste momento estabelecer uma classificação baseada na consideração do ovo das plantas. Em anatomia experimental, a acção do meio sobre a estructura das plantas e as adaptações que estas podem apresentar nas diversas condições de vegetação, preoccuparam um grande numero d'observadores. A influencia do clima dos Alpes, em especial, foi estudada por Mr. Bonnier, graças a culturas comparadas em altitudes differentes, com o fim de procurar não só de que maneira o meio exterior modifica as diversas funcções, mas de que modo a propria estructura e a fórma são influenciadas. Mr. Bonnier constatou tambem que a luz electrica permite que se obtenham os mesmos effeitos da luz solar; poude então, com a luz electrica continua, realizar condições bastante semelhantes ás das regiões arcticas e obter na estructura das plantas os mesmos caracteres que os que se observam naturalmente nas regiões polares.

Não temos que tornar a falar nos progressos feitos no conhecimento das diastases, de que falámos sufficientemente a proposito da chimica biologica. Os resultados obtidos no estudo da chlorophylla, não parecem ainda definitivos. A redução do acido carbonico effectuando-se nas folhas por intermedio da



chlorophylla, é uma operação endothermica, necessitando a intervenção d'uma energia exterior, que é, como se sabe, a energia solar. As diversas radiações do espectro não são igualmente efficazes neste campo; as *bandes* d'absorção d'uma solução alcoolica de chlorophylla deram a conhecer a posição no espectro das radiações activas na assimilação chlorophylliana; mas a questão está longe de resolvida. Ha de resto varias chlorophyllas como o mostram Mr. Gautier e Mr. Etard, mesmo numa só planta, podendo ser que esta constatação dêse a conhecer a formação de principios immediatos differentes, realizando-se nas folhas. Acrescentemos que existem certos animaes que contem grãos de chlorophylla; para alguns trata-se d'uma symbiose com uma alga unicelular; para outros, como certos infusorios, a chlorophylla acha-se incorporada no proprio protoplasma.

Alludimos no capitulo precedente, ao mecanismo possivel da synthese dos hydratos de carbone nas folhas, tal como foi considerado por Baeyer: tratar-se-ia d'uma polymerização com perda d'agua, do aldehydo formico, formado pela união directa do carbone e da agua. Uma prova pelo menos theorica, d'este facto, é-nos dada pelos trabalhos de Fischer, que obteve syntheticamente certos assucares com o aldehydo formico.

A penetração e a saída dos gazes sobre os quaes a planta exerce a sua acção ou que são produzidos por ella, foram esclarecidas por um certo numero d'autores, sobretudo por Mr. Mangin, que demonstrou o papel preponderante desempenhado pelos estomatos. Os trabalhos de Mr. Bonnier e Mr. Mangin haviam estabelecido que na acção chlorophylliana, isolada da respiração, a emanação de oxigenio excede sempre um quinto pelo menos o volume do que encerra o gaz carbonico decomposto. Este resultado, confirmado pelos trabalhos de Mr. Schlœsing filho, levava a procurar na redução dos nitratos, posta em evidencia por Schimper e outros autores, a causa do oxigenio exhalado pelos organismos verdes, submetidos á influencia da luz. Não ha duvida que a assimilação do azote mineral é facilitada pelas radiações luminosas. Todavia, existe uma differença entre a assimilação do carbone e a dos nitratos na natureza das radiações efficazes, pois que para este ultimo phenomeno, são sobretudo as irradiações violetes e ultra-violetes que interveem. Quanto ao mecanismo intimo da assimilação dos compostos azotados, é ainda pouco conhecido. Mas parece que se devam distinguir duas phases: a formação das substancias azotadas não-proteicas (amidos, ammoniaco) e em seguida a formação das materias albuminoides com a ajuda das



compostas precedentes. Segundo as theorias de Armand Gautier, confirmadas pelos trabalhos de Treub, o acido cyanhydrico parece ser um dos productos provisorios da synthese das materias azotadas.

Seja como fôr, a funcção chlorophylliana, considerada unicamente por Boussingault como a causa da fixação do carbone, deve ser interpretada num sentido mais lato, como a funcção que preside á synthese dos hydratos de carbone e das materias azotadas.

Sob o ponto de vista da nutrição carbonada, entendeu-se durante muito tempo, que havia uma opposição completa entre as plantas verdes e os vegetaes sem chlorophylla, visto provir do gaz carbonico a totalidade do carbone assimilado pelas primeiras, enquanto que as segundas utilizam exclusivamente as materias organicas. Isto era um erro; sabe-se hoje que as plantas verdes tem a possibilidade de utilizar a alimentação organica.

Ainda que aparentemente muito especial, a questão da enxertia vegetal relaciona-se com as questões mais elevadas da philosophia biologica. Um dos resultados mais notaveis de experiencias recentemente realizadas por Vöchting, consiste em que toda a cellula possui uma polaridade, quer dizer que tem um alto e um baixo, um lado esquerdo e um lado direito, que differem entre si, quanto á facilidade com

que podem soldar-se. A união normal só se realiza bem entre a face superior d'uma cellula e a parte inferior da outra, entre a metade direita e a metade esquerda. Sob outro ponto de vista, Mr. Daniel estudou as relações e a influencia reciproca do sujeito e do enxerto; mostrou que a opinião geral, segundo a qual a influencia do sujeito sobre o enxerto seria nulla, o que permite reproduzir e conservar pela enxertia uma grande quantidade de variedades uteis, não deve ser accete num sentido absoluto. Se com effeito, esta influencia só raramente d'um modo directo se manifesta, pode fazer-se sentir de maneira indirecta na descendencia da planta enxertada. As sementes que esta dá são capazes ás vezes de produzir plantas com caracteres novos, sendo estes transmissiveis por hereditariedade. O enxerto parece pois poder ser empregado em certos casos, para se obterem variedades ou raças novas.

## II

### **Os organismos inferiores e as applicações agronomicas**

O estudo das plantas e dos animaes inferiores tomou um desenvolvimento consideravel, quando se comprehendeu que se podia ali encontrar a explicação de muitos factos, procurada



debalde nos seres d'organização superior. O interesse por estes estudos tornou-se ainda maior, quando os trabalhos de Pasteur mostraram o immenso papel desempenhado por certos organismos inferiores. E' d'este modo que os cogumelos são actualmente objecto de grande numero de trabalhos. Esta classe de plantas apresenta de resto, sob o ponto de vista physiologico, uma particularidade interessante: a maior parte dos cogumelos parecem-se com os animaes no mecanismo intimo da sua nutrição e tambem não podem utilizar directamente a energia solar; vivem por consequencia, á custa do carbone organico do solo ou do meio em que assentam; são parasitas ou saprophytas.

O estudo dos cogumelos chama a attenção para um dos mais altos problemas de biologia, quer dizer, do problema da especie. Se a histologia forneceu o meio de melhor circunscrever esta ramificação e d'operar muitas correcções nas classificações, os dados immediatos da observação conservaram-se em muitos casos insufficientes, porque só diziam respeito a fructificações imperfeitas. Foi preciso entrar cada vez mais no estudo das culturas, partindo de sementes puras. Mas comprehendeu-se que a questão do terreno é mais complexa que a da semente. Emquanto que as phanerogamicas teem uma evolução fixa e desenvolvem os seus

orgãos numa ordem de successão regular, desde que encontram um terreno favoravel, os cogumelos pelo contrario, produzem em meios diferentes, fórmãs vegetativas variadas e fructificações polymorphas, cuja apparição está á mercê do acaso da presença dos meios que lhes são favoraveis. O optimo, tal como o concebera e realizára Raulin, não convem senão á manifestação d'uma parte das propriedades d'uma especie; o optimo varia, em uma mesma especie, segundo a particularidade considerada, como o peso da colheita, a actividade da fermentação, a formação d'um orgão reproductor. Por outro lado, as classificações puramente morphologicas podem ser insufficientes. Trabalhos recentes puseram em evidencia, em certos casos, differenças novas mais faceis de constatar que as differenças morphologicas. Especies ainda confundidas pela analyse morphologica, separam-se no terreno biologico. Assim certos uredineos *heteroicos* vivem á custa da mesma planta, sobre a qual se não podem distinguir, separando-se quando escolhem outra planta. Comprehende-se quantas difficuldades pode haver em estabelecer o limite entre duas especies irmãs e simples raças ethologicas.

Todos estes estudos não teem apenas interesse theorico; tiveram importantes consequencias praticas. A industria das fermentações foi completamente transformada, graças ao estudo



biologico das leveduras e outros cogumelos e aos progressos da chimica dos fermentos d'estes vegetaes. Falaremos mais adiante das doencas do homem e dos animaes produzidas pelos bacillos que pertencem na maior parte ao grupo dos cogumelos.

O estudo das doencas das plantas tomou tambem um grande impulso, e nos tratados sobre este assumpto, como o de Mr. Prillieux, os cogumelos adquirem cada vez mais um logar predominante; os cogumelos parasitas são objecto de estudos biologicos que permitem aos praticos a realização d'uma prophylaxia racional. Por outro lado desempenham por vezes um papel inesperado; e recentemente, Mr. Noël Bernard descobriu que a germinação das orchideas exige a presença d'um cogumelo parasita.

A fecundação é indubitavel em certos cogumelos inferiores, mas os cogumelos superiores, ascomycetes ou basidiomycetes, eram considerados como desprovidos de sexualidade. Mr. Dangeard acaba de estabelecer, entre estes cogumelos, a existencia d'uma *kariogamia* intracellular, que constitue na sua opinião, a reprodução sexual procurada ha tanto tempo nos cogumelos superiores.

A historia das algas é tambem de grande interesse; a sua enorme variedade d'organização forneceu aos histologistas e aos physiologistas inapreciaveis materiaes de estudos. Os

de Thuret e Pringsheim, depois os de Bary, Bornet e Cohn, são ha muito tempo considerados classicos. Mais recentemente assignalaram-se factos muitissimo interessantes, sob o ponto de vista da physiologia geral da reprodução e estabeleceu-se que a alternção das gerações, longe de ser invariavel em certas algas, é determinada pelas condições exteriores. Constatou-se egualmente que em certas algas, a penetração reciproca dos nucleos macho e femea se realiza por vezes com extrema lentidão, pois que a fusão dos nucleos sexuados só se faz depois d'um descanso d'uns poucos de mezes, na occasião em que o ovo em repouso vae germinar.

O polymorphismo foi objecto de numerosos estudos, principalmente de Mr. Sauvageau. Em differentes grupos d'algas, como nas bacterias, a planta é capaz de se adaptar, numa certa medida e rapidamente, ás condições variaveis do meio physico-chimico em que vive; mas até agora, este polymorphismo tem sempre apparecido limitado; e se a noção d'especie se alargou, não se modificou todavia profundamente. Lembremos ainda as symbioses entre algas e animaes, tanto mais que os phenomenos de parasitismo adquirem actualmente uma importancia consideravel em biologia geral.

As sciencias agronomicas são uma applicação da botanica; neste campo, fizeram-se des-



cobertas de grande interesse nos ultimos vinte annos. Mr. Schlœsing e Mr. Müntz, descobrindo o fermento nitrico, fizeram ver, ha vinte annos, que a nutrição vegetal está em relação estreita com alguns dos microorganismos que vivem nas profundezas do solo; mas estava-se então longe de pensar que a união da planta com a bacteria, pode, em certas especies, transformar-se numa verdadeira symbiose proveitosa para a vegetação. E' que com effeito a vida do fermento conserva-se independente; dividindo a tarefa com a sua congénere, o fermento nitroso desenvolve-se tão bem nos solos nus, como nos terrenos cultivados. Mr. Winogradsky viu-o reproduzir-se em meios de natureza exclusivamente mineral, o que mostra que elle possui como as plantas de chlorophylla, o poder d'assimilar o carbone do acido carbonico livre ou dos carbonatos, embora seja incolor. De facto aquelle fermento utiliza para isso a energia posta em acção pelas reacções parallelas exothermicas, que elle é capaz de fazer agir.

Berthelot tinha reconhecido em 1886 que a associação de certos organismos aerobios com as plantas de grande cultura, é favoravel a estas, ao mesmo tempo que é vantajosa ao solo onde ellas vivem: só com a influencia apparente do tempo, o solo enriqueceu-se pouco a pouco em azote e tanto mais quanto mais activa é a vegetação que elle alimenta. O ga-

nho já se torna sensível para a terra nua, podendo attingir centenas de kilogrammas por hectare e por anno, para uma cultura de leguminosas, como por exemplo, a luzerna; cessa finalmente de se produzir, quando a terra se esterilizou por um aquecimento previo de cento e dez graus.

Estes resultados inesperados chamavam mais uma vez a attenção para a grande questão da fixação do azote gazoso, affirmada em 1849 por Georges Ville. A discussão levantada terminou com as experiencias de Mr. Hellriegel e Mr. Wilfarth, que deram a conhecer o mecanismo por meio do qual as leguminosas fixam o azote do ar. Estes dois sabios estabeleceram que as nodosidades das raizes das leguminosas são os orgãos necessarios d'esta fixação, que nunca se desenvolvem num meio biologicamente esteril e apparecem pelo contrario e seguramente, quando se semeia esse meio com uma pouca de terra vegetal carregada de germens microbianos.

Graças a estas nodosidades, as leguminosas podem desenvolver-se normalmente, mesmo com a ausencia de qualquer alimento azotado; os cereaes, que as não possuem, conservam-se insensíveis á sementeira e em caso nenhum contem mais azote que aquelle que o solo encerra.

Estabeleceu-se que as nodosidades das le-



guminosas são verdadeiros receptaculos d'uma bacteria polymorpha, o *Bacillus radicola*, que pode ser cultivado em caldo sem que perca a faculdade característica d'absorver o azote do ar e de determinar por sementeira a apparição de tuberculos nas raizes das leguminosas.

O melhoramento do solo pelas leguminosas é devido a que as plantas fixam directamente o azote do ar, de que uma parte fica na terra depois da colheita, sob a fórma de restos de toda a especie. O melhoramento dos prados naturaes, assim como a riqueza progressiva dos solos desnudados nos quaes o *Bacillus radicola* fica em repouso, deve ter outra origem; e é ainda a organismos inferiores que é preciso attribui-la. Dos trabalhos de Mr. Th. Schløesing e Mr. Laurent, resulta que em presença de certas especies microbianas ainda mal definidas as algas vulgares fixam tambem o ar atmosferico, a tal ponto que num solo pobre, a sua apparição influe favoravelmente nas colheitas das gramineas. Finalmente Mr. Winogradsky isolou da terra uma bacteria anaerobia, que num meio mal arejado, em contacto com outras especies aerobias, absorve o azote gazoso, sem o auxilio de vegetaes superiores.

Os ensinamentos que resultam d'estas descobertas são de primacial importancia para a agricultura. Mostram que para melhorar a terra não basta, como se julgava em tempos, dar-

lhe uma composição chimica conveniente pelo uso de adubos convenientemente escolhidos; que é necessario fazer d'ella um meio de cultura favoravel á evolução dos micobrios criadores ou modificadores da materia azotada. Mostram numa palavra que é necessario d'aqui por deante contar com os infinitamente pequenos e que a ausencia de micobrios na terra, lhe pode ser tão prejudicial como a falta d'agua, de sol ou de adubos.

### III

#### **A zoologia e as ideias d'evolução em biologia**

Em zoologia, assim como em botanica, os observadores continuam sem descanso, completando a lista dos animaes. As descobertas geographicas contribuíram para esta extensão dos nossos conhecimentos e a exploração das grandes profundidades oceanicas revelou a existencia de animaes até então ignorados.

Como ha pouco diziamos, para uma parte inteira da biologia, a distincção entre zoologia e botanica não tem applicação. Assim, os trabalhos sobre a divisão da cellula dizem respeito á historia geral; a differença que pode existir é que as investigações são mais facéis de fazer nos animaes do que nas plantas. Estes



bellos estudos são sobretudo morphologicos; se querendo aprofundar mais a questão, se inquirir qual a causa actual d'esta divisão, entramos num campo muito obscuro, em que é necessario desconfiarmos das explicações que assentam apenas em palavras.

Ha certamente uma acção do nucleo sobre o *cytoplasma*. Os estimulantes chimicos devem desempenhar um papel importante; mas suppondo mesmo que se possam pôr em evidencia diastases segregadas pelo nucleo, que explicação se encontraria da divisão e da differenciação cellulares? Já indicámos<sup>1</sup> que o estudo aprofundado das diastases e dos colloides poderá talvez trazer um dia alguma luz para estas questões, ou pelo menos suggerir alguma imagem util. Entretanto, pouco ou nada podemos saber do mecanismo intimo do desenvolvimento dos organismos. Por isso não nos devemos admirar que em algumas theorias zoologicas, o methodo seja differente do das theorias physico-chimicas. Este methodo tem um character comparativo e de certo modo historico. Veremos como elle actua na doutrina da evolução. A sua prática requer habitos d'espírito um pouco differentes dos que são familiares aos sabios dados ás sciencias já entradas numa phase mais mathematica e em que o estadio puramente

---

<sup>1</sup> Pag. 252.

prohibitivo por assim dizer, já ha muito que foi ultrapassado. Pode-se pensar que é um estado provisório, pois que a experimentação introduz-se constantemente em botanica e zoologia, tornando-se cada vez mais connexas as questões morphologicas e a experimentação physiologica praticada nas condições restrictas das sciencias phisicas.

Toda a biologia se encontra actualmente dominada pela ideia de *evolução*, ideia que é, de resto, um fermento poderoso noutros campos, como a philosophia, a historia, a sociologia. Dois problemas distinctos lhe estão ligados: primeiramente a questão da evolução d'um organismo individual, isto é do cyclo dos aspectos que elle apresenta desde a sua origem no ovo até á sua morte; e em segundo lugar, a historia no decorrer dos tempos, dos organismos tão complexos que encontramos no reino animal e no reino vegetal. Estes problemas são, segundo a expressão de Hæckel, a *ontogenia* e a *philogenia*.

A ontogenia ou embriogenia geral só é accessivel por um estudo scientifico directo. E' hoje uma parte da sciencia d'uma importancia capital; algumas das suas conclusões sobre o desenvolvimento dos seres vivos parecem constituir acquisições definitivas. A embriogenia da cellula, de que já falámos em botanica, tem uma grande parte comprehendida na embrio-



genia geral. As cellulas que constituem o corpo d'um metazoario cedo se dividem em cellulas somaticas e cellulas *gonadiales* destinadas á reproducção, distincção que se encontra em todos os animaes e vegetaes. A reducção *karyogamica*, d'uma importancia capital porque prepara a fecundação, constituiu em zoologia e em botanica, como dissemos, o objecto de grande numero de estudos concordantes; ha uma questão que está talvez ainda sem accordo; é a de se saber se esta reducção é apenas quantitativa ou se é ao mesmo tempo qualitativa, o que não deixa de ter importancia para certas theorias da hereditariedade.

No estudo da formação dos seres á custa do ovo fecundado, a theoria dos folhosos blastodermicos domina a morphologia pura. Pode-se ligar a concepção dos folhosos blastodermicos ao nome de Huxley, que tinha notado a similhaça geral de constituição de todos os metazoarios, e ao de Blainville, que já dizia nas suas lições: "L'homme est un tube digestif retourné". Os anatomistas tinham chegado á homologia dos folhosos nos diversos animaes; de resto tratava-se mais de analogias ainda hypotheticas, do que de verdadeiras homologias. Estas noções puderam precisar-se graças aos progressos da *cytologia*, tendo-se podido verificar a exactidão das ideias emitidas por Huxley e Blainville, depois dos aperfeiçoamentos introduzidos no microscopio.

Viu-se que em todos os seres cuja evolução se conservou simples e explicita, se produzia um desenvolvimento similar; é principalmente a Kowalesky que se deve o saber-se, segundo uma serie d'estudos sobre animaes de typo muito diverso, que por toda a parte se encontrava a mesma fórma embrionaria, designada desde 1872 por Hæckel pelo nome de *gastrula*: esta tem uma ectoderme, uma mesoderme e uma endoderme, e forma o primeiro estadio normal na differenciação. Innumerous trabalhos se effectuaram em toda a serie animal, sobre o desenvolvimento d'esta fórma primitiva.

A theoria da gastrula permite ver como os metazoarios se puderam constituir morphologicamente; esta theoria fornece uma base solida á anatomia comparada. Assim nos animaes superiores, a ectoderme do embrião torna-se o tegumento externo e tudo que d'elle deriva; a endoderme dá o tubo digestivo e seus annexos, assim como o pulmão; a mesoderme dá os musculos, os vasos, as membranas serosas. Algumas objecções se levantaram contra a theoria geral da gastrula. Uma das mais importantes foi tirada da embriogenia das esponjas, mas parece que não se trata senão d'uma questão d'interpretação sobre o valor dado á posição topographica dos folhosos.

O estudo aprofundado do desenvolvimento dos orgãos revelou factos extremamente curio-



sos. D'um modo geral, a linha d'evolução d'um typo organico é constante; mas ha casos em que isso não acontece. Na mesma especie variando o menos possivel no estado adulto, encontram-se por vezes fórmias embrionarias muito differentes umas das outras, quando se estuda o desenvolvimento do embrião em diversos pontos do *habitat* da especie considerada ou em meios differentes; são os casos que Mr. Giard, que os estudou particularmente, designa pelo nome de *pæcilogonia*. Assim, certos crustaceos, identicos no estado adulto, offerecem um desenvolvimento differente conforme vivem na agua doce ou na agua salgada. Todos estes factos d'evolução mais ou menos condensada, para os quaes Mr. Giard e Mr. Perrier chamaram particularmente a attenção, são dos mais importantes para a embriogenia comparada, ao mesmo tempo que fornecem uma prova da modificação pelas condições exteriores. Ligam-se tambem a outra particularidade não menos notavel, a progenesis, um caso em que a reproducção sexuada se faz d'uma maneira mais ou menos prematura e que torna mais comprehensíveis os phenomenos designados em tempos pelo nome de gerações alternantes. Muitos factos haveria ainda para citar, como por exemplo, os phenomenos de castração parasitaria, magistralmente estudados por Mr. Giard, provocada pelo apparecimento

no organismo d'um ser vivo, d'um parasita actuando directa on indirectamente sobre a funcção genital do seu hospedeiro.

A experimentação, dissemos mais acima, emprega-se cada vez mais em zoologia. D'um grande interesse são a este respeito as experiencias de Mr. Boveri e Mr. Delage sobre a fecundação *merogonica*, em que uma porção d'ovo sem nucleo se mostra susceptivel de ser fecundada. Mas devemos citar especialmente as experiencias tão curiosas de Mr. Lœb e dos que o seguiram sobre a parthenogenese. O eminente physiologista de San-Francisco foi o primeiro que mostrou em 1899 a possibilidade de fazer evolucionar ovos não fecundados de ouriços do mar, até estadios adiantados sob a influencia da excitação de soluções salinas, de tal modo que nestas celebres experiencias, a acção do espermatozoide é substituida pela de diversas soluções. As primeiras soluções empregadas eram soluções de chloreto de potassio e de chloreto de magnesio. Lœb tinha primeiramente pensado que só a pressão osmotica desempenha um papel no phenomeno, mas reconheceu depois a importancia do metal. Delage serviu-se do acido carbonico para produzir o desenvolvimento dos ovos virgens de *Asterias glacialis*; mergulhou-as, durante a expulsão dos globulos polares, em agua do mar carregada d'acido carbonico, fazendo parar assim a



maturação; depois tornou a collocar os ovos na agua do mar ordinaria e viu que o desenvolvimento começava regularmente e continuava até á metamorphose. É preciso ainda precisar bem o determinismo de todos estes phenomenos, sendo numerosas as interpretações. Giard insistiu na importancia da *anhydrobiose* (isto é, sobre o afrouxamento dos phenomenos vitaes sob a influencia da deshydratação progressiva) seguida d'uma hydratação durante a qual os phenomenos vitaes são intensificados, o que pode produzir então a parthenogenese. Em todas as experiencias até agora realizadas de parthenogenese artificial, os ovulos tratados não formam membrana e a larva possui uma vitalidade menor que no caso da fecundação por um espermatozoide; parece que nas experiencias mais recentes, Lœb deve ter chegado a resultados muito mais completos, mergulhando o ovo virgem numa solução marinha d'ether acetico, depois do tratamento por uma solução salina. Ter-se-ia então conseguido obter artificialmente condições equivalentes (embora não identicas na apparencia) ás que realiza a penetração do espermatozoide. Seja como fôr, as celebres experiencias começadas por Lœb e continuadas por um grande numero de biologistas, dão um novo impulso ás tentativas de theorias chimico-physicas da vida, procurando esclarecer o determinismo physico-

chimico d'um dos *mysterios* mais profundos que nos offerece a natureza viva, o da fecundação.

De resto, ha razão para pensar que as experiencias de Lœb se realizam por vezes na natureza; ha casos conhecidos de parthenogenese natural nos echinodermes, parecendo estes casos limitados a *habitats* onde as aguas estão carregadas de certos saes. Devemos ainda, comquanto se trate de animaes diferentes, ligar á ordem d'ideias suggeridas pelas experiencias de Lœb, investigações recentes sobre o cyclo evolutivo dos infusorios, e em especial sobre o paramécio. Depois d'um certo numero de gerações agamas scissiparas, os infusorios manifestam, como se sabe desde Maupas, uma degenerescencia e morrem se a conjugação não intervem. Ora pode-se obter o rejuvenescimento transportando durante algum tempo o paramécio envelhecido, para um meio conveniente, tendo este tratamento podido praticar-se varias vezes. Felizes paramécios para os quaes se poude encontrar uma agua de Juventa!

#### IV

##### **As doutrinas transformistas**

Se a *ontogenia* é accessivel a um estudo scientifico directo, o mesmo não acontece com a *phyllogenia*, pelo menos se o problema se estabele-



ceu em toda a sua generalidade. As observações dos zoologistas, completadas com os dados da paleontologia, demonstraram da maneira mais clara, a plasticidade d'um grande numero d'especies. Estas variações levaram a pensar que todas as especies actualmente vivas, proveem d'uma origem commum. Uma tal hypothese tomada na sua generalidade, não é evidentemente susceptivel d'uma verdadeira demonstração; desempenha na biologia moderna o papel de postulado e constitue uma theoria extremamente fecunda, que se tornou um admiravel instrumento de investigação e de trabalho. A theoria da descendencia, como todas as theorias verdadeiramente uteis, permite relacionar factos esparsos, dá a conhecer minucias de organização e de desenvolvimentos, permitindo mesmo descobrir outros novos. Proseguindo no objectivo provavelmente chimerico de estabelecer a arvore genealogica dos animaes e das plantas, o naturalista moderno, guiado pela ideia d'evolução, é levado a estudar a acção dos meios e a separar o que, no desenvolvimento, é devido a estes, do que provém d'herança d'antepassados desaparecidos.

A theoria transformista tem em seu favor o facto de não se poder conceber outra theoria que a substitua com utilidade. Na verdade poder-se-iam fazer as seguintes observações um pouco desanimadoras: Ignoramos absoluta-

mente quaes as condições favoraveis em que a materia se organizou e se tornou viva. Certamente nas condições experimentaes actualmente realizaveis por nós proprios, a chamada geração espontanea é impossivel; mas na successão das edades geologicas estas condições puderam realizar-se, não uma vez só, mas um grande numero de vezes. Os troncos iniciaes, dir-se-á, podem pois ser em grande numero, sendo um esforço inutil o de estabelecer as grandes arvores genealogicas que actualmente se vêem nos tratados e sobre as quaes os zoologistas estão longe de se accordarem. Certas observações mostram que esta argumentação contém uma certa porção de verdade, sendo possiveis filiações diversas, como aconteceu com a formação dos generos *Equus* e *Rhinoceros* na America e na Europa. Mas um tal ponto de vista contém muita indeterminação e os biologistas pouca attenção lhe prestaram, seguindo em primeiro logar as consequencias das hypotheses mais simples; no entanto alguns paleontologistas, como Mr. Depéret, procuraram nos seus trabalhos collocar-se num ponto de vista mais geral.

Lamarck, o verdadeiro e durante muito tempo desconhecido fundador da theoria da descendencia, tinha insistido num dos factores primarios da evolução, o uso, e sobre a hereditariiedade dos effeitos adquiridos pelo uso. Ao



nome de Darwin ligam-se sobretudo os factos secundarios, a selecção natural, pela qual se fixam as variações e a concorrência vital; foi só muito reservadamente que o grande naturalista abordou a acção dos meios. Poucos biólogos ligam hoje á selecção natural a importancia que lhe attribua Darwin; a selecção natural é um modo acelerador e conservador, mas não edificador. O antagonismo subsiste ainda entre *neo-lamarckianos* e *neo-darwinianos*; alguns naturalistas negam a hereditariedade dos caracteres adquiridos e alguns ha, como Weismann, que completam a selecção das variações accidentaes, com uma theoria da continuidade do plasma germinativo.

É longa a lista, tal como a dá Giard, dos factores primarios, directos ou indirectos, da evolução e dos factores secundarios. Tendo sempre em conta a acção das causas exteriores sobre o futuro d'um ser, parece que não se deve desprezar uma predeterminação real, podendo-se relacioná-la, numa certa medida, com as causas actuaes, mas tendo actuado anteriormente e determinando no ovo as condições em que elle evoluciona; são estas virtualidades que se designam pelo nome vago de *hereditariedade*.

O termo "hereditariedade," já por varias vezes o empregámos, a proposito de mecanica, tendo tido occasião de dizer que os mecanicos, nos

phenomenos de mecanica com hereditariedade, se collocavam sob dois pontos de vista: para uns a hereditariedade mecanica é apenas apparente, enquanto que é real para outros<sup>1</sup>. Arriscar-me-ei a uma comparação, provavelmente incompleta como a maior parte das comparações; é que os primeiros podemos approximá-los dos neo-darwinianos e os segundos dos neo-lamarckianos.

Seja como fôr, no que toca aos mecanismos intimos do transformismo, é da embriogenia e da paleontologia que os naturalistas tiram as provas positivas de mais valor da evolução dos seres vivos. Muito cedo se prestou attenção ao aperfeiçoamento progressivo dos seres encontrados nos diversos andares geologicos, quando se parte dos periodos mais antigos.

E' assim que em relação aos vegetaes, se vêem apparecer successivamente os vegetaes inferiores, as cryptogamicas vasculares, depois as phanerogamicas, gymnospermicas e angiospermicas, e entre estas ultimas as monocotyledoneas e as dicotyledoneas. O mesmo acontece com os animaes, nos quaes, pelo menos nas suas linhas geraes, os sexos apresentam com o tempo um grau crescente de differenciação. Apesar das inexactidões que tenham podido conter por vezes as ideias e interpretações emi-

---

<sup>1</sup> Pag. 135



tidas a proposito do termo *progresso*, deve-se reconhecer um aperfeiçoamento, que deve ter soffrido regressões, mas cuja direcção, numa media geral, tem sido sempre a mesma. Um estudo aprofundado mostrou difficuldades que não tinham sido reconhecidas a principio; mas conseguiu-se muitas vezes explicá-las, por interpretações mais precisas da theoria da descendencia, principalmente procurando conhecer bem a influencia dos meios. Quasi não seria preciso citar exemplos d'esta evolução progressiva dos seres vivos; um dos mais caracteristicos é-nos dado pelos reptis voadores, sendo as primeiras aves providas de dentes como os reptis. Tornaremos a falar d'aqui a pouco d'alguns trabalhos recentes de paleontologia.

Falámos mais acima da ontogenia ou embriogenia geral. Antes de chegar ao estado adulto, o animal passa por uma serie de fórmulas, e, segundo a lei de *Serres* e de *Fritz Muller*, essas fórmulas são a repetição das fórmulas ancestraes por que passou a especie; é o que se exprimiu dizendo-se que a *ontogenia repete a philogenia*. De resto podem-se produzir nestas fórmulas d'actividade, accelerações ou mesmo lacunas. A lei de *Serres* explicou muitas singularidades, como a dos orgãos rudimentares apresentados por certos animaes no estado embrionario e conservados mesmo no estado adulto. Sabe-se, por exemplo, que o papagaio

actual, possui no estado embrionario, dentes que já não possui á nascença. Ha em todas as classes do reino animal um conjunto de causas aceleradoras dos phenomenos embriogenicos; é a este conjunto de causas que Edmond Perrier deu o nome de *tachygenese*. Para se poder falar de aceleração embriogenica, é necessario uma ontogenia, *considerada como normal*, com a qual se possa fazer comparação. Perrier crê achar essa ontogenia, apresentando por assim dizer, o maximo de lentidão, nas fórmas inferiores de cada classe do reino animal e é d'esse modo que elle classifica os factos embriogenicos essenciaes.

Quando se pensa na transformação das especies, tem-se quasi sempre em vista uma evolução muito lenta, tendo para isso em conta, a grande duração dos tempos geologicos. De facto, poderia ser que, pelo menos em certos momentos, as coisas se tivessem passado d'outra maneira. E' o que tendem a mostrar as recentes experiencias de Mr. Hugo de Vriés, que obteve resultados muito notaveis com a cultura de certas *ænothera*. Typos novos se mostraram subitamente, sem intermediarios nem preliminares, produzindo-se assim sete especies d'ænothera. E' muito provavel que estas variações *bruscas* sejam relativas aos nossos meios d'observação; se pudessemos entrar nas particularidades do mecanismo vital; se, usando



d'uma expressão de que varias vezes nos temos servido, pudessemos distinguir, não só as variaveis apparentes, como as variaveis occultas, encontraríamos provavelmente uma continuidade na transformação, mas com uma enorme aceleração para certas variaveis num momento dado. Podia formular-se da seguinte maneira, o resultado essencial das experiencias de Mr. de Vriés: pode acontecer que uma especie pareça variar, em geral, com extrema lentidão, mas que *em certos momentos criticos da vida da especie*, a variação adquira uma aceleração enorme; uma nova especie parece assim produzir-se *bruscamente*. D'este modo, as variações d'uma a outra especie, puderam ser, em tempos, muito mais rapidas; e nesta caso não nos admiramos tanto da ausencia de certos typos intermedios na successão dos terrenos geologicos; voltaremos a tratar d'este ponto em paleontologia.

Estas vistas geraes sobre a *mutação* estão certamente destinadas a um grande futuro. E' nesta orientação fecunda que os estudos relativos ao transformismo se devem proseguir; poder-se-á ahi encontrar uma demonstração experimental do principio da descendencia. Em todo o caso, nada ha que possa ferir mais a attenção d'um espirito philosophico, do que a apparição subita de novas especies. Talvez se chegue a achar condições experimentaes collo-

cando uma planta naquelle estado especial de *perturbação (affolement)* que precede as variações bruscas; é o que autorizam a pensar as experiencias de Mr. Blaringhem relativas á acção dos traumatismos sobre a variação e a hereditariiedade.

Quanto á reconstituição genealogica dos animaes e das plantas, que se encontram nos trabalhos da nova escola embriogenica, ella é de grande utilidade, comtanto que não se tenha a pretensão d'affirmar, que estas arvores genealogicas são a expressão exacta da verdade, que são sobretudo interessantess, quando se limitam a certos grupos bem definidos do reino animal. Nesta tentativa tornada tão difficil pela insufficiencia dos dados paleontologicos, um obstaculo consideravel surge a cada momento: refiro-me á *convergencia* das especies, facto notavel no qual insistiram muitos naturalistas, entre os quaes Mr. Giard e Mr. Carl Vogt, e que consiste em que typos phylogeticamente separados se tornam, graças a certas influencias biologicas, inteiramente semelhantes na sua apparencia exterior. Mas como já dissemos, se o objectivo é um tanto chimerico, conduz todavia a um methodo de trabalho d'uma maravilhosa fecundidade, sendo a ideia d'evolução hoje dominante em todas as sciencias biologicas.

Poude-se ver pelo que fica exposto, quanta razão tinhamos para dizer como dissemos,



que o methodo era actualmente differente em physico-chimica e em certas partes da biologia e requeria qualidades d'espírito differentes das do physico-chimico. Sem duvida, os seres vivos estão sujeitos ás leis physico-chimicas e o seu estudo pertence por esse lado ao campo dos physico-chimicos; mas elles soffrem a cada momento e soffreram através a serie infinita das gerações de que descendem, a acção variavel dos agentes exteriores. As especies são mais ou menos maleaveis; soffrem a acção dos meios desde um tempo mais ou menos afastado. Finalmente a hereditariedade fixou, em graus differentes tambem, os caracteres determinados pelos agentes physico-chimicos. Estes dados essencialmente biologicos, dos problemas relativos á acção dos agentes physico-chimicos sobre os seres vivos, oppõem ás suas soluções immensas difficuldades.

## V

**A distribuição dos seres vivos  
e a Paleontologia**

Sob a influencia da ideia d'evolução, estudos que noutro tempo eram apenas producto da curiosidade, adquiriram uma importancia consideravel. Tal o estudo da distribuição geogra-

phica dos seres vivos, em que se podem procurar documentos pro ou contra o parentesco presumido de certas fórmias de animaes e de vegetaes.

No mundo animal as explorações submarinas effectuadas nos ultimos vinte annos produziram notaveis resultados. "As pescas realizadas, diz Mr. Edmond Perrier, que estudou esta questão profundamente, ultrapassaram tudo que a imaginação podia esperar. Uma multidão de fórmias novas augmentou as já tão longas listas dos zoologistas. São em geral fórmias especiaes, aparentadas tanto com as especies actuaes como com as antigas, relacionadas com muitas fórmias litoraes, mas tendo um cunho especial, conservando a marca da sua existencia estranha e constituindo um conjunto que se caracterizou com justeza pelo nome de *fauna dos abysmos*„.

Por sua vez, pouco mais ou menos no mesmo espaço de tempo, entrou a geographia botanica numa phase nova? Subiu tambem do estado de indecisão para adquirir o aspecto d'uma sciencia estabelecida, com um programma claramente definido. Era necessario coordenar os innumeraveis factos accumulados pelos viajantes. Uns puseram em evidencia as relações da vegetação com o meio e o clima; outros occuparam-se da area da dispersão das especies e dos differentes grupos; emfim, outros abor-



daram o problema do desenvolvimento dos vegetaes através as edades. Em particular, a botanica ecologica, isto é a botanica que trata das relações entre os organismos e o mundo exterior, procura determinar o modo como as plantas soffrem a influencia das forças exteriores, da temperatura, da luz, dos alimentos, etc., e como se lhes adaptam nas suas fórmas. O tratado de Mr. Warming e o magistral trabalho de Mr. Schimper occupam um logar consideravel na obra dos ultimos vinte annos. Uma phalange de botanicos deixou os laboratorios, para pedir aos países longinquos novos motivos d'estudos; em alguns annos, as suas observações contribuíram para a physiologia experimental com uma multidão de factos novos, que ella estudará e explicará: assim para darmos um exemplo, as observações de Mr. Bonnier e Mr. Flahaut, na Scandinavia, e as culturas de Mr. Bonnier, nos Alpes, tornaram precisas as relações das plantas arcticas e alpinas com os climas sob os quaes vivem; ha factos d'um grande alcance, como o da transformação, sob a influencia dos climas polares, d'uma especie annual em especie biannual e d'esta numa especie vivaz.

Da phytogeographia á botanica fossil, a transição é immediata. Como já o dizia de Candolle, a geographia botanica deve ter por principal objectivo mostrar o que, na distribuição

actual dos vegetaes, se pode explicar pelas condições actuaes dos climas e o que depende de condições anteriores. A questão é cada vez mais estudada com profundeza, á medida que dados mais antigos e mais numerosos são fornecidos pela paleobotanica. Esta tomou grande desenvolvimento nos ultimos quinze annos, devendo-se notar alguns resultados geraes.

A presença d'um microbio no terreno hulhifero de Saint-Etienne tinha sido em tempos assignalado por van Tieghem; deve-se a Mr. Bernard Renault um estudo aprofundado das *bacteriaceas* fosseis, que se mostram abundantes em quasi todos os restos organicos fosseis. Como era de esperar, encontram-se muitas *bacteriaceas* nos proprios combustiveis fosseis, crendo Mr. Renault que ellas foram os agentes da transformação em hulha ou em lignita. Os trabalhos de Mr. Zeiller sobre os vegetaes dos periodos paleozoicos e secundarios, contribuíram bastante para a botanica fossil; alguns d'elles resolveram controversias sobre certos caracteres distinctivos entre as cryptogamicas vasculares e as gymnospermicas, questão esta que interessa á botanica em geral.

O sabio paleontologista publicou, ha alguns annos, um tratado de botanica fossil, que nos mostra o estado actual d'esta parte da sciencia. Deve-se naturalmente procurar pôr em evidencia os conhecimentos que as observações actual-



mente adquiridas são capazes de fornecer sobre o problema dos laços genericos que podem existir entre os diversos typos que se teem succedido á superficie do globo.

Parece resultar d'um exame attento, que os grupos principaes do reino vegetal, ramificações e classes, e em cada classe, os grupos genericos se mostraram desde as epocas mais remotas. Entretanto certos typos extinctos, intercalando-se entre os que nós observamos actualmente, veem augmentar o numero dos termos da serie e estabelecem por vezes ligações entre grupos actualmente bem separados; é assim que parece existirem intermediarios entre os fetos e as cycadaceas. Mas por outro lado, não temos indicio algum de filiação no que respeita ás angiospermicas. Pode-se dizer d'um modo geral, como Mr. Zeiller, que se constata actualmente a existencia de series que mais ou menos se aproximam, para que se conclua por uma evolução progressiva, mas na qual as modificações se teriam a maior parte das vezes operado bastante rapidamente, para que não pudessemos distingui-las na occasião de se produzirem. Não nos devemos admirar d'esta conclusão, se nos lembrarmos do que dissemos mais acima sobre as variações bruscas, a proposito das experiencias de Mr. H. de Vriés sobre as mutações. Por seu lado, Mr. Grand'Eury assignalou recentemente as mutações

d'algumas plantas fosseis de terreno hulfifero. Parece que na enorme duração dos tempos carboniferos, muitas especies permaneceram durante largos periodos soffrendo apenas em certos momentos transformações rapidas.

As conclusões a que acabamos de chegar em paleontologia vegetal, applicam-se em larga escala á paleontologia animal. Neste campo, a abundancia de documentos é muito mais consideravel. Importantes descobertas se fizeram, que vieram preencher varias lacunas. Entre os vertebrados devemos citar principalmente os reptis pareiasaurios do permiano do norte da Russia, identicos aos da Africa Austral e retirados com os restos da mesma flora. Por outro lado, ha trinta annos, que as descripções dos dinosaurios teem-se multiplicado; conhecem-se os iguanodontes de Bernissart, que causam no museu de Bruxellas a estupefacção do publico e a admiração dos naturalistas. Mas são sobretudo os depositos secundarios das Montanhas Rochosas nos Estados-Unidos, que fornecem os restos mais completos e mais numerosos de dinausarios. Foram estudados por Marsh e por Mr. Cope, podendo-se ver no museu de Nova-York uma maravilhosa collecção d'estes estranhos reptis, cuja apparencia é por vezes a dos mammiferos e dos quaes alguns se aproximam das aves pelos seus caracteres osteologicos. Alguns d'elles



eram gigantescos, como o *Atlantosaurus*, cujo comprimento é avaliado por Marsh em mais de 35 metros, e o *Brontosaurus*, de que se conhece todo o esqueleto e que tem um comprimento de 20 metros.

Os nossos conhecimentos augmentaram tambem sobre a fauna que outrora viveu na Patagonia; os mammiferos d'esta parte da America teem, sob o ponto de vista evolutivo e philogenico, uma importancia real. As descobertas feitas recentemente, sobretudo por C. e F. Ameghino, revelaram-nos nesta região austral, um centro de dispersão prodigiosamente rico e completamente independente dos outros centros já conhecidos de mammiferos fosseis. A idade d'estas faunas terciarias da Patagonia constitue ainda um motivo de discussão entre os geologos, uns fazendo-as começar com o cretaceo superior e outros com o eoceno mais ou menos recente. Foram divididos em quatro grupos, dos quaes o ultimo corresponde ao plioceno, contando apenas typos da America do Norte e estabelecendo que pelos fins dos tempos terciarios uma communicação se operou entre as duas Americas, no logar onde está o isthmo de Panamá.

Os vertebrados fosseis, de que se tentam curiosas reconstituições, attrahem sobretudo a attenção do publico; não menos uteis a muitos respeitos, são para o geologo, os restos dos in-

vertebrados. Um resultado notavel nos ultimos vinte annos, foi a descoberta, na região do Himalaya, na India e na Siberia, de ricas faunas de cephalapodos, dando a conhecer os typos marinhos de andares (hulhifero, permiano, trias) que quasi só pelos seus typos continentaes eram conhecidos na Europa. O conhecimento da evolução d'estes moluscos dibranchios ganhou muita precisão com aquella descoberta, podendo actualmente acompanhar-se com segurança todas as phases de desenvolvimento da grande familia dos ammonoides, de tanto valor para a classificação rigorosa dos andares, desde o devonico até ao fim dos tempos secundarios; os estudos de Mr. Mounier-Chalmas e de Mr. Douvillé sobre as cavidades e as paredes que as dividem, das ammonites, são nesta questão, d'uma grande importancia. Mr. Douvillé insistiu no valor variavel dos fosseis pelo estudo dos encadeamentos do reino animal. Os que evolucionam rapidamente são, na sua maneira de dizer, *bons fosseis*, que permitem apreciar intervallos de curta duração. Outros evolucionam com muito menos rapidez e persistem sem modificações apreciaveis, durante um ou mais periodos geologicos; são os *maus fosseis*, que correspondem sem duvida a especies que se transformaram bruscamente no sentido em que esta expressão era empregada ha pouco, quando falámos da *Cenathera* de



de Vriés. Entre os primeiros podemos, citar as ammonites com as suas paredes de divisão tão características e os rudistas e depois, tambem a partir da epoca secundaria, os vertebrados, de que Mr. Albert Gaudry, nos seus magistraes trabalhos, nos traçou os encadeamentos e que se podem observar no Museu de Historia Natural, na admiravel galeria que tanto honra a Paleontologia francesa.

Ao falar das mutações, disse porque é que era provavel que certos typos de transição nunca poderiam ser descobertos. E' preciso, de resto, nestas questões, fazer uso d'uma grande prudencia, podendo as migrações terem desempenhado um papel muito importante. Mr. Depéret insistiu muito neste ponto, no que respeita aos mammiferos terciarios; produziram-se mudanças de faunas por meio de emigração. Outra questão apparece tambem em paleontologia, sendo uma das mais captivantes: é a que diz respeito ao momento das primeiras manifestações da vida á superficie da terra. Infelizmente, conhecem-se muito poucos fosseis abaixo do terreno cambriano: apenas alguns vestigios de radiarios, restos de crinoïdes encontrados por Mr. Barrois na Bretanha, que tem fornecido até agora as fórmas vivas mais antigas que se conhecem na terra. Ha alguma razão para crer que esta fauna está longe de ser a fauna verdadeiramente primordial; mas

não nos devemos admirar se não fôr possível encontrar fosseis no terreno precambriano, por causa da metamorphose que estes terrenos sofreram. Dever-se-á então perder a esperança de poder ir mais alem na historia da vida sobre o nosso planeta.



## CAPITULO IX

### A Medicina e as theorias microbianas

Se ha uma parte da sciencia que se encontra actualmente em completa transformação, e que esteja tomando um aspecto completamente novo, é com certeza a medicina. Não que a observação chimica deva ser seguida com menos cuidado do que no passado; esta será sempre essencial para o medico pratico que tem de analysar os symptomas morbidos que permitam estabelecer com segurança um diagnostico. Em nenhuma parte da medicina talvez, nos ultimos quarenta annos, a analyse d'estes symptomas tenha sido levada tão longe como em neuro-pathologia, que produziu especialmente a descoberta das lesões systematicas do eixo nervoso, das lesões da aphasia, da cegueira e da surdez verbal; mas a medicina chimica, uma arte ao mesmo tempo que uma sciencia, não póde entrar nos dominios d'este livro. Neste pequeno capitulo final, indicaremos apenas algumas applicações á medicina dos estudos microbianos e dos que d'elles derivam.

Sob a influencia dos progressos da physiologia, a medicina cessou pouco a pouco, de se confinar apenas na observação, tendo os factos observados suggerido experiencias, algumas das quaes feitas sobre o homem e a maior parte sobre os animaes. Foi d'esta fórma que a medicina foi levada a tornar-se experimental, podendo-se ligar principalmente a esta transformação o nome de Claude Bernard, de quem um bello livro tem precisamente por titulo: *La Médecine expérimentale*. Uma das mais importantes descobertas do grande physiologista é a das secreções internas, cujo papel nos apparece consideravel, quer para a constituição do sangue, quer para o estabelecimento d'uma especie de solidariedade humoral entre todas as partes do organismo; o exemplo mais notavel que se póde dar das secreções internas, é a formação de materias assucaradas que se opera no figado. Algumas das secreções internas devem-se certamente aproximar dos fermentos soluveis segregados pelas cellulas, das ptomaínas e leucomaínas, toxinas e antitoxinas, para as quaes os estudos de Mr. Armand Gautier e Mr. Bouchard chamam primeiro a attenção e que constituem hoje objecto de tantos trabalhos. Sob um ponto de vista pratico, todos nos recordamos das tentativas de Brown-Sequart e de muitos dos seus discipulos, para fundarem uma opotherapie: apenas a opotherapie-thy-



roídia deu provas de efficacia no caso da papeira e do cretinismo.

A transformação da medicina começada sob a influencia dos physiologistas, tornou-se muitissimo mais rapida depois das incomparaveis descobertas de Pasteur. Os estudos microbiologicos invadiram então uma grande parte da medicina. Em vez de entidades morbidas e de palavras vacias de sentido, appareceram organismos microscopicos, verdadeiras causas da doença, de tal modo que, durante o tempo a que se poderia chamar a idade de ouro das descobertas de Pasteur, nada mais se viu que o microbio, deixando assim abandonada uma parte do problema. Como muitas vezes succede num novo e fecundo estudo, depois da epoca heroica em que tudo se mostra simples appareceram as difficuldades. Foi necessario ter em conta a resistencia do organismo contra o agente d'infeccão e tentar explicá-la, assim como os phenomenos d'immunidade que Pasteur tinha descoberto, sob pena de se recaír na phra-seologia tão criticada da medicina do passado. E' no que nos ultimos vinte annos se tem trabalhado com grande ardor; os factos novos accumulam-se, explicações mais ou menos parciaes se esboçam, encontrando-se transformadas a nosologia, as concepções etiologicas e a therapeutica.

Já vimos o papel importante desempenhado

pelas bacterias em chimica, em botanica e em agronomia. Devemos agora dizer duas palavras das doenças infecciosas e das doutrinas que se desenvolveram em seguida ás descobertas de Pasteur. Desde o começo, uma difficuldade se apresenta relativamente ao polymorphismo dos microbios. Entre os microbiologistas, uns pronunciam-se pela especificidade absoluta, outros entendem que as especies microbianas não se definem com tanta clareza. O bacillo tuberculoso, por exemplo, existe sob varias fórmás differentes, quanto á sua virulencia para com certos animaes, conhecendo-se tambem uma serie de bacillos pseudodiphthericos. E' possivel que se trate apenas de variedades da mesma especie.

Vejamós rapidamente algumas doenças infecciosas. O microbio do cholera e o da tuberculose foram descobertos por Roch em 1882. Por occasião da epidemia d'Hamburgo, em 1892, descobriu-se na agua uma serie de microbios, muito semelhantes aos vibriões cholericos; cultivando este vibrião na agua peptonizada, obteve-se a sua toxina, isto é, o veneno que elle segrega. O microbio da peste foi descoberto em 1894 por Yersin; é um infusorio cilindrico, curto e oval, dotado de mobilidade, bastante parecido com o do cholera das gallinhas. Para a diphteria, Mr. Roux e Mr. Yersin fizeram em 1889 o estudo com-



pleto do veneno diphterico, depois do qual Mr. Berhing descobriu a serotherapie diphterica, destinada a um tão largo futuro e do qual Mr. Richet e Mr. Héricourt tinham anteriormente estabelecido o principio. O bacillo do tetano foi descripto pela primeira vez em 1885 por Mr. Nicoladier; e Mr. Kitosato fez um estudo profundo da temivel toxina segregada por este microbio. O microbio da lepra foi descoberto em 1870 pelo medico norueguês Hansen, mas até agora não foi possivel cultivá-lo; este bacillo manifesta uma grande affinidade para o tecido nervoso, parecendo muito estreitas as suas condições de vitalidade. Nada de claro se conclue dos numerosos estudos feitos sobre o cancro; varias theorias tem apparecido, theoria *coccidiana*, theoria *blastomycetiana*, segundo a qual haveria uma levedura pathogenica, e finalmente theoria da especificidade cellular fazendo resultar o cancro d'uma evolução anormal das cellulas do organismo.

Ha doenças de character infeccioso, que são certamente microbianas, mas das quaes se não pode encontrar o microbio, emquanto se operou com o microscopio em condições ordinarias. Em duas d'ellas, servindo-se dos aperfeiçoamentos introduzidos no emprego do microscopio, e de que já falámos, foi possivel ver o microbio; é o da peripneumonia dos animaes cornigeros, notado por Mr. Cotton e

Mr. Mouton; e é o microbio da febre aphtosa. A raiva e a variola são sem duvida doenças, cujos microbios são ainda invisiveis para nós; depois dos progressos realizados com o microscopio, é de esperar que se poderá um dia demonstrar com precisão a sua existencia.

Os microbios bactericos, que de commum accordo se collocam entre os vegetaes e especialmente entre os cogumellos, não são os unicos entes que provocam doenças infecciosas. Ha entre os sporozoarios, que são pequenos animaes microscopicos e unicellulares, e particularmente entre as gregarinas e as coccidias, agentes de terriveis doenças. Tal é o hematozoario de Lavernan, que é o agente pathogenico do paludismo, endemia com um enorme imperio e que constitue o principal obstaculo á aclimação dos europeus nos países quentes. Nada mais curioso do que o cyclo evolutivo do hematozoario do paludismo, como elle resulta dos trabalhos de Lavernan, de Grossi, de Röss e de varios outros. O hematozoario divide a sua existencia entre os globulos vermelhos do sangue do homem e o intestino d'um mosquito do genero *anopheles*. Introduzido no sangue humano pela picada d'este mosquito, fixa-se no globulo vermelho, tendo então a apparencia d'uma pequena massa espherica. No fim d'um certo tempo, que corresponde ao periodo da febre, e durante o qual destruiu o globulo san-



guineo, segmenta-se, espalha-se no sangue e vae fixar-se em outros globulos vermelhos. Esta successão de phenomenos continua durante certo tempo, mas as gerações agamas esgotam-se e num dado momento vêem-se apparecer formas sexuadas, machos e femeas. Todavia, a sua conjugação não é possível no sangue humano; e se uma circumstancia particular se não produz, estes elementos morrem, sem deixarem posteridade. Esta circumstancia é a picada d'outro mosquito, que d'esta fórma fará penetrar no seu intestino as fórmas macho e femea, de que acabamos de falar. Nestas novas condições a conjugação será possível, voltando-se á forma inicial do hematozoario, que uma nova picada poderá introduzir no organismo humano. Compreende-se que desde que se conheciam as transformações do agente infeccioso, poudese estabelecer uma profilaxia racional do paludismo.

Ha outra doença no desenvolvimento da qual um mosquito desempenha um papel essencial; é a febre amarella. O seu primeiro organismo até agora invisivel, é um parasita do plasma sanguineo, executando uma parte da sua evolução num mosquito, d'outra especie que o do paludismo, e que, felizmente para os nossos climas, tem necessidade d'uma temperatura elevada.

Falei ha pouco da epoca heroica das theorias

microbianas; foi ha vinte e cinco annos, quando Pasteur descobria a vaccinação experimental, pela injeção das culturas microbianas atenuadas. Pasteur explicava primeiro a immuniidade adquirida, suppondo que o microbio empobrece o meio em que vive; mais tarde foi de opinião que o microbio podia segreggar productos que lhe são nocivos, doutrina que por seu lado professava Mr. Chauveau. A theoria dos seruns bactericidas e a dos seruns anti-toxicos, fundou-se em seguida aos trabalhos de Bouchard, Charrin, Behring e muitos outros. Parallelamente desenvolvia-se uma doutrina das mais notaveis, relativa á resistencia do organismo; a doutrina phagocytaria. Já ha muito tempo que Virchow vira que na maior parte das doenças infecciosas, ha superabundancia de leucocyttas; mas Virchow attribuia-lhes uma influencia nefasta. Mais tarde Cohnheim identificára os globulos do pús e os leucocyttas e Koch constatára que na rã os globulos rodeiam a bacteridia carbunculosa. Mais tarde viu-se que os microbios não penetram por si proprios nas cellulas amiboídes, são englobados e é nisso que consiste a *phagocytose*, um acto de defeza natural do organismo, ao qual ficará ligado o nome de Mr. Metschnikoff. Nos vertebrados, ha phagocytas livres e phagocytas fixos. Entre os phagocytas livres, devemos distinguir os globulos polynucleares, os mais nu-



merosos no homem, e os globulos mononucleares.

Os phagocytas fixos, são entre outros as células da polpa esplenica, da medula dos ossos dos ganglios lymphaticos. Os phagocytas livres teem uma sensibilidade muito desenvolvida para a composição chimica do meio; é o que se chama a chimiotaxia, que é positiva ou negativa, segundo a attracção ou repulsão. Os mononucleares e os phagocytas fixos são principalmente macrophagos; destroem os elementos mortos; os polynucleares são microphagos, destruidores de microbios. Nas doenças muito agudas, ha poucos phagocytas livres, produzindo pelo contrario uma phagocytose intensa nas doenças benignas. E' raro que um microbio, que tenha sido englobado, não seja destruido, mas isso todavia acontece, como por exemplo, com o bacillo da tuberculose. Uma objecção grave feita á phagocytose, encarada como protectora do organismo, é que os microbios não podem ser englobados, senão depois de terem sido privados do seu poder toxico por uma acção antitoxica extra-cellular. Respondeu-se a isto, que os phagocytas podem pelo contrario, englobar não só os microbios, mas até toxinas e venenos mineraes. Na opinião de Mr. Metschnikoff, a immuidade natural e a immuidade adquirida explicam-se pela phagocytose, e o phenomeno mais geral na immuidade con-

siste numa reacção phagocytaria. Encontram-se ainda muitas difficuldades, neste campo, como de resto nas theorias humoraes, quando se pretende ir até á minuciosidade, vendo-nos por vezes obrigados a raciocinar sobre secreções cellulares, mais ou menos hypotheticas. Seja como fôr, estas diversas doutrinas conteem certamente uma grande parte de verdade, encontrando-se de dia para dia o problema capital da resistencia do organismo, mais perto da sua solução.

De tudo isto sobresaê bem a importancia que adquirem as toxinas, que são do typo dos fermentos soluveis designados pelo nome de diastases, de que já temos dado numerosos exemplos. O estudo das toxinas e das antitoxinas é de resto ainda mais difficil que o das diastases, pois que com as toxinas os reagentes são as perturbações mais ou menos graves produzidas nos animaes, sendo a interpretação das experiencias singularmente delicada.

A complicação augmenta constantemente nestes estudos; ao lado de certos fermentos, ha os seus complementares, não sendo os primeiros capazes d'acção, emquanto não forem auxiliados por outros; tal a tripsina contida no meio pancreatico, que não é capaz de *hydroli-  
zar* a albumina, sem que outra substancia, a *an-  
terokinase*, segregada pela mucosa duodenal, venha prestar-lhe auxilio.



Dissemos que a certas diastases se oppõem antidiastases, como ás toxinas se oppõem anti-toxinas. Parece que d'um modo geral, cada fermento tem o seu antifermento, a que por vezes se dá o nome de anticorpo. Observou-se que a injecção d'uma diastase provoca a formação d'uma antidiastase, que é o anticorpo da diastase. Os anticorpos foram primeiro invocados para a interpretação dos factos notaveis descobertos por Bordet, relativos á acção dos vermes de differentes especies uns sobre os outros. Com estes compostos tão complexos, que se encontram em tão pequena quantidade, de que nada até agora se sabe, fóra de certas acções physiologicas, a physiologia e a chimica biologica teem uma obra immensa a executar; depois do estudo dos infinitamente pequenos organizados, como os microbios, aquellas sciencias devem occupar-se do estudo das substancias chimicas, desempenhando um papel importantissimo, em dose infinitesimal. Vê-se que orientação a sciencia tomou depois de Pasteur. De todos os lados surgem, na parte da medicina que tem o seu ponto de partida nos seus immortaes trabalhos, factos inesperados e ideias novas. Os progressos que nestes vinte annos se teem realizado, autorizam esperanças por assim dizer illimitadas.

---

# INDICE

---

<b>Introdução</b> .....	5
-------------------------	---

## CAPITULO I

<i>Sobre o desenvolvimento da analyse mathematica e suas relações com outras sciencias</i> .....	19
--	----

- I. A antiguidade e a idade media — 19; II. Os seculos xvii e xviii — 24; III. O seculo xix — 32; IV. A analyse e a physica mathematica — 38; V. A analyse e a mecanica — 43; VI. A analyse e a geometria — 47; VII. A analyse nas suas relações com a chimica e a biologia — 50.

## CAPITULO II

<i>Sciencias mathematicas e astronomia</i> .....	57
--	----

- I. Os principios da analyse — 57; II. Os principios da geometria — 67; III. O desenvolvimento das mathematicas puras — 85; IV. A mecanica celeste e a astronomia physica — 95.



## CAPITULO III

*Mecanica e energetica* ..... 110

- I. A mecanica classica e a sua historia—110; Methodos deductivos em mecanica—A mecanica de Hertz—119; III. Da explicação mecanica dos phenomenos naturaes—128; IV. A sciencia da Energia—137.

## CAPITULO IV

*A physica do ether* ..... 148

- I. A optica—148; II. A optica e a electricidade—160; Os raios catodicos e os raios X—168; IV. As novas irradiações e a mecanica dos electrodos—177.

## CAPITULO V

*A physica da materia e a chimica* ..... 187

- I. Physica molecular e chimica physica—187; II. A energetica e a chimica—199; III. Chimica organica e chimica mineral—209.

## CAPITULO VI

*Mineralogia e geologia*..... 223

- I. A cristallographia e a mineralogia—223; II. A geologia—232.

## CAPITULO VII

*Physiologia e chimica biologica* ..... 242

- I. A physiologia—242; II. A materia viva e as theorias physico-chimicas—249; III. A chimica biologica—254.

## CAPITULO VIII

*Botanica e zoologia* ..... 261

I. A botanica geral—261; II. Os organismos inferiores e as applicações agronomicas—271; III. A zoologia e as ideias d'evolução em biologia—279; IV. As doutrinas transformistas—287; V. A distribuição dos seres vivos e a paleontologia—296.

## CAPITULO XIX

*A medicina e as theorias microbianas* ..... 306





HISTORIA UNIVERSAL





# HISTORIA UNIVERSAL

POR

— G. ONCKEN —

*A primeira historia universal dos tempos modernos,  
pelo desenvolvimento com que são tratados  
os diversos periodos da vida da humanidade  
e pela auctoridade scientifica dos nomes  
que subscrevem cada um dos volumes de que ella  
se compõe*

Traduzida em portuguez  
por um grupo de professores e homens de letras  
sob a direcção de

Z. CONSIGLIERI PEDROSO

Director do Curso Superior de Lettras, Professor de Historia,  
Socio effectivo da Academia Real de Sciencias, Vice-Presidente  
da Sociedade de Geographia de Lisboa

A **Historia Universal de ONCKEN**, que antes se póde chamar **uma completa bibliotheca historica** pela sua vastidão, riqueza de informação scientifica, escolhida illustração artistica e archeologica, é o **maior monumento que á sciencia his-**

**torica foi levantado na Allema-  
nha no seculo XIX.** D'entre as nu-  
merosas historias universaes publicadas  
em quasi todas as linguas, **nenhuma  
nem de longe se lhe póde com-  
parar.** Cada um dos seus volumes é  
uma monographia completa, que faz au-  
ctoridade e que de um modo tanto quanto  
possivel definitivo fixou a historia do res-  
pectivo periodo ou da respectiva nação.  
Quem possuir esta bibliotheca, até hoje  
sem rival, tem ao seu dispôr toda a scien-  
cia historica que no decorrer dos seculos  
se foi amontoando n'uma enorme cons-  
trucção synthetica, *graças aos trabalhos de  
umas poucas de gerações de investigadores e  
de homens de sciencia, que conseguiram des-  
vendar os mysterios do passado e penetrar a  
alma dos povos hoje desaparecidos, mas que  
nos monumentos que nos legaram, deixa-  
ram os vestigios da sua passagem sobre  
a terra.*

E sendo assombroso como monumento  
de cuidadosa e erudita investigação **a  
obra colossal dirigida por ON-**

**CKEN**, é ao mesmo tempo o mais impressionante quadro que o homem póde contemplar, quadro que sem deixar de ser a exacta reproducção da realidade, assume as proporções de uma gigantesca obra d'arte, unica no seu genero, em que as tragedias mais pungentes alternam com as mais inesperadas e empolgantes peripicias dramaticas, e com os mais commovedores lances que é dado ao homem imaginar. Por isso a **Historia Universal de GNCKEN** é não só obra para ser consultada no remanso do gabinete pelo sabio apaixonadamente devotado ao culto puro da verdade, mas modelo para ser estudado com amor pelo politico que em meio do tumultuar da praça publica carece de norma para nortear o seu proceder. E' não sómente lição proveitosa para o homem que encara a vida apenas pelo lado utilitario, mas tambem indispensavel suggestão para o artista, que ás grandes crises da humanidade, aos enthusiasmos, ás abnegações, aos martyrios, e até aos grandes crimes da historia—



vae buscar inspiração para as suas criações.

Na historia de **ONCKEN** assiste-se ao primeiro desabrochar da mysteriosa civilização do Egypto, quando o mundo inteiro ainda estava mergulhado nas trevas da barbarie. Contempla-se o desfilar estupeiando das suas 34 dynastias de onde se destacam os nomes que encheram a historia antiga com o seu echo — os Thutmés, os Ramsés, os Amenemahs, os Psamméticos. — E admira-se a inconcebivel riqueza artistica dos seus templos, dos seus palacios, dos seus hypogeos, dos mil thesouros emfim que a laboriosidade dos modernos investigadores tem posto a descoberto.

Depois são as guerras, quasi lendarias pela sua grandeza epica, da Assyria e da Babylonia e a fascinadora chronica da vida dos dois grandes imperios do Tigre e do Euphrates. Depois é a Persia com os movimentados incidentes politicos e militares, que fizeram com Cyro, Cambyses, Xerxes e Dario, do pequeno nucleo iraniano a vasta monarchia que chegava de um lado

até á India, do outro até ao Egypto e á Grecia. Depois apparece-nos a velha India com os seus livros sagrados, os mais antigos da humanidade; com os seus poemas — o Mahábhárata e o Ramáyana —, mais vastos do que dez vezes a Iliada e a Odysseia; com as suas luctas gigantes em que os proprios deuses batalham com os homens em combates formidaveis; com os seus pagodes altos como montanhas; com as suas seitas religiosas tenebrosas e fanaticas, que muitas d'ellas atravez da península deixáram um rasto de sangue, que ainda hoje dura. Depois é a chronica admiravel das navegações phenicias. Depois são as maravilhas estheticas da civilização grega, esse eterno modelo de belleza, que em vão os seculos seguintes tentáram imitar. Depois é esse drama mundial e sem par do nascimento, dos progressos, da grandeza, e a seguir da decadencia e da queda de Roma, que encerra a mais eloquente licção da historia universal.

Na Edade-Media a **Historia Universal de ONCKEN** faz-nos assistir ao

grandioso drama das invasões, patenteia-nos a vida intima das raças barbaras, descreve-nos em maravilhosos quadros de uma irreprehensivel fidelidade as grandes luctas de onde sahiram o papado, o feudalismo, as crusadas e as communas. Approxima-se a Renascença e essa radiante alvorada do espirito humano é contada em paginas de inexcedivel encanto, como raras vezes se encontram em livros de historia scientificamente escripta. A seguir á Renascença cabe a vez ao grande movimento dos descobrimentos, em que Portugal representa tão importante papel. Depois descreve-se a Reforma, a contra reforma, as epicas guerras religiosas que termináram com a paz de Westphalia, e que durante trinta annos innundáram de sangue e semeáram de ruinas a Europa central.

A partir d'este momento entram em scena as nações actuaes na fórma definitiva que até hoje mantem, e começa então a extraordinaria descripção, attrahente como um romance, das crises europeias



modernas, em que se destacam as figuras gigantes — sympathicas umas, outras odiosas — dos chamados grandes homens: Richelieu, Luiz XIV, Colbert, Cromwell, Pombal, Washington, Mirabeau, Danton, Napoleão, Mazzini, Cavour e Bismarck. E tudo isto descripto em capitulos inolvidaveis, que se gravam no espirito do leitor por forma a não esquecerem mais — obra do que melhor a sciencia historica representada nos mais illustres dos seus nomes produziu no seculo XIX.

Eis em alguns traços apenas o que é a publicação grandiosa que vamos emprender. N'uma epocha em que a historia é a principal preocupação de todos os espiritos cultos — a ponto de poder dizer-se com justificada razão que o seculo presente é o seculo da historia — **um livro assim, ou antes, uma bibliotheca d'esta natureza e vastidão, é instrumento indispensavel** para quem deseje viver dentro das correntes do seu tempo e satisfazer as necessidades e as aspirações da sociedade de que faz

parte. A **Historia Universal de ONCKEN** é indispensavel ao homem de sciencia, ao politico, ao simples estudioso, e até áquelle que, nas suas leituras, procura de preferencia o deleite e a distracção. Tem paginas que prendem como um romance de sensação, tem outras que encantam como se fossem uma obra de arte, tem outras que illustram como um manual scientifico, outras que despertam a mais viva curiosidade, outras emfim, cujos lances patethicos nos commovem e nos enthusiasmam, nos interessam e nos confrangem, nos arrancam um brado de admiração ou nos obrigam a soltar um gemido de dôr, como se por uma identificação mysteriosa atravez do tempo e do espaço, nos fosse licito ir viver com esses heroes e essas victimas, uma hora da sua vida agitada, para sentirmos tambem nós as suas alegrias ou

cairmos tambem com elles feridos pelo mesmo golpe desapiedado do destino!

Pela ligeira descripção que acabamos de fazer da admiravel obra que vae ser lançada á publicidade, mal se póde avaliar toda a sua grandeza. A traducção cuidadosamente correcta e de meticulosidade scientifica absolutamente indispensavel, está garantida pela competencia especial das pessoas a que foi incumbida, mas muito especialmente pela inegalavel competencia e auctoridade do seu director, o eminente professor de historia Z. Consiglieri Pedroso, director do Curso Superior de Lettras, notavel escriptor pelo seu saber inconfundivel e pela sua reconhecida probidade scientifica.

Os editores, reconhecendo a importancia da edição que vão lançar no mercado e o sacrificio de trabalho e de capital que n'ella vão empregar, não se atreveriam a



tal empreza se não estivessem absoluta-  
mente convencidos do altissimo serviço  
que com tal publicação prestam ao seu paiz  
e se não tivessem, além da melhor colla-  
boração litteraria e artistica, a dedicada e  
competentissima direcção de Consiglieri  
Pedroso, o primeiro professor de historia  
em Portugal.

**A HISTORIA UNIVERSAL DE ONCKEN**  
publicar-se-ha em fasciculos semanaes de  
formato grande de 32 paginas em edição de  
luxo, optimo papel, magnificas photo-gravur-  
as e esplendidos chromos.

O preço de cada fasciculo será de 100  
réis. Cada tomo de 160 paginas 500 réis.

Pedidos a

**JOSÉ BASTOS & C.<sup>A</sup>**

Antiga Casa Bertrand

Rua Garrett, 73 e 75

— LISBOA —



JOSÉ BASTOS & C.ª  
LISBOA

Antiga Casa Bertrand—José Bastos & C.<sup>a</sup>, editores

LISBOA—73, RUA GARRETT, 75

---

BIBLIOTHECA

DE

# PHILOSOPHIA SCIENTIFICA

---

Syntheses dos diversos grupos  
dos conhecimentos humanos

SCIENCIA ABSTRACTA—SCIENCIA APPLICADA—SUA EVOLUÇÃO

---

Volumes de 300 pag. ou mais, a 500 rs.

---

Os factos scientificos multiplicam-se de tal modo que é impossivel á maioria dos estudiosos estar ao corrente do conjunto dos progressos de determinada sciencia. Os proprios homens de sciencia vêem-se obrigados a limitar os seus estudos, a circunscrever a sua actividade, se querem ser considerados como taes.

Apesar das constantes descobertas, os principios geraes que presidem a cada sciencia e que constituem o seu arcaboço philosophico, são sempre deficientes. A profunda evolução operada, ha cincoenta annos a esta parte, em todos os ramos scientificos, quer nas sciencias physicas e naturaes, quer nas sociaes, veiu alterar os principios philosophicos em que assentavam.

Para se estar ao facto dos conhecimentos scientificos, philosophicos e sociaes actuaes, ha necessidade de conhecer os principios que são a alma d'esses conhecimentos e que constituem ao mesmo tempo o seu melhor resumo.

Com o fim de apresentar de modo claro e ao alcance de todos, a synthese philosophica das diversas sciencias, a evolução dos principios que as inspiram,

os problemas geraes que propõem, é que foi criada a *Bibliotheca de Philosophia scientifica*.

Dirige-se a todos os estudiosos, a todos que careçam de obras de conjunto.

Em cada obra encontrar-se-ão resumidas as ultimas descobertas, as ultimas theorias, as ultimas doutrinas de um ramo da sciencia, tratadas sob um criterio scientista, com toda a exactidão, pelos mais autorizados escriptores da respectiva especialidade. Cada volume é, pois, uma sciencia completa.

## VOLUMES PUBLICADOS :

**A Historia da Terra**, por *L. de Launay*, professor da Escola de Minas, de Paris.

Escrever uma obra de geologia sem vocabulos rebarbativos, sem palavras latinas, sem enumerações fastidiosas, sem termos technicos, sem estampas; fazer uma *Historia da Terra*, que seja, rigorosamente falando, uma Historia, isto é, que narre simplesmente os factos do passado na sua successão chronologica e que não se torne por isso um romance, — tal o difficil objectivo que se propôs o sr. De Launay.

Se o realizou dizem-no os nove capitulos do livro, que se intitulam assim : — *A historia das theorias geologicas ; Principios dos methodos geologicos ; As forças que entram em jogo nas transformações da estrutura terrestre e os seus effeitos geraes ; A historia da materia terrestre ; A historia da estrutura terrestre — Sua evolução ; — A historia da estrutura terrestre — As recorrencias ; A historia dos climas — As variações physicas e astronomicas ; O presente e o futuro da Terra ; A historia da vida sobre a Terra.*

**A Vida do Direito** e a inutilidade das leis, por *Jean Cruet*, doutor em Direito e advogado na «Cour d'Appel», de Paris.

«Inutilidade das leis» não quer dizer a sua negação. Esta obra examina se não ha contra o direito do legislador e a par d'elle um direito do magistrado e um direito dos costumes. O autor, levado por exemplos de todos os codigos, de todas as constituições, de todos os paises, affirma a conveniencia de se fazerem no molde em que deve ser vasado o pensamento legislativo, certos retoques ou correcções. O legislador não devia prometer aquillo que não pudesse cumprir.

Titulos de alguns capitulos : *O respeito ficticio do direito con-*



sagrado; A accção innovadora da jurisprudencia franceza; O valor da jurisprudencia; Os costumes politicos contra as leis constitucionaes; O governo contra a lei; As praticas illegaes da administracção; O direito sexual e familiar na vida e nos textos; O conflicto da lei e da evoluçào economica; O direito corporativo e a lei nacional; O direito dos eontractos e o direito do Estado; O valor do eostume; A lei, como formula dos principios — Existem principios?; A igualdade perante a lei e a luta do individuo pelo direito; A psychologia da obediencia ás leis; A luta do Estado pela lei; A illusão de legislar para o futuro — Atraso necessario das leis sobre os factos; A morte natural das leis — O desuso; A ignorancia das leis; A conquista do poder politico e o methodo revolucionario; A incidencia das leis; A lei e a liberdade; O methodo; A funcção legislativa e os seus orgãos.

**A Luta Universal**, por *Félix Le Dantec*, professor da Sorbonne.

Contrariamente a Santo Agostinho que affirmou que os corpos da natureza se sustentam reciprocamente e «se amam d'algum modo», o sr. Le Dantec pretende neste novo livro, que a propria existencia d'um corpo qualquer é o resultado d'uma luta. «Existir é lutar» diz elle, e logo accrescenta: «Viver é vencer». O autor é levado com effeito a classificar os corpos em tres categorias. Ha nisto apenas uma nova maneira de falar, mas esta maneira de falar é bastante fecunda para construir um verdadeiro sistema philosophico.

Summario dos assumptos tratados: — *A noção de luta e a hereditariedade generalizada; O estado vivo e a influencia vital; Historia d'um vacuolo digestivo; A luta d'um corpo vivo contra um corpo vivo; A luta dos corpos vivos contra os corpos da segunda categoria e os corpos brutos; Symbiose e doenças chronicas; Estudo philosophico da tuberculose; A symbiose necessaria; Os factores da vida; Definição dos diversos sentidos da palavra sexo; A luta dos elementos sexuaes na fecundação; O transformismo e o problema do apparecimento da vida; A geração espontanea; A definição dos corpos no mundo inanimado; Os corpos simples; Os corpos da segunda categoria; Os corpos da terceira categoria; A luta dos homens pela posse dos corpos brutos.*

**A Alma e o Corpo**, por *Alfred Binet*, director do laboratorio de Psychologia na Sorbonne.

Ha annos já que o verdadeiro problema da alma e do corpo solicita de novo a attenção do mundo sabio. O sr. Binet quis mostrar que os progressos recentes da psychologia experimental se repercutiram nas mais altas e abstractas especulações da philosophia: — a analyse da sensação, da imagem, da ideia, da emoção, tal qual resulta dos

trabalhos mais exactos, obriga a apresentar em termos novos a distincção do physico e do mental.

Os assumptos de que tratam os diversos capitulos são os seguintes: — *Conhecimento do objecto exterior; Teorias mecanicas da materia; Objecções; O conhecimento e o seu objecto; Definição da sensação, da imagem, das commoções e da consciencia; As categorias do intendmento; O inconsciente; Definições da psychologia; A vida incompleta do espirito; O espiritualismo e o idealismo; O materialismo e o parallelismo; Teorias modernas.*

## VOLUMES A PUBLICAR CONSECUTIVAMENTE:

**O Direito puro**, por *E. Picard.*

**O Japão moderno**, por *L. Naudeau.*

**A vida e a morte**, por *A. Dastre.*

**A electricidade**, por *L. Poincaré.*

**Sciencia e consciencia**, por *F. Le Dantec.*

**A vida social**, por *E. van Bruyssel.*

Fóra d'esta collecção, mas convergindo em certo modo para o mesmo fim, publica-se uma serie de volumes de formato diverso e variavel numero de paginas. Um e outros serão uma verdadeira exposição de todas as conquistas do saber humano através das idades e em todos os povos. Pertencem a esta serie:

**Determinismo e responsabilidade** (Introdução geral á criminalogia), por *A. Hamon*, trad. de *Bel-Adam*. 2.<sup>a</sup> edição correcta. 300 réis.

**O Contrato do trabalho** (Estudos de Economia social), por *Adolpho Lima*. Summario: — Escravidão. Servidão. Corporações de artes e officios. Liberdade do trabalho. Contrato do trabalho no Direito positivo. Contrato colectivo. — Um grosso volume, 1.7000 réis.

**A Psychologia do amor**, por *G. Danville*. (Concepção e methodo; Caracteres; Ponto de vista pathologico; Genese, etc.). 300 réis.

**A emancipação da mulher**, por *J. Novicom*. (No prelo).

**A luta pelo direito**, por *Ihering*. (No prelo).





RÓ  
MU  
LO

CENTRO CIÊNCIAS VMA  
UNIVERSIDADE COIMBRA



\*1329748706\*



Antiga Casa Bertrand—José Bastos & C.<sup>a</sup>, editores  
LISBOA—73, RUA GARRETT, 75

---

---

BIBLIOTHECA  
DE  
PHILOSOPHIA SCIENTIFICA

---

Para se estar ao facto dos conhecimentos scientificos, philosophicos e sociaes actuaes, ha necessidade de conhecer os principios que são a alma d'esses conhecimentos e que constituem ao mesmo tempo o seu melhor resumo.

Com o fim de apresentar de modo claro e ao alcance de todos, a synthese philosophica das diversas sciencias, a evolução dos principios que as inspiram, os problemas geraes que propõem, é que foi criada a *Bibliotheca de Philosophia scientifica*.

Em cada obra encontrar-se-ão resumidas as ultimas doutrinas de um ramo da sciencia, tratadas sob um criterio scientista, com toda a exactidão, pelos mais autorisados escriptores da respectiva especialidade.

**Volumes publicados:**

<b>A Historia da Terra</b> , por <i>L. de Lannay</i> , professor da Escola de Minas, de Paris—304 pag. em br. . . . .	500
<b>A Vida do Direito</b> e a inutilidade das leis, por <i>Jean Cruet</i> , doutor em Direito e advogado na "Cour d'Appel", de Paris—343 pag. em br. . .	500
<b>A Luta Universal</b> , por <i>Felix Le Dantec</i> , professor da Sorbonne—344 pag. em br. . .	500
<b>A Alma e o Corpo</b> , por <i>Alfred Binet</i> , director do laboratorio de Psychologia na Sorbonne—278 pag. em br. . . . .	500

---

<b>O Contrato do Trabalho</b> (estudos de economia social) pelo <i>dr. Adolpho Lima</i> —413 pag., br. . . . .	1\$000
<b>Determinismo e Responsabilidade</b> , (Introduccão geral á criminalogia), por <i>A. Hamon</i> , trad. de <i>Bel-Adam</i> . 2. <sup>a</sup> edição correcta . . . . .	300
<b>A Psychologia do Amor</b> , por <i>Gaston Danville</i> . . . . .	300