



# REVISTA DE CHIMICA PURA E APPLICADA



I Anno - n.º 3

1950





# REVISTA DE QUÍMICA PURA E APLICADA

Orgão da SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA E FÍSICA

Fundada em 1905 pelos Professores: A. J. Ferreira da Silva, Alberto de Aguiar  
e José Pereira Salgado

SÉRIE IV — ANO I — JULHO A SETEMBRO — 1950 — N.º 3

*Editor*: PROF. ABÍLIO BARREIRO — *Administrador*: DR. C. CASTRO FERNANDES

## SUMÁRIO

*DISTINÇÃO ENTRE CIÊNCIA PURA E APLICADA* POR L. BRAGG.  
*O PAPEL SOCIAL DA CIÊNCIA* (ENDEAVOUR, ABRIL DE 1946)—A. B.

*SOBRE A HIDRÓLISE BIOCATALÍTICA DA VITAMINA B<sub>1</sub>*—KURT  
JACOBSONH e M. DEODATA AZEVEDO.

*NOVAS REACÇÕES PARA O PROTACTÍNIO*—MARIA REGINA SALES  
GRADE.

*I — PRIMEIRA ANÁLISE, SUMÁRIA, DA NASCENTE DAS CALDAS  
DE S. LOURENÇO.*

*II — NOTÍCIA DOS RESTOS DOUTRA ESTÂNCIA TERMO-SULFÚREA MUITO MAIS  
ANTIGA NA MESMA ENCOSTA, CERCA DE DOIS QUILOMETROS A JUSANTE  
DA PRIMEIRA*—ABÍLIO BARREIRO.

*CE QUE L'ON VOIT DANS LE CIEL (AVEC PROJECTIONS)*—MADELEINE  
CORDIER.

### INFORMAÇÕES:

Revista das Revistas.  
Biblioteca.

Dirigir toda a **correspondência** destinada: à **Redacção** ao Prof. Abílio Barreiro,  
à **Administração**, incluindo as importâncias das assinaturas, ao Dr. Castro Fernandes.

LABORATÓRIO FERREIRA DA SILVA — FACULDADE DE CIÊNCIAS  
P O R T O





# REVISTA DE QUÍMICA PURA E APLICADA

IV SÉRIE — I ANO — 1950  
(VOL. XXXIII DA COLEÇÃO)

## Distinção entre Ciência Pura e Aplicada por L. Bragg. O Papel Social da Ciência (Endeavour, Abril de 1946)

POR

A. B.

*No Editorial do número anterior sobre «A Ciência e a Sociedade: Princípios fundamentais», procurando estabelecer a distinção entre a ciência e as suas aplicações, sob os nomes de ciência pura e ciência aplicada, cuja confusão generalizada tanto tem subvertido a primeira e conseqüentemente prejudicará a segunda, o professor de química-física da Universidade de Leeds, E. F. CALDIN, desenvolveu um pensamento que, aproveitando, quanto possível, os seus termos por nós sublinhados, podemos sistematizar nas seguintes proposições, ligeiramente comentadas, que nunca é demais repetir:*

*A ciência é o estudo da natureza, fora de toda a aplicação material, exclusivamente para benefício intelectual e moral que fornece à humanidade a pesquisa da verdade no conhecimento do mundo. É uma escola de valorização humana nas suas três funções intelectuais, segundo o velho esquema platónico, o sentimento, a razão e a vontade: o sentimento apreende os fenómenos pelas sensações e elabora as representações; a razão apreende as representações, pelo entendimento e elabora os conceitos, as ideias e as hipóteses; a vontade apreende as hipóteses e provoca com elas novos fenómenos que entrega à sensibilidade para controle da razão, num motu contínuo e indefinido, em que a natureza imensa vai abrindo*

*e iluminando os seus mistérios, cada vez mais, profundos, no caminho das verdades que aproxima o homem de Ser Supremo.*

*Sendo o estudo da natureza, a ciência só pode fazer-se por métodos de observação e experiência, evidentemente, — acrescentemos, porque é preciso —, em laboratórios convenientemente apetrechados como reclama há muito entre nós o coro de cientistas da química a que fizemos referência anteriormente. É o domínio predominante da sensibilidade.*

*A prática da ciência exige uma perfeita honestidade intelectual e é uma escola da vida racional. É o domínio da razão.*

*O fim da ciência, sendo a aquisição de conhecimentos e não a sua utilização, ela deve seguir a sua lógica interior e não ser submetida a nenhuma autoridade estranha: a actividade científica exige a liberdade de pensamento e de discussão, de publicação e de pesquisa. É a prática da vontade.*

*Estas proposições são consequências lógicas da primeira, definição de ciência e distinção das suas aplicações, e é, por isso, nesta que vamos insistir, reproduzindo as palavras dum físico inglês, Sir Lawrence Bragg, que há poucos anos tivemos a honra de receber entre nós; e, em seguida, o editorial do mesmo número do Endeavour que publicou o referido artigo de CALDIN, e mostra a incompreensão geral do «papel social da ciência», rejeitando, por toda a parte, os cientistas, no sentido do seu desinteresse natural de apostolado, para uma situação de inferioridade que, entre nós, atinge um carácter endémico deprimente, a ponto de os privar, por vezes completamente, dos mais indispensáveis instrumentos de trabalho e auxiliares.*

*E escusado chamar de novo os testemunhos invocados anteriormente.*

**Distinção entre ciência pura e aplicada**, extracto de *A Humanidade e o Átomo*, por Sir LAWRENCE BRAGG (Listener, 30 de Agosto de 1945). — «A produção da bomba atómica abalou a imaginação de toda a gente, como exemplo do que pode suceder com a aplicação de descobertas científicas, mas entendo que vale a pena sublinhar mais uma vez a distinção que deve fazer-se entre a ciência e a aplicação que se lhe pode dar. Eis um contraste sobre o qual desejo chamar a vossa atenção: Todos nós já vimos nos jornais foto-

grafias das vastas instalações que se montaram na América para produzir a bomba atômica e foi-nos dito que se gastaram nisso centenas de milhões de libras. Ora, no laboratório Cavendish da Universidade de Cambridge existe um pequeno museu onde se exibem algumas peças de aparelhos com que se fizeram experiências históricas. Há dois exemplos destes dispositivos de construção simples que se podem segurar em uma das mãos. Um deles é o vaso em que RUTHERFORD observou as cintilações que lhe deram a conhecer que os *núcleos estavam a ser desintegrados pelos raios do rádio*. O outro é o dispositivo com que CHADWICK fez as experiências que levaram à *descoberta do neutrão*. Estas experiências foram efectuadas à *procura do saber puro* — as de RUTHERFORD imediatamente a seguir à última guerra e as de CHADWICK em 1932 — e nesse tempo pareciam estar *tão longe de qualquer aplicação prática quanto podia estar uma descoberta científica*.

«Todavia, são experiências como estas e outras semelhantes efectuadas em outros países — na Alemanha, na Itália e na Áustria assim como na Grã-Bretanha e na América — que representam a contribuição dos cientistas para a bomba atômica. Costuma falar-se dos cientistas orientarem as suas energias para a invenção de terríveis engenhos de destruição tais como o motor de combustão interna, as armas «V» e agora a bomba atômica, mas *não é isso o que sucede*. Os cientistas acumulam esta reserva de conhecimentos que podem ser utilizados para qualquer fim, para o bem ou para o mal. Sob a pressão da guerra, como disse o presidente da Royal Society, a ciência, alistada contra sua vontade, transformou-se no agente directo da devastação indiscriminada. O cientista explica o que sabe aos estadistas que orientam a política e aos engenheiros que elaboram os planos de produção em vasta escala. Como seria possível a esse homem negar o seu auxílio quando o seu país está em guerra? O que é um erro, o que está mal e é mau, é a guerra e não a ciência, que não conhece fronteiras nacionais e que frui de uma colaboração mundial na busca desinteressada do saber.»

**O Papel Social da Ciência** (Editorial do *Endeavour* de Abril de 1946). — Os progressos da ciência aplicada realizados durante a guerra, e dos quais o desenvolvimento da energia atômica não é senão um exemplo, fizeram convencer enfim o povo de que a

ciência se tornou, melhor ou pior, um factor dominante da vida quotidiana. Os governos das Nações Unidas concentram a justo título a sua atenção sobre o problema do papel futuro da ciência e dos sábios na vida nacional e tomarão provavelmente decisões importantes nos meses próximos. Seria lamentável que a atenção prestada aos problemas da produção, da fiscalização e da utilização da energia atômica fizesse esquecer a necessidade premente de reconsiderar no seu conjunto a questão do futuro da ciência, e de conduzir este inquérito sem cuidado dos preconceitos ou dos expedientes dos políticos: este lugar-comum «a ciência não tem fronteiras» tem hoje uma significação precisa e ameaçadora.

«Muitas discussões recentes sobre o papel social da ciência têm-se limitado a um domínio mais restrito; elas têm considerado o papel social da ciência aplicada, que não é senão um dos aspectos do problema. Publicamos neste número (o referido número do *Endeavour*) um artigo de E. F. CALDIN que trata a questão no seu conjunto com profundidade e objectividade. CALDIN faz, sobretudo, a distinção entre a investigação científica fundamental, a investigação em ciência aplicada, e a tecnologia. Fora dos círculos científicos, geralmente, não se compreende que *os progressos do tempo de guerra foram realizados no domínio das aplicações e que vivemos do nosso capital de conhecimentos fundamentais*. Relativamente poucos progressos foram feitos em ciência pura durante os anos de guerra. Para assegurar sempre um desenvolvimento tão rápido das aplicações, é indispensável o regresso ao programa das investigações fundamentais, programa que os laboratórios das universidades estão particularmente bem colocados para realizar, mas no qual certas das nossas grandes sociedades industriais têm o espírito de tomar uma parte activa e frutuosa.

«É porque não se reconhece a importância vital da investigação fundamental, isto é do estudo dos fenómenos naturais sem considerar os seus fins utilitários, que de vários lados se elevaram ruidosas reivindicações para *uma fiscalização governamental da investigação científica*. *Esta fiscalização seria um grande contra-senso; quem pode com efeito pilotar-nos por caminhos desconhecidos para um fim desconhecido?* Pode-se dirigir a ciência aplicada e a tecnologia, para as quais o problema é aplicar a determinadas necessidades os conheci-



mentos já adquiridos. Os laboratórios industriais, sobretudo, empreendem este género de pesquisas, cuja orientação, no fim de contas, é determinada pela lei da oferta e da procura. Estes desenvolvimentos têm a sua base na acumulação de conhecimentos teóricos não utilizados que só a investigação fundamental pode fornecer, como uma das suas funções. Os partidários da fiscalização citam muitas vezes a bomba atômica como uma prova brilhante dos progressos científicos possíveis debaixo duma só direcção; mas todos os princípios sobre os quais é baseada a bomba atômica foram descobertos antes da guerra por sábios trabalhando individualmente ou em pequenas equipas e cujo único fim era explorar o desconhecido.

«A necessidade de continuar e de animar a investigação fundamental livre levanta o problema importante conexo da situação financeira dos cientistas. Todas as indústrias são de algum modo tributárias da investigação científica, e certas dependem dela completamente. As indústrias da electricidade, do petróleo, do carvão, do aço, as indústrias químicas e têxteis não devem tanto aos investigadores universitários como aos que estudam as aplicações da ciência pura nos seus laboratórios particulares? E todavia o universitário recebe em média um tratamento bem inferior ao dum investigador industrial de valor comparável. Além disso este investigador industrial enquanto estiver especializado na investigação será geralmente mais mal remunerado que os seus colegas dos departamentos administrativos. Passar da investigação pura à investigação aplicada e daí à administração apresenta pois, por toda a parte, um atractivo financeiro. No interesse da ciência, da indústria e da sociedade em geral, é preciso deter ou reduzir esta emigração continua dos homens de valor, não por constrangimento legal, mas recompensando financeiramente de maneira adequada os investigadores de ciência pura e aplicada. *Na grande maioria os homens de ciência não se interessam senão pelos seus trabalhos e o dinheiro é-lhes relativamente indiferente*; mas, para produzir os melhores resultados, eles devem ser libertos de cuidados pecuniários e poder viver ao nível dos seus iguais; este ideal não é atingido em parte alguma. Mas desconfiemos das propostas de melhoria que podem dissimular tentativas de fiscalização. No domínio da investigação pura, é essencial que o sábio esteja inteiramente livre para seguir a sua inspiração: se os grandes sábios

do passado—tais como NEWTON, GALILEU, PASTEUR ou RUTHERFORD—devessem ter seguido determinadas directrizes, teriam decerto produzido importantes resultados, mas o nosso mundo seria certamente mais pobre de algumas descobertas de importância fundamental.

«Para que o povo compreenda a importância do sábio no mundo, é preciso, como foi indicado, explicar-lhe a natureza e o sentido profundo da ciência. É oportuno insistir neste ponto no momento em que tantos sábios cessam as investigações do tempo de guerra para retomar as actividades normais. Interpretar e explicar a ciência é para os sábios um dever pelo qual infelizmente poucos se interessam e menos ainda se revelam competentes. E, entretanto, no momento em que a energia atómica nos faz entrar numa nova era cheia de incerteza, os sábios deveriam ter esta explicação da ciência ao público por um dever tão importante como o próprio desenvolvimento da ciência. Esta educação é necessária mesmo no ponto de vista mais estreito do futuro da investigação: não é com efeito todo o público que custeia a investigação científica? Tanto para conservar os mesmos recursos como para obter no futuro um aumento substancial, parece justo que os primeiros interessados — os próprios sábios — se esforcem na medida do possível por fazer compreender aos seus concidadãos o espírito e os resultados da ciência. Este esforço é necessário para obter o aumento de recursos que a investigação fundamental não pode dispensar. Em ciência aplicada, os resultados — radiofonia, telefone, motores de combustão interna, aviação, etc., falam por si mesmo. *O papel essencial da ciência pura é uma noção mais subtil, e é necessário um esforço especial para fazer compreender a todos a sua importância.* Para atingir cada secção da comunidade não faltam os órgãos de difusão e a cooperação entre os sábios e aqueles que os fiscalizam deveria dar bons resultados para o interesse geral e o avanço da ciência. Um comité central de difusão e uma repartição de informação científica: eis o tipo de intervenção governamental sobre que todos os sábios estão de acordo; mas, se o céu ajuda sobretudo aqueles que se ajudam, é preciso esperar que os sábios, sobretudo os novos, se consagrarão com energia à tarefa de fazer compreender a ciência aos seus concidadãos.»

# Sobre a hidrólise biocatalítica da vitamina B<sub>1</sub>

POR

*Kurt Jacobssohn e M. Deodata Azevedo*

(Instituto Rocha Cabral, Lisboa)

Há alguns anos que estudamos as propriedades e difusão do sistema biocatalítico que destrói a vitamina B<sub>1</sub>, ou seja a tiamina, provocando por exemplo a paralisia de Chastek das Raposas, de sintomas muito parecidos aos da avitaminose B<sub>1</sub> no Homem. A existência dum tal principio activo no organismo permitiria supor que, duma maneira geral, certas avitaminoses possam resultar da acção biocatalítica de principios endógenos ou exógenos que inactivem vitaminas.

A natureza química do fenómeno foi estabelecida, em 1944, por KRAMPITZ E WOOLLEY (1) que mostraram que a vitamina é destruída pela sua hidrólise «enzimática», em virtude da acção das vísceras cruas da Carpa com que foram alimentadas as Raposas sofrendo da paralisia. Identificaram os produtos formados a partir da tiamina, pela rotura da ponte metilénica entre os núcleos heterocíclicos: 2-metil-4-amino-5-hidroxi-etiltiazol e 4-metil-5-hidroxi-metil-pirimidina. SEALOCK e colaboradores (2), baseando-se em estudos cinéticos, confirmaram esta hipótese. Os primeiros Autores verificaram, além disso, que o principio activo é formado por uma fracção termo-instável e não dialisável e outra dialisável e estável a diferentes temperaturas, o que veio em apoio da sua teoria enzimática.

O problema bioquímico pareceu-nos suficientemente interessante para realizarmos estudos sistemáticos sobre a difusão do sistema catalítico e sobre o mecanismo que inactiva a vitamina B<sub>1</sub>.

No início dos nossos trabalhos constatámos que o sistema activo que se poderá designar, a título convencional, pelo termo enzimológico «tiaminase», se encontra noutros peixes de água doce, pertencendo como a Carpa aos *Cyprinidae* (3,4); a sua existência na Truta e em peixes de água salgada como o Arenque e a Cavala foi mostrada por Melnick (5) Woolf (6), Yudkin (7) e outros.

Estudos realizados por K. K. Reddy, K. V. Giri e R. Das (8) revelaram a actividade «antivitaminica» de um Molusco de água doce *Lamellidens marginalis*; nos nossos ensaios, também encontramos o sistema activo já mencionado noutros Moluscos e em Crustáceos (9). Em extractos de órgãos de Cobaia e de Rã não verificámos a existência do enzima, assim como o sangue humano se mostrou inactivo; mas as visceras de Cágado hidrolisaram, por vezes, a aneurina (10). Notámos também esta actividade irregular no Camarão, sem que até agora tenhamos podido verificar a razão que se deve procurar, naturalmente, acompanhando a evolução dos animais em função da idade ou da estação do ano (11).

O baço é o órgão da Carpa mais rico em tiaminase, mas também as guelras e os intestinos são muito activos; menor é o conteúdo do sangue, dos rins, do coração e dos órgãos sexuais; os músculos têm quantidades mínimas (12).

Os vegetais e microrganismos que estudámos foram escolhidos em parte entre os que produzem vitamina B<sub>1</sub>. Todos estes: arroz descascado, casca de arroz, levedura, preparações secas de *B. coli* e *Aspergillus orizae* revelaram-se inactivos (3). Ensaio com folhas verdes não nos permitiram chegar a quaisquer resultados, porque as suspensões fermentativas adsorveram completamente a vitamina (10).

No entanto, um trabalho de WESWIG, FREED e HAAG (13) sobre fenómenos tóxicos provocados em animais alimentados com *Pteris aquilina* levou-nos a estudar, *in vitro*, a acção de fetos sobre a tiamina. Constatamos com suspensões de *Neprolepsis exalta Schott* a fermentação da vitamina B<sub>1</sub>, análoga à das preparações já mencionadas (14). Outros fetos, como *Cyrtomium falcatum J. Sm.* (15) e *Pteridium aquilinum* (16) também se revelaram activos, desde

que as folhas não tivessem esporos (14,16); neste caso a actividade é quase nula.

Tentámos obter extractos de folhas activos, o que só conseguimos com o *Cyrtomium falcatum* J. Sm. (15); os extractos de *Pteris aquilina* são muito menos activos do que as suspensões. A actividade das folhas com esporos levou-nos a estudar um protalo que se revelou tão activo como as folhas adultas (16).

Além destes fetos, também o *Aspidium felix mas.* e *Dryopteris austriaca*, estudados mais tarde por SOMOGYI, provocaram *in vitro* a destruição da aneurina (17).

Noutra série de experiências, procurámos a tiaminase em sementes de soja, ervilha, feijão, grão e chícharo, mas todos os resultados foram negativos, assim como os ensaios com um feto aquático (16).

Quanto às propriedades características da tiaminase, tanto os extractos animais como vegetais revelaram-se bastante resistentes aos metais. Com preparações animais verificámos pouca acção do ião mercúrico (18) e com preparações vegetais obtivemos o mesmo resultado com o ião uranilo (19) que só inactiva o enzima quando presente em concentrações elevadas. Em ensaios recentes, estudamos a acção dos iões zinco, manganés (II), cálcio e magnésio sobre a tiaminase dos fetos, verificando uma ligeira acção inibidora dos três primeiros catiões mencionados, enquanto que o último não teve qualquer influência na destruição da vitamina (20).

K. K. REDDY, K. V. GIRI E R. DAS, com extractos de *Lamelidens marginalis*, verificaram também uma inactivação pelo cobre mais enérgica do que pelo zinco, ao passo que o magnésio e o ferro não teriam qualquer influência na hidrólise enzimática. O manganés, por outro lado, seria favorável à acção do enzima (8).

A morfina, o tolueno (18) e várias substâncias bacteriostáticas, como a penicilina e uma sulfamida (21), não têm qualquer acção sobre a destruição da vitamina B<sub>1</sub>. Só a estreptomycin (21) parece provocar uma ligeira inactivação, bem como o ácido p-aminosalicílico (16).

Em virtude da correlação entre aneurina e o papel fisiológico da acetilcolina, pareceu-nos interessante verificar se esta última teria acção sobre a velocidade de fermentação da vitamina. Não se manifestou, no entanto, qualquer alteração na velocidade de hidrólise (4).

Estudámos também o papel do ácido iodoacético e o de um fluoreto alcalino. Segundo PETERS (22), a carência de aneurina e a presença de certos inibidores enzimáticos, como arsenitos e seus derivados orgânicos (levisite), teriam acção bioquímica análoga: inibição da oxidase pirúvica, o que traria como consequência a acumulação de ácido pirúvico. Ora se o fluoreto e o iodoacetato exercessem um efeito inibidor sobre a tiaminase, a quantidade de vitamina aumentaria de tal modo, que a inibição deste enzima se poria à acção daquelas substâncias sobre a oxidase pirúvica.

Os nossos resultados mostraram que o ácido iodoacético exerce apenas ligeira activação do enzima, enquanto que o fluoreto não exerce qualquer efeito apreciável, de modo que a inibição da pirúvico-oxidase não seria compensada (10).

O primeiro destes resultados não está de acordo com os que K. K. REDDI, K. V. GIRI E D. RAS obtiveram com extractos de *Lamellidens marginalis*, que consistiu pelo contrário numa inactivação, ao  $\text{pH} = 3,5$  (8).

Quanto ao optimum de  $\text{pH}$ , encontrámos, na realidade, diferentes valores, conforme a origem do sistema fermentativo empregado. Assim, trabalhando com suspensões de folhas de *Neprolepsis exalta Schott*, verificámos dois óptima de actividade e uma resistência nitidamente diferente ao calor para os valores de  $\text{pH}$  3,6 e 6,5 (23), o que está perfeitamente de acordo com os trabalhos de REDDI, GIRI E DAS que estudaram o mesmo sistema enzimático num Molusco (8). Com extractos de *Cyrtomium falcatum J. Sm.* o optimum de  $\text{pH}$  encontra-se aproximadamente em meio neutro (15). Quaisquer destes resultados estão em contradição com os de KRAMPITZ E WOOLLEY (1) e os de SEALOCK (2), tendo os primeiros verificado que a quantidade de aneurina destruída pelas preparações de Carpa não era alterada por variações de  $\text{pH}$  de 1 a 8, enquanto que o máximo de actividade das preparações de SEALOCK se verificava para  $\text{pH} = 9,1$ .

De acordo com KRAMPITZ E WOOLLEY (1), constatámos ser  $37^\circ \text{C}$  o optimum de temperatura da hidrólise enzimática da aneurina, mesmo a partir de extractos vegetais (16).

Os resultados das experiências sobre o optimum de  $\text{pH}$ , resistência ao calor, influência de iões metálicos e de certos inibidores

enzimáticos no comportamento do sistema activo responsável pela hidrólise da tiamina, fazem admitir que as preparações animais e vegetais sejam diferentes umas das outras, e além disso, que nas preparações vegetais existam dois fermentos com óptima de pH respectivamente 3,6 e 6,5, reagindo diferentemente à acção de agentes inibidores ou favoráveis à hidrólise da vitamina.

Por outro lado, SEALOCK e GOODLAND (24) observaram uma inibição específica do enzima por substâncias análogas à tiamina ou aos seus produtos de hidrólise, como por exemplo o o-amino-benzil-(3)-4-metiltiazol. SEALOCK e LIVERMOE (25) puseram em evidência o papel do grupo o-aminado na inibição da tiaminase, ao passo que os compostos aminados em posição p- e m- não deram este efeito, verificando-se com este último uma activação. SEALOCK e WHITE (26) provaram que a inibição pela neopiritiamina não seria uma inibição no sentido vulgar do termo porque esta substância é um substrato competitivo da tiamina.

Em outros ensaios, confirmámos as observações de KRAMPITZ e WOOLLEY (1), segundo as quais a actividade da tiaminase é às vezes paralisada antes da hidrólise total da vitamina, mas observámos que se pode levar a fermentação mais longe pela adição de novas quantidades de extracto (10).

Numa outra série de experiências, procedemos a ensaios com o fim de conseguir a síntese da aneurina a partir dos produtos da sua hidrólise. Neste sentido, depois da fermentação total obtida com um extracto de Camarão, inactivámos a hidrólise em banho-maria; em seguida, juntámos sangue humano e outras preparações de órgãos animais e de tecidos vegetais, suspeitos de poderem realizar o processo sintético. Porém nunca temos conseguido o reaparecimento da tiamina (10).

No entanto, EMÍLIO e RUDOLFO ABDERHALDEN afirmam ter demonstrado que o tecido animal produz a síntese da vitamina a partir das fracções pirimidínica e tiazólica (12, 28).

Com o fim de estudar *in vivo* a acção da tiaminase, conservámos, durante alguns dias, dois peixes da espécie *Carassius carassius* em água contendo 500  $\gamma$  de aneurina. A vitamina, que seria destruída *in vitro* pelos extractos das vísceras dos animais, não foi todavia hidrolisada pela actividade metabólica dos animais vivos (11) como se verificou pela análise da água.

Quanto à técnica das nossas experiências, as preparações activas foram obtidas, quer mediante extracção dos tecidos com cloreto de sódio a 10 0/0, conforme a técnica de KRAMPITZ e WOOLBY, quer com tampão de fosfatos alcalinos M/15, com água e ainda com soro fisiológico. A actividade dos extractos em tampão de fosfatos ou cloreto de sódio é superior à que se observa em água ou soro fisiológico (14, 9). Conseguimos ainda obter um extracto seco por meio de acetona e éter (9). De modo geral, trabalhamos num meio neutro a 37° C.; nestas condições, centenas de  $\gamma$  de vitamina fermentam, às vezes, em poucas horas pela acção de alguns cm<sup>3</sup> de extracto. Como substrato empregamos cloridrato de aneurina (Benerva-Roche) em concentrações variáveis de 10  $\gamma$ /cm<sup>3</sup> a 50  $\gamma$ /cm<sup>3</sup>.

Para determinação da aneurina recorreremos à técnica fluoroscópica da escola de JANSEN. A alguns cm<sup>3</sup> de líquido de ensaio adicionámos 1 cm<sup>3</sup> de uma solução de ferricianeto de potássio a 1 0/0 e 1 cm<sup>3</sup> de uma solução de soda cáustica a 28 0/0. O tiocrómio resultante da oxidação da vitamina extraiu-se em seguida com 10 cm<sup>3</sup> de álcool isoamílico. Constatámos (3) que o álcool isobutilico pode ser substituído pelo álcool isoamílico para a extracção do tiocrómio, mas não pelo álcool caprilico.

A fracção alcoólica, depois de seca com sulfato de sódio anidro, foi submetida à luz ultravioleta de uma lâmpada «Philora», e a intensidade da fluorescência comparada com a de testemunhas de concentrações conhecidas.

Esta técnica, que em virtude da falta de uma instalação fluorimétrica acusa erros até 20 0/0, teve por vezes que ser alterada, em virtude de certas suspensões de tecido animal ou vegetal adsorverem a aneurina. Na impossibilidade de obtermos um adsorvente, como a franconita, empregada por KRAMPITZ e WOOLLEY, evitámos esta adsorção, tratando o líquido de ensaio com 2 cm<sup>3</sup> de ácido tricloracético a 5 p. 100, durante meia hora (4), ou preparando os extractos secos por meio de acetona e éter (9). Verificámos, também, que por vezes a adsorção diminui, conservando as preparações enzimáticas durante algumas horas a 37°, o que se deve atribuir, sem dúvida, a certas alterações da estrutura coloidal das proteínas (27).

Os resultados sobre a difusão e as propriedades características do sistema que provoca a hidrólise da aneurina, inactivando o seu



efeito biológico, têm que ser analisadas aqui sob o ponto de vista bioquímico. No que diz respeito à «destruição» da tiamina, a nosso ver, não há dúvida alguma de que no sistema analisado não se trata duma acção antivitaminica no sentido de uma inactivação do factor em estudo por processos químicos, não específicos, como por exemplo se observam com as antivitaminas K, ou dum efeito de absorção que inibe a acção vitamínica, mas sim de uma hidrólise biocatalítica. No entanto, seria pouco fecunda uma discussão académica que recaísse sobre a natureza bioquímica, enzimática ou não, do mecanismo desta hidrólise. A termo-instabilidade do principio activo, o efeito do valor do pH, dos iões metálicos e dos tóxicos orgânicos, os estudos sobre a cinética e inibição específica do sistema, tal como as diferentes propriedades que encontramos para preparações animais e vegetais, levar-nos-iam a afirmar a natureza enzimática da tiaminase, se não fosse garantido o mecanismo biocatalítico da hidrólise. Na realidade, hoje só este importa, sendo sem interesse algum a definição de enzimas que são biocatalisadores de características especiais.

Para a química fisiológica, a hidrólise da vitamina B<sub>1</sub> por um agente biocatalítico destruidor da sua acção é interessante sob vários pontos de vista. Se abstrairmos do problema da avitaminose ou hipovitaminose que deve ser o resultado patológico da acção da tiaminase nos seus vários aspectos hormono-metabólicos, problema analisado em milhares de trabalhos fisiológicos que estudam a acção da aneurina, sempre interessa um novo método que permite experimentalmente provocar *in vivo* a carência em tiamina, sem recurso a dietas artificiais e sintéticas a que podem faltar sempre constituintes indispensáveis, fora de vitamina B<sub>1</sub>.

Além disto, a existência de um biocatalisador que inactive a aneurina é de importância decisiva para a química das vitaminas.

Os nossos ensaios acima mencionados para conseguir *in vitro* a confirmação da biosíntese da aneurina, segundo RUDOLFO e EMÍLIO ADERHALDEN a partir dos produtos da sua hidrólise biocatalítica, ensaios que por enquanto não deram resultado positivo, chamam a atenção dos químicos fisiologistas sobre o problema dos ciclos bioquímicos que garantem o equilíbrio dinâmico dos fenómenos vitais. Achamos possível que a tiaminase tenha acção reguladora um pouco análoga à da colinesterase, que é hoje objecto de estudo universal, e

é possível que o mecanismo da síntese vitamínica, tal como no exemplo apontado, dependa de sistema catalítico diferente do destruidor. Excesso deste deve alterar o ciclo, com perturbações metabólicas graves como a avitaminose B<sub>1</sub>. Admitimos que o sistema catalisador da síntese é muito mais sensível que o da hidrólise e que, por conseguinte, depois dos fenómenos autolíticos da morte, só este se pode identificar *in vitro*. De facto, *in vivo* não conseguimos observar a hidrólise da tiamina, o que explicamos pela hipótese do antagonismo ana-catalítico em equilíbrio.

Em todo o caso, é de importância decisiva a existência de um princípio biocatalítico que possa destruir no organismo a tiamina, provocando uma avitaminose, sem que este fenómeno seja devido à falta de vitamina na alimentação.

#### BIBLIOGRAFIA

- ( 1 ) L. O. KRAMPITZ e D. W. WOOLLEY, *Jl. Biol. Chem.*, **152**, 9, 1944.
- ( 2 ) R. R. SEALOK, A. H. LIVERMORE e C. A. EVANS, *Jl. Am. Chem. Soc.*, **65**, 935, 1943, ver K. K. REDDY, K. V. GIRI e R. DAS, *Enzymologia*, **12**, 236, 1948.
- ( 3 ) M. D. AZEVEDO, *Arch. Portug. Sc. Biol.*, **9**, 87, 1946, Supl.
- ( 4 ) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, *Arch. Portug. Sc. Biol.*, **9**, 79, 1946, Supl.
- ( 5 ) D. MELNICK, M. HOCHBERG e B. L. OSER, *Jl. Nutrition*, **30**, 81, 1945, ver K. K. REDDY, K. V. GIRI e R. DAS, *Enzymologia*, **12**, 238, 1948.
- ( 6 ) L. E. WOOLF, *Fisheries Research. Bull. n.º 2*, N. Y. States Cons. Dept 2, 1942, ver K. K. Reddy, K. V. Giri e R. Das, *Enzymologia*, **22**, 238, 1948.
- ( 7 ) W. H. YUDKIN, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **60**, 268, 1945, ver K. K. GIRI e R. DAS, *Enzymologia*, **12**, 238, 1948.
- ( 8 ) K. K. REDDY, K. V. GIRI e R. DAS, *Enzymologia*, **12**, 238, 1948.
- ( 9 ) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, *Arch. Biochem.*, **14**, 83, 1947.
- ( 10 ) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, *Enzymologia*, **13**, 62, 1947.
- ( 11 ) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1150, 1948.
- ( 12 ) E. ABDERHALDEN, *Z. Vitamin-Hormon und Fermentforsch.*, **1**, 186, 1947.
- ( 13 ) P. H. WESWIG, A. M. FREED e J. R. HAAG, *Jl. Biol. Chem.*, **165**, 737, 1946.
- ( 14 ) K. P. JACOBSON, *Arch. Portug. Sc. Biol.*, **10**, 52, 1948, Supl.
- ( 15-16 ) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, *Arch. Portug. Sc. Biol.*, **10**, 73, 1949.
- ( 17 ) J. G. SOMOGYI, *Int. Rev. Vitamin-Research*, **21**, 341, 1949.

- (18) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, Arch. Portug. Sc. Biol., **9**, 85, 1946, Supl.
- (19-20) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, Arch. Port. Sc. Biol. (em publicação).
- (21) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, Arch. Portug. Sc., Biol., **9**, 124, 1947, Supl.
- (22) R. A. PETERS, Bull. Soc. Chim. Biol., **28**, 700, 1946.
- (23) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, Arch. Portug. Sc. Biol., **10**, 67, 1949.
- (24) R. R. SEALOCK e R. L. GOODLAND, JI. Am. Chem. Soc., **66**, 507, 1944, ver R. R. SEALOCK e A. H. LIVERMORE, JI. Biol. Chem., **177**, 553, 1949.
- (25) R. R. SEALOCK e A. H. LIVERMORE, JI. Biol., Chem., **177**, 553, 1944.
- (26) R. R. SEALOCK e S. H. WHITE, JI. Biol. Chem., **181**, 393, 1949.
- (27) K. P. JACOBSON e M. D. AZEVEDO, Reunião. Biol. Portug., **2**, 3, 1947.
- (28) J. BONNER e F. R. BUCHMAN, Proc. Nat. Acad. Sc., **24**, 431, 1938, ver W. H. YUDKIN, Physiol. Rev., **29**, 389, 1979.

# Novas reacções para o protactínio

FOR

*Maria Regina Sales Grade*

Assistente da Faculdade de Ciências de Lisboa

A Química do protactínio, assim como a de vários outros radioelementos, oferece grandes dificuldades que, em parte, podem resultar da acção perturbadora de fenómenos adsortivos, de arrastamentos mecânicos e de precipitações coloidais.

Como é sabido, na distribuição analítica dos sulfuretos, o do protactínio acha-se entre os do grupo do sulfureto de amónio; mas, em solução ácida, já ele é arrastado, embora parcialmente, pelos sulfuretos insolúveis em tal meio, propriedade esta prejudicial quando se pretenda extrai-lo, isolando-o, sem perdas, de certos elementos (cobre, estanho, bismuto, alumínio, ferro, etc.), que são frequentes nos minérios.

Ora, no decurso dum longo trabalho, cujo principal objectivo era obter protactínio *puro* a partir de minérios de urânio, revelaram-se algumas propriedades daquele radioelemento, ainda não mencionadas na bibliografia. Dentre elas damos agora conta de duas, em que baseámos um novo processo para a sua rápida separação quantitativa.

Uma certa porção de protactínio, adicionada de titânio como seu suporte material, e ainda de quantidades conhecidas dos elementos estáveis acima aludidos, foi submetida a um adequado tratamento, para simultâneamente solubilizar todas aquelas substâncias num meio francamente ácido ( $p_H$  cerca de 3), contendo também uns

2 % de ácido tartárico. Verificámos então que este último impede o arrastamento do protactínio pelos sulfuretos que precipitam em meio ácido, mantendo-se o radioelemento e o titânio em solução, ambos decerto sob a forma de complexos tartáricos. Estes também se formam em meio alcalino, visto que, na presença do ácido orgânico, o protactínio não acompanha os sulfuretos que precipitam a  $p_H$  superior a 7.

A extracção do protactínio, integrado nos referidos complexos, é bastante fastidiosa, e este facto tornaria incómodo aproveitar, para o desejado objectivo, a reacção agora caracterizada.

Mas, verificámos além disso que nas soluções tartáricas, de apropriado  $p_H$ , o cupferron provoca a precipitação completa do protactínio com a do titânio. Esta propriedade permitiu-nos recuperar-los muito facilmente após a calcinação dos cupferronatos obtidos, que dão óxidos daqueles elementos. O filtrado dos cupferronatos ficou inactivo e o protactínio inicial foi desse modo inteiramente reavido.

De comprovada utilidade, e por isso digna de apreço, nos pareceu esta nossa contribuição, cuja parte experimental foi realizada no Laboratório de Radioquímica da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Finalmente desejamos aqui deixar consignado o nosso agradecimento ao ilustre Director dos Laboratórios de Química, Sr. Professor Dr. A. PEREIRA FORJAZ, pelas facilidades concedidas, e à Sr.<sup>a</sup> Professora Dr.<sup>a</sup> D. BRANCA E. MARQUES também pelos seus constantes incitamentos e conselhos.

Lisboa, 10 de Julho de 1950.

# I—Primeira análise, sumária, da nascente das Caldas de S. Lourenço.

II — Notícia dos restos doutra estância termo-sulfúrea muito mais antiga na mesma encosta, cerca de dois quilómetros a jusante da primeira (1).

POR

*Abílio Barreiro*

## I

A nascente das Caldas de S. Lourenço que examinei está situada na proximidade e à altitude de 30 metros superior à da estação do caminho de ferro do mesmo nome na margem esquerda do rio Tua, freguesia de Pombal de Anciães, concelho de Carrazeda de Anciães, distrito de Bragança, na encosta voltada para N. N. W. dum desses montes altos, abruptos e pedregosos, por entre os quais desce e rio na última parte do seu percurso.

Dista da estrada mais próxima, de Pombal, cerca de 4 quilómetros, «por uma terra tão áspera que só a pé se pode andar por ela», como dizia, em 1726, o Dr. Fonseca Henriques.

Entre as caldas portuguesas são as de S. Lourenço uma das mais antigamente conhecidas e afamadas e só as dificuldades de acesso, incompatíveis com a vida moderna, podem explicar o atraso e desconforto das habitações locais.

---

(1) Comunicações apresentadas ao 1.º Congresso Luso-Espanhol de Hidrologia, em 1947.

## NOTÍCIA BIBLIOGRÁFICA

- Dr. FRANCISCO DA FONSECA HENRIQUES: «Aquilégio Medicinal», Lisboa-Ocidental — (1726) — pág. 33.
- Dr. FRANCISCO TAVARES: «Instruções e Cautelas Práticas, etc.», Coimbra — (1810) — pág. 58.
- Dr. ANTÓNIO ALBINO DA FONSECA BENEVIDES: «Memória sobre o Uso das Nossas Aguas Minerais Sulfurosas», Lisboa — (1837) — pág. 8.
- FRANCISCO DA COSTA FÉLIX: «Aguas Minero-Medicinais em Geral, etc.» (tese inaugural), Lisboa — (1877) — pág. 114.
- ALFREDO LUÍS LOPES: «Aguas Minero-Medicinais de Portugal», Lisboa — (1892) — pág. 348.
- LUÍS ACCIAIUOLI, Eng.º-Chefe da I. A.: «Aguas de Portugal em 1940», Lisboa — (1942) — pág. 209.

*Nota.* — Acerca desta bibliografia desejo sublinhar que a notícia primeiro dada pelo Dr. FONSECA HENRIQUES, em 1726, de que o tanque-balneário de S. Lourenço foi mandado construir pelo «zelo do padre ANTÓNIO SEIXAS, pároco e natural de S. Lourenço» não se concilia com a data de 1780 atribuída ao mesmo facto por ALFREDO LUÍS LOPES e todos os autores que se lhe seguiram, pelo que julgo que esta última data deverá ser rectificada para *antes de 1726*.

## Análise Química

Com os meus auxiliares, o analista Dr. ANTÓNIO AUGUSTO GOMES e Assistente Eng.º RODRIGO GUEDES DE CARVALHO, fiz a visita a estas Caldas no dia 9 de Junho último, em que, pelos processos habituais, procedemos aos ensaios qualitativos prévios, determinações do pH, da alcalinidade, da sulfuração e da radioactividade e colhemos amostras para análises laboratoriais.

Na proximidade da fonte o cheiro e a presença das sulfurárias revelam desde logo a natureza sulfúrea da água.

A nascente, um pouco dissimulada por uma pequena disposição artificial de pedra e cimento, surge na frente de uma massa rochosa, atrás da antiga capela de S. Lourenço e desagua dentro de esta num pequeno tanque, mandado construir pelo «zelo do padre ANTÓNIO SEIXAS, pároco e natural de S. Lourenço», segundo refere em 1726 o Dr. FONSECA HENRIQUES.

É neste tanque que ainda hoje são tomados os banhos frios.

Para os banhos quentes a água vai encanada, através de uma caldeira aquecida, a 3 banheiras: uma de ferro esmaltado, outra de zinco e outra de cimento.

Perto encontra-se, em ruínas, desmantelado, o antigo balneário com dez compartimentos de madeira.

O *caudal* é de 92,5 litros por minuto, 133.200 litros por 24 horas.

A água, introduzida numa proveta estreita e alta, mostra o desenvolvimento de finas bolhas gasosas que ficam aderentes às paredes.

Tem cheiro e sabor sulfídrico, fugaz, é inteiramente límpida e incolor, mesmo depois de prolongado repouso ao ar e ligeiramente untuosa ao tacto.

No dia 9 de Junho de 1947, às 16 horas, com a pressão de 753 mm e a temperatura do ar de 27, 2.º a temperatura da água, na nascente, foi de 31,14º.

A reacção de CARO e FISHER, imediata, e intensa, revelou o *ácido sulfídrico livre*.

O nitro-prussiato de sódio (ou reagente de PLAYFAIR) na água natural e alcalinizada revelou a existência de *sulfuretos*.

Pelo método colorimétrico, com vermelho-fenol, encontrou-se:  $pH = 8,1$ .

*Alcalinidade total* pelo ácido sulfúrico e fenoftaleína. No local, adicionando a 500 cc de água 47 cc de ácido sulfúrico N/10, fervendo até expulsar todo o  $CO_2$  e o  $SH_2$  e juntando soda N/10 até neutralizar o excesso do ácido sulfúrico, gastaram-se 24,6 cc de soda N/10, o que corresponde a  $47-24,6 = 22,4$  cc de  $SO_4 H_2$  por meio litro, ou seja *por litro*:

em volume.....	44,8 cc de $SO_4 H_2$
em peso.....	0,21965 grs » »
equivalente a.....	0,23744 grs » $CO_3 Na_2$

*Sulfuração total* pelo método de DUPASQUIER, modificado. Volume de iodo N/100 absorvido por um litro de água 7,3 cc, que corresponde a....

0,00117 grs de S,
0,00124 » » $SH_2$
0,00205 » » $SHNa$ ,
0,00385 » » $SNa_2$ .



*Radioactividade.* Para determinar a radioactividade, usou-se um aparelho bifilar de WÜLF. Determinou-se primeiro a velocidade da queda de potencial, que foi normal, com a câmara de ionização contendo apenas ar. Em seguida, com meio litro de água, a velocidade de queda do potencial foi tão rápida que não pôde ser convenientemente seguida com o cronómetro, o que mostra que a água é muito fortemente radioactiva. Para se poder acompanhar a velocidade da queda de potencial e determinar numericamente a radioactividade, seria preciso o descanso demorado do aparelho e o emprego de muito menor quantidade de água, o que não pôde fazer-se por falta de tempo.

Procedeu-se, no Laboratório, à determinação dos hipossulfitos, dos cloretos, do resíduo sólido e à investigação dos catiões e dos aniões; encontrou-se:

*Hipossulfitos.* O doseamento dos hipossulfitos foi feito precipitando os sulfuretos pelo cloreto cúprico, filtrando e tratando o filtrado pelo iodo de normalidade 0,0086; gastaram-se, por litro, 0,8 cc, que equivale a volume do iodo N/100... 0,688 cc, que corresponde a 0,00109 grs de  $S_2 O_3 Na_2$ .

A *sulfuração real* corresponde, portanto, a  $7,3 - 0,688 = 6,612$  cc, ou seja..... 0,00106 grs de S

0,00113 » »  $SH_2$

0,00185 » »  $SHNa$

0,00258 » »  $SNa_2$ .

*Cloretos* — Pelo método de MOHR, encontrou-se,  
 por litro. .... 0,0355 grs. de Cl  
 que equivale a..... 0,0583 » »  $ClNa$ .

*Resíduo sólido*, a  $170^\circ$ , por litro.... 0,2515 »

A *análise qualitativa* revelou:  
 parte do resíduo insolúvel na água e no CIH: *Sílica* (abundante)  
 » » » solúvel na água e no CIH:

*Catiões:*

*Alumínio*, *magnésio* e *potássio* (pouco abundantes), *cálcio* e *sódio* (abundantes);

*Aniões:*

*Hipossulfitos e sulfatos* (pouco abundantes), *sulfuretos, carbonatos e cloretos* (abundantes).

Não revelou princípios de inquinação aos reagentes habitualmente usados para os investigar.

Melhoradas as condições de captagem, a sulfuração deverá aumentar, como se vê pela presença dos hipossulfitos em quantidade não desprezível.

*Conclusão* — Por este exame sumário, a esta água competirá provisoriamente, a seguinte divisa hidrológica:

*Água mesotermal, hipossalina, cloro-sulfidratada sódica, carbonatada alcalina e muito fortemente radioactiva.*

## II

### Caldas Velhas

Na mesma encosta escarpada, sobre um barranco, cerca de dois quilómetros a jusante daquele em que se encontram as Caldas de S. Lourenço, há, pouco acima também da linha férrea, duas nascentes a pequena distância uma da outra, uma termo-sulfúrea e outra de águas férreas e, algumas dezenas de metros acima, um local de muito difícil acesso, designado com o nome de *Caldas Velhas*.

Este local tem uma nascente também sulfúrea, mais considerável que a inferior, e que desagua num tanque que passa por ter sido coberto e servido de balneário. Não tem vestígios de habitações recentes, mas ruínas de antigas e numerosas casas rectangulares de ângulos arredondados.

Estas Caldas devem ser muito anteriores ao Dr. FONSECA HENRIQUES que, natural de Mirandela, descreve, em 1726, tão

detalhadamente como *de visu*, as Caldas de S. Lourenço e, esforçando-se por ser completo, não faz a menor referência às Caldas Velhas, como, de resto, nenhum escritor, que eu saiba, até hoje.

Como as estâncias minero-medicinais mais notáveis têm procurado e encontrado debaixo da terra os seus pergaminhos romanos, é possível que os pergaminhos romanos ou mesmo pré-romanos das Caldas de S. Lourenço se encontrem nestas ruínas das Caldas Velhas que as águas da quebrada não deixaram cobrir de terra.

Julgo, ainda, que estas ruínas duma estância sulfúrea abandonada de tempos imemoriais são uma mina preciosa para os estudiosos que dispuserem de elementos para as explorar e, por isso, as apontei ao Congresso.

# Ce que l'on voit dans le ciel

(Avec projections)

PAR

*Madeleine Cordier*

Chacun sait que l'Astronomie est une des plus anciennes sciences : Ptolémée avait déjà proposé un système du monde, et dès le 16<sup>ème</sup> siècle, alors que la physique était balbutiante et la chimie encore toute entachée de métaphysique, COPERNIC énonçait les lois rationnelles auxquelles obéissent les mouvements des astres et des étoiles; un siècle plus tard des retouches furent apportées à ces lois par KEPLER et NEWTON. A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle il semblait que l'observation directe du ciel, l'enregistrement photographique, et l'application des lois mathématiques avaient donné tout ce qu'il était possible d'attendre de ces méthodes. Mais voici qu'alors les progrès de la physique, considérée pendant des siècles par les mathématiciens et les astronomes comme une science secondaire, vinrent apporter à la connaissance du ciel et de la structure de l'Univers une telle abondance de renseignements que notre savoir dans ce domaine a considérablement augmenté depuis 20 ans, et qu'il a augmenté en extension et en finesse, puisque le nombre d'étoiles connues est maintenant prodigieux et que d'autre part, nous avons des renseignements précis sur la distance de ces étoiles, sur leur température, sur leur structure, sur leur évolution. Cette nouvelle branche de la science, qui s'est montrée si féconde dans ces derniè-

res années et qui ne nous a pas encore donné tout ce qu'elle peut c'est l'astrophysique, science dont le développement peut être considéré comme lié aux travaux publiés de 1916 à 1918 par l'astronome américain HARLOW SHAPLEY, de l'Observatoire du Mont Wilson.

Quels sont les moyens dont dispose l'astrophysique? Essentiellement la photographie. En effet, l'observation visuelle d'une étoile permet de la déceler si la quantité de lumière venant de cette étoile et pénétrant dans l'oeil de l'observateur est suffisante pour exciter la rétine: cela est possible pour un nombre déjà important d'étoiles qui sont assez puissantes ou pas trop éloignées. Mais sur une plaque photographique pourront s'inscrire les images d'étoiles tout à fait invisibles: il suffira de maintenir la pose assez longtemps, car sur la plaque photographique les flux lumineux s'accumulent, ils s'intègrent comme l'on dit, et au bout d'un temps de pose assez long, la plaque est impressionnée, même si l'étoile est invisible à l'oeil nu: on utilise ainsi couramment des poses de plusieurs heures, voir dix ou onze heures.

Quant à la spectrographie, c'est une méthode physique qui nous a apporté depuis vingt ans une foule de renseignements sur la constitution des corps, soit à l'état de molécules, soit à l'état d'atomes neutres ou chargés, ionisés comme nous disons. En quoi consiste-t-elle? on sait que la lumière blanche quand elle traverse un prisme est décomposée en un ensemble de 7 couleurs principales: violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge, qui constitue ce qu'on appelle un spectre; en réalité ce n'est pas sept couleurs qu'il y a mais une infinité, dont les teintes varient d'une façon continue. De la même façon, n'importe quelle lumière sera, en passant dans un prisme, décomposée, donnera son spectre et cela nous renseignera sur la composition exacte de la lumière et du même coup nous donnera toutes sortes de renseignements sur la nature du corps, sur sa composition, sur sa température et même comme nous le verrons plus loin, sur son mouvement.

Il faut aussi signaler que des progrès immenses furent faits grâce à l'amélioration des lunettes et des télescopes: depuis que GALILÉE imagina en 1609 la première lunette qui porte son nom, la puissance des instruments a considérablement augmenté; le plus

puissant télescope du monde se trouve en Amérique, à l'observatoire du Mont-Wilson: le diamètre de son miroir est 2<sup>m</sup>,50 et son grossissement est de 100 environ; et les Américains construisent actuellement un miroir de 5 m. de diamètre qu'ils espèrent mettre en service dans quelques années, ce qui aura pour effet de doubler encore le grossissement. Je ne veux pas passer sous silence les difficultés techniques que présente la construction de tels miroirs: les masses de verre qui les constituent pèsent plusieurs tonnes, leur coulée est donc très délicate et pour que la surface réfléchissante du miroir soit bonne il faut que le refroidissement de la masse de verre soit très lent: il demande plusieurs années.

Voyons maintenant par quelques chiffres la progression de nos connaissances sur la constitution de l'Univers. Le premier catalogue d'étoiles dont nous puissions faire état a été établi par HIPPARQUE, de l'île de Samos, en 130 avant Jésus-Christ; nous ne possédons pas ce catalogue, mais nous avons celui de PTOLÉMÉE, qui probablement le reproduit: il fait mention d'un millier d'étoiles qui sont classées en différentes grandeurs d'après leur éclat apparent, c'est-à-dire d'après leur éclat jugé par un observateur terrestre.

HERSCHEL, à la fin du 18<sup>me</sup> siècle, a recensé les étoiles grâce à des télescopes dont le plus grand avait 1<sup>m</sup>,22 de diamètre et plus de 12 m. de longueur: il estimait qu'il avait pu déceler dans le ciel 20 millions d'étoiles, mais il n'avait pu mesurer leur distance; c'est seulement en 1838, c'est-à-dire il y a à peine plus de 100 ans, que BESSEL détermina les distances de 2 étoiles. Vers la fin du 19<sup>me</sup> siècle, nous connaissions la distance d'une vingtaine des étoiles les plus proches; ces étoiles «les plus proches» sont cependant à des distances considérables de nous et comme cela ne nous dirait rien d'exprimer ces distances en kilomètres, car cela ferait un nombre si grand qu'il dépasserait notre imagination, on les exprime en années-lumière: une année-lumière c'est la distance parcourue en un an par la lumière: or on sait que celle-ci parcourt dans le vide 300.000 km à la seconde, donc une année-lumière représente environ 10.000 milliards de kms.

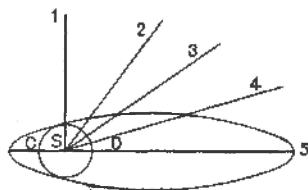
Or la vingtaine d'étoiles repérées il y a une cinquantaine d'années se trouvent à une vingtaine d'années-lumière; pour avoir un point de comparaison, disons que pour venir du Soleil à la Terre,

la lumière met 8 minutes. HERSCHEL vit des étoiles situées au plus à 6.000 années-lumière, mais aujourd'hui nous avons la preuve de l'existence d'astres situés à un demi-milliard d'années-lumière; et le nombre total d'étoiles que nous connaissons est d'un milliard environ, mais ce nombre est très modeste et le nombre réel des étoiles est certainement beaucoup plus grand, car ce nombre de 1 milliard se rapporte aux étoiles connues c'est-à-dire dont l'éclat apparent est suffisant pour que l'on obtienne une image sur la plaque photographique; or il y a certainement encore davantage d'étoiles qui restent invisibles pour nous encore actuellement. Ainsi vous voyez que dans un temps très court, en quelques dizaines d'années, notre savoir sur l'Univers s'est énormément enrichi.

Comment se présente la répartition de ce nombre considérable d'étoiles? Depuis GALILÉE, on sait que la Terre n'est pas le centre du monde; la planète sur laquelle nous vivons n'est qu'une quelconque, au fond, de neuf planètes qui gravitent autour du Soleil, la troisième en distance, la quatrième en grandeur; mais le Soleil lui-même n'est qu'une étoile tout à fait quelconque; et cette petite étoile, avec ses planètes banales où la Terre ne présente rien de remarquable, n'est qu'une unité dans un ensemble considérable d'étoiles qu'on appelle la GALAXIE. Vous savez tous, que par une belle nuit sans nuage on voit un très grand nombre d'étoiles et que le ciel paraît traversé par une traînée blanche qu'on appelle la Voie Lactée car elle a effectivement un aspect blanchâtre; cette belle traînée lumineuse a suscité diverses légendes: j'en citerai une en particulier liée à l'histoire d'HERCULE: JUNON allaitait HERCULE, mais celui-ci, déjà très fort, aspirait le lait avec tant de force que la déesse l'éloigna brusquement de son sein et le lait continuant à couler se répandit sur la sphère céleste et y fit cette trace blanche ineffaçable. Malgré cette jolie légende et d'autres plus ou moins poétiques et étranges, Démocrite dès le 5<sup>ème</sup> siècle avant notre ère avait deviné la nature véritable de la Voie Lactée: elle est formée par l'accumulation d'un nombre considérable d'étoiles trop petites et trop nombreuses pour pouvoir être discernées une à une, et GALILÉE, par l'observation avec sa lunette avait obtenu la «résolution» en étoiles. C'est qu'en réalité la Voie Lactée est due à un effet de perspective: les dénombrements d'étoiles entrepris depuis

HERSCHEL, permettent d'affirmer que notre Galaxie a la forme d'un immense disque légèrement renflé dans la partie centrale; la plus grande longueur est d'environ 80.000 années-lumière, probablement un peu moins, tandis que son épaisseur là où elle est la plus grande n'est que d'une quinzaine de milliers d'années-lumière. Son centre est situé dans la constellation du Sagittaire. Le Soleil, dans cet ensemble, occupe une position tout à fait périphérique, à environ 25.000 années-lumière de la partie centrale et légèrement au nord du plan moyen, à 160 années-lumière, l'épaisseur de la Galaxie en cet endroit étant d'environ 3.000 années-lumière. Voyons quel effet résulte de ces dispositions.

Les étoiles voisines du Soleil, et par suite de la Terre, c'est-à-dire placées à l'intérieur de la sphère CD, sont vues en perspective



sur le ciel entier et leur répartition est indépendante de la direction dans laquelle on regarde; au contraire à mesure que l'observation se fait dans des directions inclinées sur l'axe galactique, c'est-à-dire dans les directions 2-3-4, on voit de plus en plus d'étoiles

lointaines, et dans la direction extrême 5, les étoiles sont si nombreuses que nous avons l'impression d'un fond continu et c'est cet aspect qui forme la Voie Lactée. Mais en dehors de ce disque où sont accumulées quelques milliards d'étoiles, peut-être plusieurs dizaines, on peut rattacher à notre Galaxie des étoiles géantes, vagabondes, soumises à l'influence de sa masse, bien qu'elles puissent en être éloignées de distances considérables, et également ce qu'on appellera des amas globulaires, répartis dans un espace à peu près sphérique, centré sur le centre de la Galaxie et dont le rayon serait d'environ 150.000 années-lumière; il y a une centaine de ces amas qui sont des réunions d'étoiles de forme à peu près sphérique et contenant chacun quelques centaines des milliers d'étoiles dites géantes, c'est-à-dire d'étoiles de grandes dimensions et très lumineuses; comme il y a certainement en outre des étoiles naines moins lumineuses qui restent invisibles pour nous. on peut dire que certains amas, tout au moins, sont formés de millions d'astres; l'un des plus beaux amas est celui qui est désigné sous le nom de Messier 13,



situé dans la constellation d'HERCULE dont le diamètre total est supérieur à celui de la pleine lune, qui est situé à 30.000 années-lumière et dont l'astronome RITCHIEY a obtenu en 1910 une superbe photographie par une pose de 11 heures. Quelle est alors la masse total de cet ensemble énorme dont notre petite Terre fait partie: la masse de la Terre est  $6.10^{27}$  grammes c'est-à-dire 6.000 milliards de milliards de tonnes; celle du Soleil est  $2.10^{33}$  grammes c'est-à-dire 2 milliards de milliards de tonnes. Les estimations de la masse totale de la Galaxie sont encore assez imprécises mais on est tout de même en droit de dire qu'elle est de l'ordre de 160 milliards de fois celle du Soleil. Mais la constitution réelle de la Galaxie est beaucoup plus complexe, que ne le laisse supposer la description sommaire que j'en ai faite jusqu'ici.

En effet on observe de place en place dans le ciel des sortes de nuages plus ou moins brillants, de forme régulière ou irrégulière qu'on appelle des nébuleuses gazeuses. Ces nébuleuses sont de deux sortes nettement différentes. Les premières sont constituées par des amas de particules très fines, de dimension de l'ordre de  $1.000 \text{ \AA}$  (c'est-à-dire du dix-millième de mm) et sont probablement de nature métallique: fer, zinc, nickel; en fait leur nature exacte n'est pas encore connue. (Calculs faits par YVES ROCARD). On a remarqué qu'une nébuleuse lumineuse est toujours liée à une ou plusieurs étoiles; et en réalité la lumière qui nous parvient de ces nébuleuses est la lumière de l'étoile qui est diffusée par la substance légère formant la nébuleuse. Les dimensions de ces nébuleuses sont assez difficiles à connaître pour la raison suivante: c'est la photographie qui nous les révéla et comme je l'ai expliqué plus haut il faut pour obtenir de telles photographies faire des poses longues, mais alors plus on prolonge la pose plus on voit augmenter les dimensions de l'image car les parties périphériques sont moins lumineuses que la partie centrale et il faut un temps de pose plus long pour qu'elles apparaissent; si bien que l'on n'est pas sûr, actuellement, d'avoir photographié une nébuleuse dans son entier; il semble que l'on puisse dire que les dimensions des nébuleuses sont de l'ordre de quelques années-lumière à quelques dizaines d'années-lumière; quant à leurs distances par rapport à nous elles peuvent être de quelques centaines d'années-lumière.

D'autres nébuleuses ne nous envoient pas de lumière, mais au contraire absorbent celle que nous envoient les étoiles; on a décelé leur présence en étudiant systématiquement tout le ciel, ce qui a amené la constatation suivante: en certaines zones on ne voit pas d'étoiles; or comme il y a tout lieu de penser, d'après les études statistiques, que les étoiles sont réparties dans tout l'espace, c'est que quelque chose s'interpose entre ces étoiles et la Terre: c'est la conclusion à laquelle était arrivé l'astronome BARNARD qui avait ainsi mis en évidence «des nuages obscurs»; les études ultérieures ont montré que ces nuages obscurs sont des nébuleuses. D'ailleurs une même nébuleuse peut être lumineuse dans sa partie centrale, là où elle diffuse la lumière de l'étoile excitatrice, et obscure dans ses parties périphériques, trop éloignées de l'étoile pour recevoir de la lumière. Ce point de vue est confirmé par le fait que ces nébuleuses sont formées comme les précédentes de particules de dix-millième de mm de diamètre. La concentration de ces particules est extrêmement faible; on pense que la densité moyenne des nébuleuses obscures est de  $10^{-25}$  gr/cm<sup>3</sup>, c'est-à-dire que dans une sphère de 1.000 km de rayon il y a 0,1 gr. de matière; si la Terre était formée de cette substance, sa masse ne serait que de 25 gr. environ. Mais cela n'empêche, tant l'extension de ces nébuleuses est grande, que leur masse totale est de l'ordre de 100 fois celle du Soleil. Comment se fait-il qu'une substance aussi légère que celle qui constitue ces nébuleuses reste associée cependant à une étoile et ne se disperse pas dans tout l'espace environnant? autrement dit, quelles sont les forces qui maintiennent l'équilibre de toutes les étoiles: la gravitation et la pression de radiation. Tout le monde sait en quoi consiste la gravitation: toute masse matérielle exerce sur une autre masse matérielle une force d'attraction proportionnelle à ces deux masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare; c'est la loi de l'attraction universelle énoncée par NEWTON. Donc les parties périphériques de la nébuleuse ont tendance à tomber sur les parties centrales et cela maintient la cohésion de l'ensemble; mais d'autre part l'étoile excitatrice rayonne des quantités énormes d'énergie qui vont de son centre vers la périphérie; ce rayonnement s'accompagne d'une pression dirigée vers l'extérieur de l'étoile, que l'on appelle la pression de radiation

et qui tend à disperser la nébuleuse. Or, on a constaté que la ou les étoiles associées aux nébuleuses précédemment décrites ne sont jamais des étoiles très lumineuses; ce qui s'explique par le fait que si l'éclat de l'étoile n'est pas trop grand, la pression de radiation équilibre juste la gravitation et l'ensemble de la nébuleuse reste cohérent autour de l'étoile. Quant aux nébuleuses obscures, on a calculé qu'elles ne peuvent contenir que des étoiles encore moins lumineuses; leur formation s'expliquerait ainsi: les étoiles de type B, c'est-à-dire assez lumineuses, sont réparties d'une manière irrégulière dans le GALAXIE; elles repoussent les particules qui composent la matière interstellaire, celle-ci s'accumule alors dans les régions vides d'étoiles B, ce qui forme les nuages de BARNARD ou nébuleuses obscures.

Si nous résumons rapidement ce que nous avons dit jusqu'ici sur la constitution de la Galaxie, nous avons déjà les éléments suivantes: de nombreuses étoiles, des étoiles géantes, des amas globulaires, une poussière interstellaire présentant en certaines zones une accumulation formant les nébuleuses brillantes ou obscures.

Mais ce n'est pas encore tout; il existe encore deux autres sortes de nébuleuses qui sont lumineuses par elles-mêmes, ce que l'on constate parce que leurs spectres sont des spectres d'émission; leur différence l'une par rapport à l'autre ne tient qu'à la forme: les unes ont des formes irrégulières: on les appelle diffuses, tandis que les autres ont des formes régulières leurs éclats sont très variables d'une nébuleuse à une autre et même d'un point d'une nébuleuse à un autre point; la nébuleuse diffuse la plus brillante est celle d'Orion qui fut la première nébuleuse découverte dès l'invention des lunettes en 17<sup>ème</sup> siècle, grâce à sa grande luminosité et malgré qu'elle soit éloignée de nous d'environ un millier d'années-lumière. Quant aux nébuleuses régulières appelées planétaires, elles ont la forme d'anneaux entourant une étoile. Contrairement à ce qui se produit pour la première catégorie des nébuleuses que nous avons étudiée, celles-ci sont associées à des étoiles assez chaudes; il faut que la lumière de l'étoile soit riche en rayons ultraviolets pour que la nébuleuse puisse émettre de la lumière; leur nature d'ailleurs, est différente de celle de la première catégorie de nébuleuses et il a fallu des études fort nombreuses et poussées pour

arriver à la déterminer; ces nébuleuses seraient formées d'atomes de corps légers, particulièrement d'hydrogène, d'hélium, d'azote, d'oxygène; mais les conditions dans lesquelles ces atomes émettent de la lumière, c'est-à-dire sont excités, sont toutes différentes des conditions réalisées dans nos laboratoires et c'est ce qui explique la difficulté que nous avons eu à comprendre le mécanisme de l'émission; je ne citerai, pour illustrer ce que je viens de dire, qu'un seul exemple: On sait que dans un gaz les particules composantes, atomes ou molécules, sont animées de mouvements désordonnés en tous sens, s'entrechoquent les uns les autres, parcourant en moyenne entre deux chocs un espace qui dépend de la pression du gaz et que l'on appelle libre parcours moyen: dans un gaz à la pression atmosphérique, disons dans l'air qui nous entoure, ce libre parcours moyen est plus petit que le millième de millimètre, et dans une seconde une particule subit plusieurs milliards de chocs; mais dans une nébuleuse, la matière est très raréfiée, nous avons vu que sa densité est extrêmement faible; aussi le libre parcours moyen est de quelques millions de kilomètres et le temps moyen qui sépare deux chocs est de plusieurs dizaines de jours; vous voyez combien différentes sont les conditions dans l'un et l'autre cas.

On s'explique la formation des nébuleuses planétaires de la manière suivante: certaines étoiles deviennent brusquement très lumineuses: leur éclat devient mille fois plus grand en quelques heures: on les appelle des étoiles de Novae; en un temps très court ces étoiles brûlent une grande partie de leur substance, puis elles explosent, projettent des atomes dans toutes les directions, et avec des vitesses si élevées qu'ils échappent à l'attraction de l'étoile et forment une sorte de couche sphérique à une certaine distance de celle-ci.

En plus des nébuleuses des différentes espèces que nous venons de décrire, il y a dans l'espace entre les étoiles de la Galaxie des atomes, principalement le Calcium et de Sodium et, certains pensent d'hydrogène, bien qu'on n'eût pas pu déceler expérimentalement ce dernier corps. L'existence des atomes de Calcium et de Sodium est mise en évidence par les raies H et K de leur spectre et ces raies ne se déplacent pas de la même façon que les raies de la lumière des étoiles; elles ne sont donc pas dues aux étoiles, mais à quelque

chose d'autre. Il y aurait ainsi environ 1 atome d'hydrogène par  $\text{cm}^3$ ; ceci est énorme car dans notre soi-disant vide interstellaire un atome a toujours un voisin à moins de 1 cm de lui; cette substance exerce sur la lumière des étoiles une absorption considérable: un parcours de 6.000 années-lumière dans le nuage cosmique dévore 60 % de la lumière émise, et la masse totale de matière ainsi dispersée est au moins égale à celle qui est concentrée dans les étoiles.

Voici donc un tableau rapidement dressé de la constitution de la Galaxie; voyons maintenant son mouvement dans l'espace. La Galaxie est animée d'un mouvement de rotation sur elle-même très rapide, de 300 km/sec. en moyenne qui a été mis en évidence en 1925 par les travaux de LINDBLAD et OORT; leur découverte est liée au fait que la Galaxie ne tourne pas comme un bloc rigide, ce qui maintiendrait constantes les positions respectives des diverses étoiles, mais qu'au contraire les étoiles voisines du centre tournent beaucoup plus vite que les étoiles périphériques; il en résulte une déformation de la Galaxie, un étirement des amas, un mélange de nébuleuses: ce mouvement s'appelle la rotation différentielle de la Galaxie. Le Soleil ainsi effectue un tour de Galaxie de 200 millions d'années, et comme on pense que l'âge du Soleil est de deux milliards d'années environ, cela implique que le Soleil aurait déjà décrit dix tours autour du centre galactique; les étoiles proches du centre, qui tournent plus vite ont fait beaucoup plus de 10 tours. Mais ce n'est pas tout; les étoiles ont en outre des vitesses de déplacement les unes par rapport aux autres, les étoiles de petites masses, les naines, ont une grande vitesse, 50 à 80 km à la seconde, tandis que les étoiles lourdes ont des vitesses faibles de 0 à 20 km par seconde; le Soleil possède une vitesse propre relativement faible, environ 20 km seconde, qui est dirigée vers un point de la constellation d'HERCULE dénommé l'Apex, et il entraîne avec lui tout son système planétaire.

La constitution de notre Galaxie nous paraît fort complexe et ses dimensions nous semblent immenses; pourtant elle n'est qu'une unité dans un ensemble prodigieusement grand et prodigieusement nombreux. En effet, toujours grâce à la photographie, on a découvert que l'Univers est peuplé de Galaxies semblables à la nôtre, et l'on désigne ces ensembles sous le nom d'Univers-Îles; le premier

connu de ces Univers et le seul visible à l'oeil nu est le nébuleux d'Andromède (MESSIER 31); une des plus grandes, après celle-ci est celle qui est désignée sous le nom MESSIER 101. MESSIER était un astronome qui a dressé en 1781 un catalogue de 103 de ces univers-îles; ces univers ont une forme spiralee, (on les désigne pour cela sous le nom de Spirales) avec un nombre plus ou moins grand de bras, plus ou moins enroulés autour du centre et s'étirant à des distances plus ou moins grandes; vues par la tranche elles ont l'aspect d'une aiguille renflée au centre dont l'épaisseur ne serait que le dixième environ de la longueur. Actuellement, nous avons résolu 150 de ces Univers-Îles, c'est-à-dire que sur des photographies, on arrive à distinguer les étoiles composantes les unes des autres. Mais en observant systématiquement le ciel, HUBBLE a été amené à la conclusion qu'il y a environ 100 millions de ces Univers-Îles. Leurs dimensions paraissent être du même ordre de grandeur que celles de notre Galaxie, celle-ci restant d'assez grandes dimensions par rapport aux autres. Quant à leurs distances par rapport à nous, elle est, pour Andromède de 800.000 années-lumière; mais c'est là une Galaxie tout à fait voisine de nous; on a pu calculer que pour les plus éloignées la distance est de 300 millions d'années-lumière, ce qui signifie que la lumière qui impressionne aujourd'hui une plaque photographique, est partie de l'étoile à l'époque géologique que nous désignons sous le nom d'ère primaire.

Il est bien certain que tous ces chiffres sont vertigineux, mais il y a encore un fait qui est aussi extraordinairement surprenant: je veux parler de l'Expansion de l'Univers; je veux dire par là que l'examen des spectres de la lumière émise par les Univers-Îles a amené les Astrophysiciens à penser que ces mondes s'éloignent les uns des autres à des vitesses prodigieuses. Cette idée résulte de l'observation suivante: tout le monde sait que si l'on est dans un train arrêté et que si un autre train arrive en sifflant vers le train arrêté, tant que le second train s'approche du premier, le son paraît plus aigu qu'il ne l'est en réalité, tandis que dès que le train mobile s'éloigne du train fixe le son paraît plus grave qu'il n'est en réalité: c'est le phénomène connu en physique sous le nom d'effet Doppler-Fizeau. De même, si de la lumière vient d'une source qui s'approche de l'observateur, les raies du spectre de cette lumière seront

placées plus près du violet que si la source était immobile; au contraire si la source s'éloigne de l'observateur, les raies du spectre seront, comme l'on dit, déplacées vers le rouge. C'est justement le second cas qui se présente dans l'étude de la lumière qui nous vient des Univers-Iles, et le déplacement des raies indique une vitesse de fuite considérable, vitesse de fuite qui est d'autant plus grande que l'Univers-Ile considéré est plus éloigné; en 1929, HUBBLE a trouvé la loi de fuite: la vitesse d'éloignement est proportionnelle à la distance de l'objet considéré, à raison de 160 km seconde pour chaque million d'années-lumière, ce qui fait que pour les Spirales les plus éloignées on arrive à la vitesse considérable de 450.000 km/seconde, c'est-à-dire à une fraction importante de la vitesse de la lumière. Il semblerait donc que les astres doivent s'éloigner à l'infini les uns des autres. Cependant les astronomes pensent que l'Univers est limité; cela résulte en grande partie de la conception d'EINSTEIN de la courbure de l'espace: là où il y a de la matière, l'espace devient courbe et il est d'autant plus courbe en un endroit donné qu'il y a en cet endroit une plus grande accumulation de matière. Pour comprendre un peu ceci, utilisons l'image suivante: représentons l'espace dont nous avons l'habitude, l'espace euclidien par un plan, par une toile tendue, par exemple. Une bille légère lancée sur ce plan roulera en ligne droite. Au contraire, une grosse masse de matière, déforme la toile, y creuse une dépression: de même une étoile déforme l'espace. Le plan est alors devenu une cuvette et une bille lancée sur les parois de cette cuvette ne peut plus se déplacer en ligne droite: elle décrit des courbes appelées géodésiques.

Ainsi par suite de la présence de la matière l'espace est courbe, fermé sur lui-même, et cet espace fermé se dilaterait sans cesse, un peu à la manière d'une bulle de savon que l'on souffle, tandis que les distances à l'intérieur même d'une Galaxie, dans notre système solaire, sur notre terre, ne se modifieraient pas car l'accumulation intense de matière qui y règne empêche la déformation. La dilatation est rapide, car d'après les calculs ce qu'on peut appeler le rayon de l'Univers double en 1.300 millions d'années. Et ainsi si on considère le passé, la plus grande condensation possible aurait été réalisée il y a quelques milliards d'années. On a déterminé par le calcul la masse de cet univers-courbe: elle serait de 100 à 1.000 milliards de



fois la masse de notre Galaxie. Voyons quelques autres conséquences de cette théorie. Comme d'après la théorie d'EINSTEIN la lumière est pesante, sa trajectoire se courbe aussi en passant près des astres; et cette déduction mathématique fut vérifiée expérimentalement sur des étoiles proches du soleil au moment d'une éclipse de celui-ci: la position de l'étoile dans le ciel ne paraît pas la même quand le soleil est proche d'elle ou en est loin, car dans le premier cas il y a «courbure» du rayon lumineux. Ainsi un rayon lumineux parti d'une étoile fait le tour de l'Univers courbe et revient à l'étoile, [en réalité la trajectoire ne se referme pas car il faut, nous l'avons vu, des millions d'années pour que la lumière vienne des régions éloignées de l'Univers, et pendant ce temps, l'Univers s'est dilaté]. D'après ces hypothèses aussi on devrait pouvoir voir une étoile en pointant au télescope dans une certaine direction et aussi en le pointant dans la direction opposée: mais comme en général l'une des parcours sera beaucoup plus grand que l'autre, la lumière selon ce parcours sera très affaiblie et on ne la percevra pas; en tous cas, l'expérience n'a pas encore été réalisée à ce jour.

Toutes ces idées que je viens de développer rapidement devant vous sont évidemment assez surprenantes; elles furent énoncées pour la première fois par l'ABBÉ LEMAÎTRE en 1927, qui les déduisit de l'équation d'Univers d'EINSTEIN; elles passèrent alors à peu près inaperçues; mais depuis, un nombre de plus en plus grand d'astronomes s'y rallie, car il est difficile d'expliquer autrement que par une fuite des Galaxies le déplacement de leurs lumières vers le rouge, et que d'autre part aucune théorie ni aucun argument vraiment solide et convaincant n'a été avancé par ceux qui ne veulent point se rallier à cette idée audacieuse.

L'une des théories les plus en faveur serait celle d'un Univers oscillant, c'est-à-dire passant par des phases d'extension et de contraction.

Mais je ne veux pas m'attarder davantage à la discussion d'une théorie dont les arguments sont essentiellement mathématiques et qui par conséquent dépassent largement le cadre de cette conférence; et je n'ai voulu aujourd'hui que vous tracer un tableau rapide de la Structure de l'Univers et vous montrer les progrès immenses qu'en une trentaine d'années l'Astronomie a pu faire grâce à la Physique.



# Informações

## Revista das Revistas

*Investigação fundamental ou desinteressada.* — Como ilustração ou exemplo de investigação fundamental, ou desinteressada, base da ciência aplicada e da tecnologia, reproduzimos aqui a exposição de KARL T. COMPTON, presidente do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, sobre a descoberta do electrão e outras, para mostrar com elas, como poderíamos mostrar com quaisquer outras descobertas da ciência pura, o modo porque essas descobertas se fazem geralmente na repetição ou estudo experimental de observações já conhecidas, e, portanto, a gravíssima responsabilidade de manter sem as condições necessárias a esse estudo, os laboratórios das universidades que lhe são destinados (pág. 172), limitando-se a deixar passar um ensino puramente livresco e inconsistente que vai alimentando o comércio de diplomas de que falava GILBERT (pág. 11), mas não dá o direito de falar em ciência.

**A descoberta do electrão**, extracto de *O Electrão: Sua significação intelectual e social*, por KARL T. COMPTON, presidente do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (do Smithsonian Report para 1937, págs. 205-223).

«*Fundamentos.* — A existência de electrões foi pressentida há um século pelos factos da electrólise, que levaram DAVY e BERZELIUS a concluir pela natureza eléctrica das forças químicas, e FARADAY a considerar as cargas eléctricas como múltiplos inteiros de alguma unidade fundamental. Isto porque ácidos e sais, dissolvidos na água, tendem a dividir-se em iões, isto é, átomos ou grupos de átomos que se movem num campo eléctrico em direcções indicando que conduzem cargas eléctricas positivas ou negativas. Além disso, achou-se que as quantidades destes iões que conduzem iguais quantidades de electricidade são exactamente proporcionais aos pesos de combinação química dos iões. FARADAY viu que este facto seria explicado simplesmente supondo que cada ião conduz uma carga proporcional à sua valência química, isto é, a valência vezes uma unidade fundamental de carga. Mas FARADAY não podia deduzir destes factos o tamanho dessa unidade de carga; podia apenas verificar a razão desta carga para a massa da substância química associada com a carga. De todas as substâncias conhecidas, o hidrogénio, sendo o mais leve dos iões, tinha, o maior valor dessa relação da carga para a massa.

A primeira evidência real de partículas de maior razão da carga para a massa que os iões de hidrogénio vinha do campo da óptica. Desde que as equações de MAXWELL do electromagnetismo tinham predito a existência de ondas electromagnéticas com a velocidade da luz, e 17 anos mais tarde

HERTZ as tinha descoberto experimentalmente, os físicos sentiram a certeza de que a luz devia ser causada por alguma espécie de oscilações de electricidade dentro dos átomos. Mas apenas foram sugeridas especulações mais vagas e menos satisfatórias, tais como turbilhões girantes ou esferas pulsáteis de electricidade.

Em 1896, todavia, ZEEEMAN experimentou examinar o espectro duma fonte de luz colocada num forte campo magnético, e descobriu que as linhas espectrais se tornavam assim desdobradas em componentes de comprimentos de onda ligeiramente diferentes, e que essas componentes da luz mostravam tipos característicos de polarização dependentes da direcção em que a luz emergia do campo magnético. Quase ao mesmo tempo, em Janeiro de 1897, LORENTZ mostrou que esta experiência provava que a luz é causada por oscilação de cargas eléctricas, cujos movimentos são afectados pelo campo magnético do modo requerido para explicar as experiências de ZEEEMAN. Isto não foi muito inesperado, mas o que foi muito impressionante foi a prova de LORENTZ de que o efeito ZEEEMAN só podia ter sido produzido por partículas eléctricas, cuja razão da carga para a massa é aproximadamente 2.000 vezes maior que a do ião hidrogénio, e cuja massa é, portanto, presumivelmente cerca de 2.000 vezes mais leve que a do hidrogénio.

Quase ao mesmo tempo, esta conclusão foi confirmada dum modo mais dramático e compreensível por J. J. THOMSON, então jovem director do laboratório Cavendish. Mas deixai-me primeiro apanhar o fio da história um pouco mais atrás.»

«*A descoberta do electrão.* — Às investigações sobre faíscas e arcos eléctricos, e especialmente sobre descargas luminosas da electricidade a altas voltagens através de tubos de vidro contendo vários gases a pressões muito abaixo da pressão atmosférica, seguiu-se uma série das mais impressionantes e inesperadas descobertas entre os anos de 1880 e, aproximadamente, 1890. Os efeitos admiráveis de cor, flâmulas misteriosas e luminosas e o comportamento inteiramente bizarro destas descargas fez delas o mais popular e o mais ilusório assunto das pesquisas laboratoriais dessa época.

Foram estes fenómenos que levaram CROOKES a postular a existência dum misterioso «quarto estado da matéria», diferente dos estados sólido, líquido, ou gasoso. (A propósito, sabemos agora que o quarto estado de CROOKES é simplesmente o estado ionizado da matéria). Uma vez, CROOKES, quando tentava fotografar uma descarga a muito baixa pressão gasosa, foi perturbado com o facto de todas as chapas no aposento com o aparelho fotográfico, ficarem obscurecidas, como se fossem impressionadas pela luz, a despeito do seu invólucro opaco. Depois disso, todavia, evitou a repetição deste inconveniente guardando noutro compartimento, as novas chapas até serem necessárias. Assim resolveu uma dificuldade experimental, e deixou de fazer uma grande descoberta.

Pela mesma época RÖNTGEN fez a mesma experiência na Alemanha, e foi também impressionado pelo obscurecimento das suas chapas fotográs-

ficas. Mas, segundo a história, o seu assistente de laboratório dirigiu-lhe a atenção para o facto particular de que essas chapas obscurecidas, quando reveladas, mostravam a imagem dum molho de chaves que acidentalmente tinha sido posto sobre a caixa das chapas enquanto se efectuava a experiência da descarga eléctrica. RÖNTGEN examinou isto imediatamente e descobriu que o obscurecimento era devido às radiações penetrantes, produzidas onde os raios catódicos batiam no alvo ou ânodo do tubo de descarga. Assim foram descobertos os raios X por acidente, esse tipo de acidente não raro no trabalho científico dum experimentador vigilante.

Relativamente a acidentes, apraz-me falar dum outro acidente sem sucesso, referido também ao raio X. Depois da sua descoberta, durante mais de 15 anos travaram-se disputas sobre se os raios X eram radiações, como a luz, mas de muito curto comprimento de onda, ou partículas eléctricamente neutras de pequena massa e grande velocidade. Era evidente a ausência de cargas eléctricas, visto os seus percursos não serem afectados por campos eléctrico ou magnético. O principal advogado da teoria da partícula neutra era W. H. BRAGG. Em 1912, em Princeton, O. W. RICHARDSON experimentou ver se os raios X podiam ser refractados por um prisma. Um resultado positivo apoiaria a teoria das ondas. Tinha-se experimentado sem sucesso a passagem dos raios X através de prismas de vidro, mas RICHARDSON teve a ideia de que um prisma de ferro podia ser mais eficaz. De modo que durante horas e dias, passou raios X através do fio aguçado duma lâmina de barba *gillette*, sem achar qualquer refacção. Se tivesse experimentado a aresta dum cristal, em vez do fio da lâmina de barba, teria, sem dúvida, descoberto a difracção peculiar dos raios X passando através dos cristais, descoberta dois anos mais tarde por LAUE, FRIEDERICH e KNIPPING e desenvolvida pelos W. H. e W. L. BRAGG, pai e filho, que provaram tanto a natureza ondulatória dos raios X como a estrutura atómica reticular dos cristais. Se a descoberta dos raios X por RÖNTGEN foi um acidente, à falha de RICHARDSON em descobrir a difracção dos raios X, eu chamo acidente negativo. E de admirar como tantos acidentes negativos importantes nos escapam todas as semanas.

Mas, voltando atrás ao assunto do electrão: foram os raios catódicos, produtores dos raios X, que se revelaram finalmente electrões caminhando a altas velocidades. Estes raios catódicos foram observados em linhas rectas a partir das superfícies catódicas em gases rarefeitos percorridos por correntes eléctricas de altas voltagens. Os objectos impressionados por eles tornam-se luminosos com luz fluorescente, e objectos encontrados no seu caminho projectam sombras. Mas a sua verdadeira natureza foi revelada por um magnete colocado perto do tubo de descarga, e que curvou os seus percursos numa direcção mostrando que os raios catódicos eram carregados negativamente. Medindo esta curvatura produzida por campo magnético de força conhecida, e fazendo a afirmação segura de que a energia cinética destes raios era determinada pela voltagem aplicada ao tubo, J. J. THOMSON mos-

trou em 1897 que os raios catódicos são partículas negativamente carregadas cuja relação da carga para a massa é aproximadamente 2.000 vezes a do hidrogénio. Mostrou, além disso, que estas partículas tinham esta mesma relação da carga para a massa qualquer que fosse o gás ou material catódico em que fossem produzidas. Anunciou, portanto, estas partículas, que chamou «corpúsculos», como constituintes universais de todas as substâncias. Assim foi descoberto o electrão.»

A. B.

## Biblioteca

### Livros recebidos:

*Platão e a Economia da Cidade*, por MOSES B. AMZALAK — Academia das Ciências de Lisboa.

### Revistas recebidas:

*Boletim da Academia das Ciências de Lisboa* (Dezembro, 1949 e Janeiro e Fevereiro de 1950).

*Boletins da Associação de Filosofia Natural* — Faculdade das Ciências da Universidade do Porto.

*Boletim da Direcção Geral dos Serviços Industriais* — Ministério da Economia.

*Bulletin des Travaux de la Société de Pharmacie de Bordeaux* (1-11, 1950).

*Collected Papers from the Faculty of Science* — Osaka Imperial University (vol. VIII, 1940; IX, 1941 e X, 1942).

*Índice Cultural Español* (n.º 53, 1950).

*Portugal Médico* (n.º 5, 1950).

*Revista da Ordem dos Engenheiros* (Maio, 1950).

*Revista de la Facultad de Química*, Peru (n.º 1, 1950).

*Revista de la Facultad de Farmacia y Bioquímica*, Peru (4.º trimestre, 1949).

*Revista da Sociedade Brasileira de Química* (Janeiro-Dezembro, 1949).

*Trabalhos de Antropologia e Etnologia* — Faculdade das Ciências da Universidade do Porto (fascículos n.ºs 3 e 4, 1950).

*Kunststoffe* (matérias sintéticas e plásticas), n.º 1, 1950. Este número comemorativo do 4.º aniversário da sua existência, contém valiosa colaboração de especialistas naquela matéria, salientando-se, dentre ela, a do Dr. Eng.º Walter Reppe, com um artigo sobre o alcance da aplicação da química acetilénica e do óxido de carbono às matérias plásticas. — Editor: Casa Carl Hanser — München, 27.

A *Revista de Química Pura e Aplicada* ao enviar àquela Revista as suas felicitações, pede e agradece a continuação da permuta.