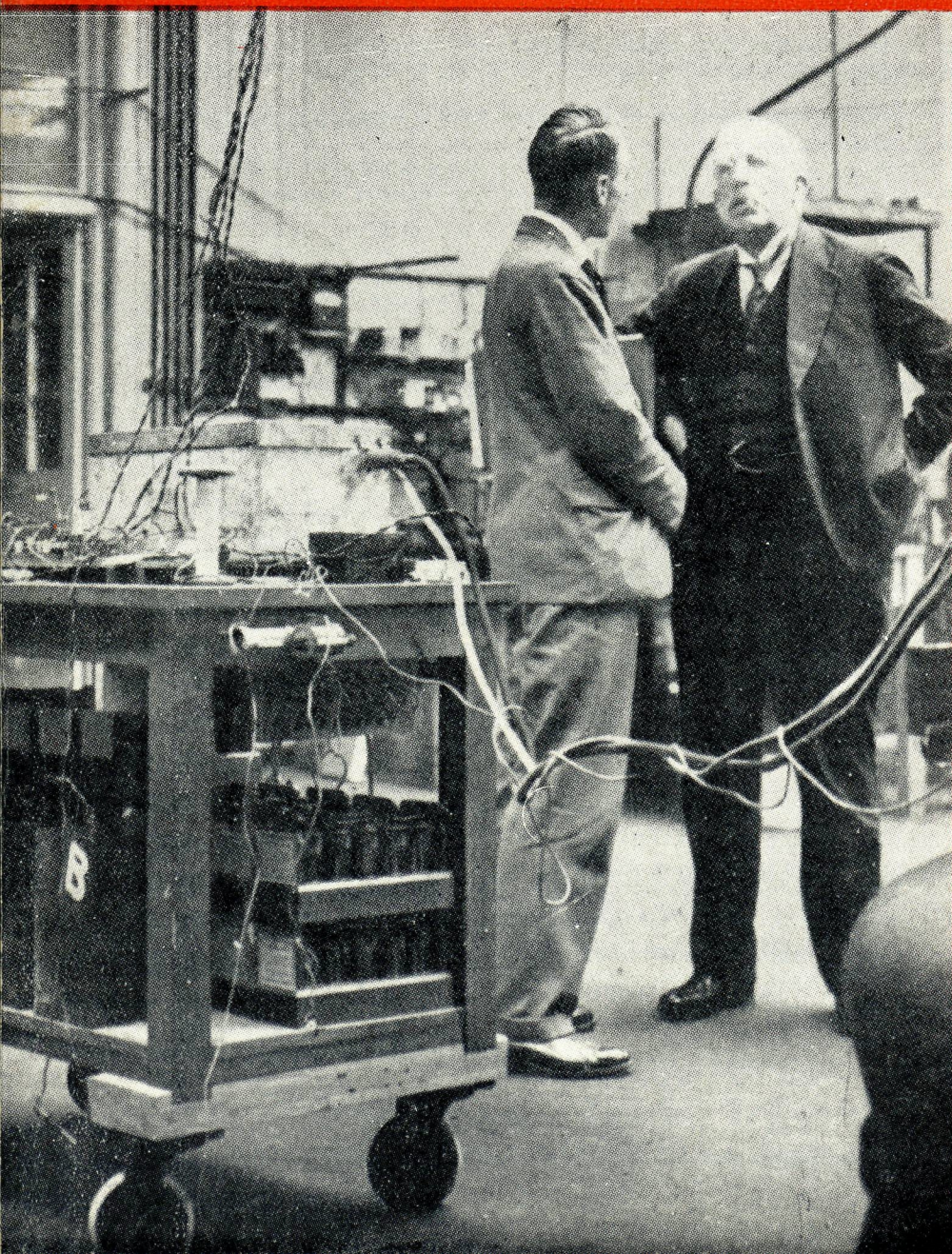


GAZETA DE FISICA

REVISTA DOS ESTUDANTES DE FÍSICA
E DOS FÍSICOS E TÉCNICO-FÍSICOS PORTUGUESES



VOL. IV, FASC. 1
ABRIL, 1962

Lord Rutherford
conversando com
J. A. Ratcliffe,
no seu laboratório

(Ver pág. 1)

VOL. IV

GAZETA DE FÍSICA

FASC. 1

ABRIL — 1962

PUBLICAÇÃO DESTINADA AOS ESTUDANTES DE FÍSICA
E AOS FÍSICOS E TÉCNICO-FÍSICOS POR-
TUGUESES • VOLUMES PUBLICADOS:
VOL. I — 1946 A 1948 — IX FASCÍCULOS — 288 PÁGINAS
VOL. II — 1948 A 1953 — X FASCÍCULOS — 280 PÁGINAS
VOL. III — 1953 A 1960 — IX FASCÍCULOS — 276 PÁGINAS

S U M Á R I O

Em memória de Rutherford, <i>por P. M. S. Blackett, F. R. S.</i>	1
Quelques applications de la diffraction neutronique a l'étude des structures cristallines, <i>por Geneviève Bastin-Scoffier</i>	13
Comparaison entre les résultats expérimentaux et théoriques dans le domaine de la conversion interne, <i>por F. Bragança Gil</i>	19
Pontos de exame	26
Noticiário	31

A matéria de cada artigo é tratada sob a inteira responsabilidade do autor

COMISSÃO DE REDACÇÃO: — Rómulo de Carvalho — Armando Gibert — Lídia Salgueiro — Maria Augusta P. Fernández — José V. Gomes Ferreira — Maria Helena Sampaio Carepa — F. Bragança Gil — J. Sousa Lopes — Maria Teresa Gonçalves

★

PROPRIEDADE E EDIÇÃO: GAZETA DE MATEMÁTICA, LDA. * CORRESPONDÊNCIA: GAZETA DE FÍSICA — LABORATÓRIO DE FÍSICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DE LISBOA — RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA — LISBOA * NÚMERO AVULSO: ESC. 15\$00 * ASSINATURA: 4 NÚMEROS ESC. 50\$00 * DEPOSITÁRIA: LIVROS HORIZONTE, LDA., RUA DAS CHAGAS, 17-1.º, D, TELEFONE 366917, LISBOA

ÍNDICES DO III.º VOLUME

ÍNDICE POR ASSUNTOS

Astrofísica

- The origin and implications of the cosmic radiation, por *Serge A. Korff*. 161

Electromagnetismo

- Sur la densité de force électrique en un point d'une surface électrisée, por *António da Silveira*. 33
Vibrações mecânicas e eléctricas, por *Libano Monteiro* 37

Física aplicada

- Eliminação da camada limite turbulenta em grandes obras hidráulicas, por *Fernando Manzanares Abecasis* 10
Essai sur la possibilité d'employer Ag 110 dans l'étude du transport du sable par la mer, por *A. Gibert* 67
Técnica aplicada ao estudo do funcionamento da glândula tiroideia com iodo 131 (I^{131}), por *Maria Augusta Pérez Fernandez* 72
Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais, por *R. O. Vicente*. 203

Física dos fluidos

- Experiências escolares sobre tensão superficial dos líquidos e sobre lâminas de soluções de sabão, por *Rómulo de Carvalho* 126
Considerações sobre o Princípio de Arquimedes, por *Rómulo de Carvalho*. 251

A Física no mundo

- A situação da Física no Brasil, por *Adel da Silveira* 43

Física nuclear

- Transmutação por captura electrónica, por *Manuel Valadares*. 1
O núcleo, por *Enrico Fermi*. 5
Acerca da possível produção de elementos de número atómico superior a 92, por *Enrico Fermi*. 64
Propriétés nucléaires et chimiques de l'astate (élément 85), por *Maria do Carmo Anta*. 153
The origin and implication of the cosmic radiation, por *Serge A. Korff*. 161
Detecção de partículas com emulsões nucleares, por *José Gomes Ferreira*. 231
O aperfeiçoamento do processo fotográfico para o registo do rasto de partículas nucleares, por *C. F. Powell*. 245
Interaction nucleon-nucleon, por *G. Y. Pétit*. 255
Dispositivo contador de rayos beta de bajo nivel, por *B. Schotanus*. 270

Física — Problemas pedagógicos e profissionais

- O ensino da Física nas nossas Faculdades de Ciências, por *José Sarmento*. 185

Geofísica

The origin and implication of the cosmic radiation, por <i>Serge A. Korff</i>	161
Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais, por <i>R. O. Vicente</i>	203

História e Antologia

O núcleo, por <i>Enrico Fermi</i>	5
O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654)	50
Enrico Fermi, por <i>Jaime Xavier de Brito</i>	61
Acêra da possível produção de elementos de número atômico superior a 92, por <i>Enrico Fermi</i>	64
Albert Einstein (1879-1955), por <i>Rômulo de Carvalho</i>	89
O que devemos a Einstein, por <i>A. Proca</i>	96
Dr. Rui Gustavo Couceiro da Costa, por <i>J. R. de Almeida Santos</i>	107
Irene Curie (1897-1956).	121
Sobre a possibilidade de utilização de uma central de energia a carvão, por <i>O. R. Frisch</i>	123
Professor D. Miguel A. Catalán, por <i>M. T. Antunes</i>	176
A obra de Frederico Joliot, por <i>Manuel Valadares</i>	188
Max Planck — Sua vida e sua obra, por <i>Carlos Braga</i>	213
Salomon Rosenblum (Biografia e obra científica), por <i>J. Sant'Ana Dionisio</i>	235 e 261
C. T. R. Wilson, C. H., F. R. S., Nobel Laureate, por <i>Department of Natural Philosophy da Univ. de Edimburgo</i>	243

Mecânica

Vibrações mecânicas e eléctricas, por <i>Libano Monteiro</i>	37
--	----

Óptica

Acêra do número de imagens dadas pelos espelhos planos inclinados entre si, por <i>Rômulo de Carvalho</i>	194
---	-----

Química

Química e taxonomia nos líquenes, por <i>C. N. Tavares</i>	17
Propriétés nucléaires et chimiques de l'astate (élément 85), por <i>Maria do Carmo Anta</i>	153

Relatividade

Cinemática dos corpos rígidos em Relatividade, por <i>Ruy Luis Gomes</i>	99
--	----

Noticiário

Antártico, Nova expedição ao	183
Boyle, Aparelho referente à lei de	275
Centrais nucleares, Projecto inglês de	119
Centro de Estudos de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa	274
Congressos e Reuniões Científicas	29, 31, 60, 87, 182 e 212
Crítica de Livros	88 e 276
Cursos e Conferências	30, 31, 32, 87, 119 e 150
Diels, Prof. Otto	31
Doutoramentos e Concursos	29, 118, 181 e 274
Elementos novos	60, 120 e 184
Física na vida corrente.	32
Física, Para a reforma da licenciatura em	118
Fotografia ultra-rápida	60
Fundação Calouste Gulbenkian	274
Fusão de núcleos de deutério.	184
Isótopos, Tábua de	60
Joliot, Prof. Frédéric	211
Junta de Energia Nuclear	29
Lawrence, Prof. Ernest	211
Microscópio iónico	120
Plásticos em cirurgia	60

Prémios Nobel	120, 182 e	211
Satélites artificiais . . . . .	. . . . .	182 e 211
Seminário de Teorias Físicas e Física Nuclear . . . . .	. . . . .	274
Silva, Prof. Ferreira da (centenário) . . . . .	. . . . .	30
Tritio na atmosfera . . . . .	. . . . .	60
Valadares, Doutor Manuel . . . . .	. . . . .	180
Velocidade das ondas electromagnéticas no vácuo . . . . .	. . . . .	60
Xavier de Brito, Jaime. . . . .	. . . . .	273

Pontos de exame

Ensino médio (Física) . . . . .	. . . . .	21 a 24, 53 a 55
Ensino superior (Física)	24, 56 e 57, 83 a 86, 109 a 117, 145 a 150, 179 e 180, 208 a 211	
Ensino médio (Química) . . . . .	. . . . .	25 a 27, 57 a 59
Ensino superior (Química) . . . . .	. . . . .	28 e 59

ÍNDICE POR AUTORES

Abecasis (F. Manzanares), 10	Korff (Serge A.), 161
Anta (Maria do Carmo), 153	Monteiro (Libano), 37
Antunes (M. T.), 176	Petit (Georges Y.), 255
Braga (Carlos), 213	Powell (C. F.), 245
Brito (J. Xavier de), 61	Proca (A.), 96
Carvalho (Rómulo de) 89, 126, 194 e 251	Santos (J. R. de Almeida), 107
Dionísio (J. Sant'Ana), 235 e 261	Sarmento (José), 185
Fermi (Enrico), 5, 64	Schotanus (B.), 270
Fernandez (Maria A. Pérez), 72	Silveira (Adel da), 43
Ferreira (J. Gomes), 231	Silveira (António da), 33
Frisch (O. R.), 123	Tavares (C. N.), 17
Gibert (A.), 67	Valadares (Manuel), 1 e 188
Gomes (Ruy Luís), 99	Vicente (R. O.), 203

ÍNDICE GERAL DO III.º VOLUME

Fasc. 1 (Abril de 1954)

Transmutação por captura electrónica (Manuel Valadares)	1
O núcleo (Enrico Fermi)	5
Eliminação da camada limite turbulenta em grandes obras hidráulicas (Fernando Manzanares Abecasis)	10
Química e taxonomia nos líquenes (C. N. Tavares)	17
Pontos de exame	21
Noticiário	29

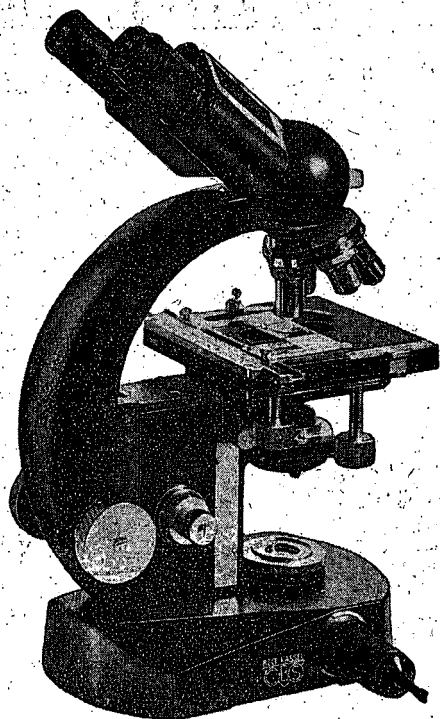
Fasc. 2 (Outubro de 1954)

Sur la densité de force électrique en un point d'une surface électrisée (António da Silveira)	33
Vibrações mecânicas e eléctricas (Libano Monteiro)	37
A situação da Física no Brasil (Adel da Silveira)	43
O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo	50
Pontos de exame	53
Noticiário	60

Fasc. 3 (Julho de 1955)

Enrico Fermi (Jaime Xavier de Brito)	61
Acerca da possível produção de elementos de número atómico superior a 92 (Enrico Fermi)	64
Essai sur la possibilité d'employer Ag-110 dans l'étude du transport du sable par la mer (A. Gibert)	67

Técnica aplicada ao estudo do funcionamento da glândula tiroideia com iodo 131 (I^{131}) (Maria Augusta Pérez Fernández)	72
Pontos de exame	83
Noticiário	87
<i>Fasc. 4 (Março de 1956)</i>	
Albert Einstein (1879-1955) (Rómulo de Carvalho)	89
O que devemos a Einstein (A. Proca)	96
Cinémática dos corpos rígidos em Relatividade (Ruy Luis Gomes)	99
Dr. Rui Couceiro da Costa (J. R. de Almeida Santos)	107
Pontos de exame	109
Noticiário	118
<i>Fasc. 5 (Junho de 1957)</i>	
Irene Curie (1897-1956)	121
Sobre as possibilidades de utilização de uma central de energia a carvão (O. R. Frisch)	123
Experiências escolares sobre tensão superficial dos líquidos e sobre lâminas de soluções de sabão (Rómulo de Carvalho)	126
Pontos de exame	145
Noticiário	150
<i>Fasc. 6 (Março de 1958)</i>	
Propriétés nucléaires et chimiques de l'astate (élément 85) (Maria do Carmo Anta)	153
The origin and implications of the cosmic radiation (Serge A. Korff)	161
Professor D. Miguel A. Catalán (M. T. Antunes)	176
Pontos de exame	179
Noticiário	180
<i>Fasc. 7 (Março de 1959)</i>	
O ensino da Física nas nossas Faculdades de Ciências (José Sarmento)	185
A obra científica de Frederico Joliot (Manuel Valadares)	188
Acerca do número de imagens dadas pelos espelhos planos inclinados entre si (Rómulo de Carvalho)	194
Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais (R. O. Vicente)	203
Pontos de exame	208
Noticiário	211
<i>Fasc. 8 (Janeiro de 1960)</i>	
Max Planck — Sua vida e sua obra (Carlos Braga)	213
Deteção de partículas com emulsões nucleares (José Gomes Ferreira)	231
Salomon Rosenblum (Biografia e obra científica) (J. Sant'Ana Dionísio)	235
C. T. R. Wilson, C. H., F. R. S., Nobel Laureate (Department of Natural Philosophy da Univ. de Edimburgo)	243
<i>Fasc. 9 (Julho de 1960)</i>	
O aperfeiçoamento do processo fotográfico para o registo do rasto de partículas nucleares (C. F. Powell)	245
Considerações sobre o Princípio de Arquimedes (Rómulo de Carvalho)	251
Interaction nucleon-nucleon (Georges Yves Petit)	255
Salomon Rosenblum (Biografia e obra científica) — Conclusão (J. Sant'Ana Dionísio)	261
Dispositivo contador de raios beta de baixo nível (B. Schotanus)	270
Noticiário	273



MATERIAL DE LABORATÓRIO
E APARELHOS DE PRECISÃO

▲
J. A. Ribeiro & C.ª, L.ª
▼

Rua do Ouro, 222-226

Telefone 32 21 88

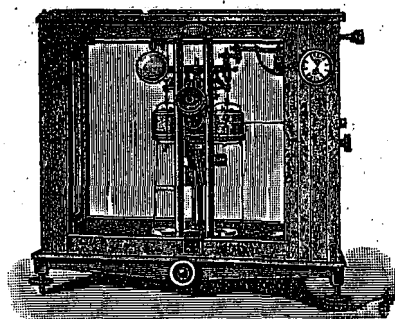
LISBOA

PIMENTEL & CASQUILHO, L.ª

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

MICROSCÓPIOS, MONO E BINOCULARES,
BALANÇAS DE PRECISÃO E ANALÍTICAS,
CAIXAS DE PESOS, LUPAS, TERMÓMETROS,
DENSÍMETROS, CONTA-SEGUNDOS, ETC.

MATERIAL DE VIDRO,
PORCELANA E QUARTZO

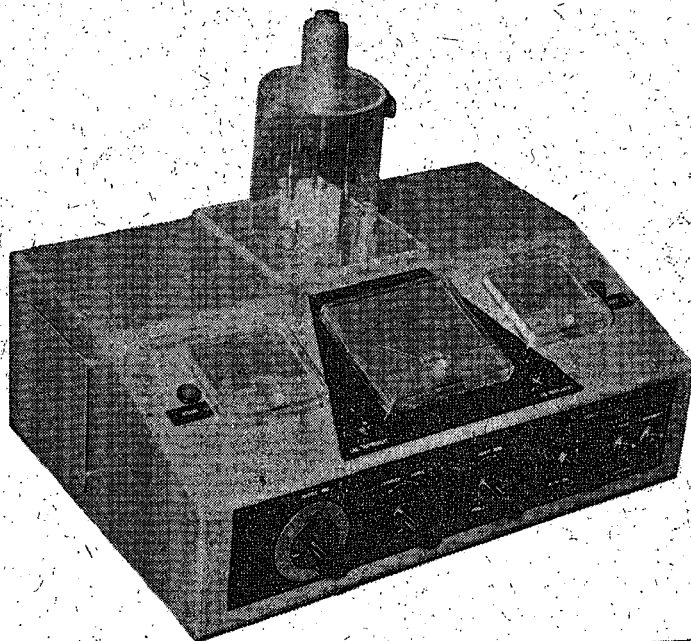


RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75

LISBOA

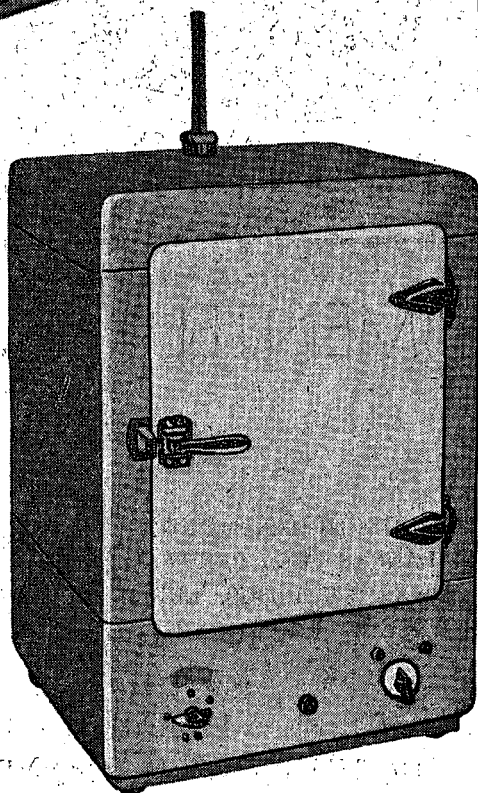
TELEF.: 24314 • TELEG.: TECNA

A MAIOR ACTUALIZAÇÃO EM APARELHAGEM
DE FÍSICA E EQUIPAMENTO PARA LABORATÓRIOS



Electronic Reactor
Analog Computer

F O C
—————
Didáctica



Estufa de dessecação

Fábrica Jerónimo Osório de Castro

R. Frei Francisco Foreiro, 2-1.º D.

Tel.: 734039 — 731963 — LISBOA 1

Representantes exclusivos para PORTUGAL Continental e Ultramarino de

NEAL ELECTRONICS (Holanda) — **ANALIS** (Bélgica)

Em memória de Rutherford*

Há cinco anos Sir James Chadwick proferiu nesta Universidade a segunda conferência dedicada à memória de Rutherford. Li-a muitas vezes e penso que ela é um relato admirável da carreira científica de Rutherford e uma descrição judiciosa e profunda do seu génio invulgar como físico experimental. Chadwick deu especial atenção aos notáveis êxitos de Rutherford durante a sua estadia em McGill como professor da Cadeira MacDonal'd de Física e à grande dívida do mundo científico para com esta Universidade, que soube dar tão grandes oportunidades a um homem tão jovem. A conferência de Chadwick, bem como as outras quatro realizadas em memória de Rutherford sob os auspícios da Royal Society, dão-nos um relato bastante completo da sua vida e da sua obra. Não vou fazer aqui uma recapitulação; limitar-me-ei a um comentário sobre certos aspectos da maneira de pensar de Rutherford, relativamente ao experimentador, que parecem ter hoje um interesse especial.

Aqui em McGill, o declínio exponencial das substâncias radioactivas foi, pela primeira vez, observado e interpretado como devido à desintegração espontânea dos áto-

mos. Passou um quarto de século até que esta brilhante interpretação fenomenológica de Rutherford e Soddy tivesse uma explicação teórica em termos da mecânica ondulatória. Hoje, com os desenvolvimentos surpreendentes da última década e a descoberta de várias famílias de partículas elementares instáveis, vemos que a desintegração espontânea dum quantidade sub-atômica de matéria em quantidades menores é um dos factos mais significativos do mundo sub-atômico. Realmente estas famílias de partículas elementares não são, de um ponto de vista superficial, diferentes das famílias de elementos radioactivos, para cujo conhecimento Rutherford e os seus colaboradores tanto contribuíram. Uma diferença essencial é que não se encontrou ainda uma explicação teórica para a desintegração espontânea de partículas elementares, e muitos teóricos pensam que se não deve procurar nenhuma, pois julgam que um tal comportamento é apenas uma propriedade fundamental da matéria microscópica.

O meu contacto pessoal com Sir Ernest Rutherford, começou em 1921, quando me formei em Física por Cambridge. Rutherford regia a Cadeira Cavendish havia dois anos, e estava ainda ocupado na montagem do Laboratório e em reunir os seus antigos colegas de Manchester, após a dispersão causada pela primeira guerra mundial. No primeiro ano depois da guerra, um jovem

* This has been reproduced with the permission of the Royal Society. The author wishes to state that a few amendments have been made where the facts quoted were incorrect.

físico japonês, Shimizu, veio trabalhar em Cambridge, e Rutherford iniciou-o no problema de usar a câmara de Wilson para o estudo do processo de desintegração dos núcleos de azoto, que ele havia descoberto em Manchester, pelo método das cintilações, durante os últimos anos da guerra. O próprio Rutherford, juntamente com Chadwick, continuou activamente estas experiências e conseguiu mostrar que a maior parte dos elementos leves podiam ser desintegrados por partículas α rápidas. Rutherford compreendeu que o método das cintilações, que era conveniente para a detecção dos protões rápidos emitidos pelos núcleos bombardeados, não era capaz de revelar os pormenores do processo da colisão.

Por volta de 1911 Wilson, depois de quinze anos de uma experimentação cuidadosa e árdua, tinha aperfeiçoado o seu método de revelar os traços de partículas atómicas individuais. Algumas das suas primeiras fotografias continuam sendo hoje, do ponto de vista técnico, as melhores jamais obtidas. Rutherford viu que o método da câmara de Wilson era excelentemente adequado para a elucidação dos mais finos pormenores dos processos de desintegração atómica; a única dificuldade era o número de fotografias necessárias.

As experiências por meio de cintilações tinham já mostrado claramente que o número de partículas α que deveriam desintegrar um núcleo de azoto na câmara de Wilson era extremamente pequeno. Não se podia contar com mais do que dez desintegrações por cada milhão de traços de partículas α fotografados. Rutherford, confiante, propôs a Shimizu a tarefa de construir uma câmara de Wilson com a qual se pudesse obter uma grande quantidade de fotografias. Shimizu resolveu este problema introduzindo um êmbolo que, accionado por um volante, se movia continuamente de uma maneira harmónica provocando várias expansões por segundo em vez da expansão única e rápida que ocorre na câmara de Wilson vulgar. Esta câmara era pequena, apenas

com 6 cm de diâmetro e 1 cm de profundidade. Shimizu projectou também uma pequena e elegante máquina fotográfica por meio da qual duas imagens da câmara de Wilson eram fotografadas no mesmo filme. Com este aparelho fotografou cerca de 3 000 traços α e observou vários traços ramificados devido a colisões de partículas α com núcleos de azoto.

Infelizmente Shimizu teve de regressar bruscamente ao Japão e, assim, o trabalho foi interrompido. Foi então que Rutherford me perguntou se o queria continuar o que, é claro, eu estava extremamente interessado em fazer.

Assim, o meu primeiro trabalho de investigação consistia em continuar o trabalho começado por Shimizu. Usei muitas partes do aparelho original, mas alterei o ciclo de expansão de um movimento harmónico contínuo para uma série de expansões rápidas de quinze em quinze segundos. O aparelho foi completamente automatizado e, quando tudo ia bem, era possível tirar 1 000 fotografias por dia, mostrando traços de 20 000 partículas α . Primeiro estudei em pormenor os frequentes traços bifurcados que se formam quando uma partícula α colide com o núcleo de um átomo de gás, e mostrei, por medidas precisas do ângulo de bifurcação, que as colisões eram elásticas, dentro dos erros experimentais. Contudo, entre cerca de 400 000 traços fotografados durante 1924, foram encontradas seis bifurcações que não eram claramente colisões elásticas. Depois de medidas cuidadosas, mostrou-se que estas representavam a desintegração de um átomo de azoto pelo choque de uma partícula α rápida, com emissão de um protão e captura de uma partícula α . O núcleo resultante, formado por este processo, era claramente um isótopo do oxigénio, de massa 17, então desconhecido. Assim, o problema posto quatro anos antes por Rutherford — sobre o que acontecia à partícula α na desintegração de um núcleo de azoto — estava resolvido.

Muito do meu trabalho subsequente de

investigação foi profundamente influenciado por este primeiro problema, proposto por Rutherford. Compreendi que não podia sozinho, como jovem estudante graduado em Física, ter escolhido o meu próprio tema de investigação com uma fracção do sucesso que teve a escolha feita por Rutherford. Assim, aprendi muito cedo a importância vital do papel do director de investigação na escolha de problemas prometedores para os seus colaboradores que se iniciam na investigação. Aprendi também a importância de se atingir um alto nível na técnica de tirar fotografias na câmara de Wilson. Nisto, o meu desejo era não ficar aquém do nível atingido por C. T. R. Wilson no seu trabalho pioneiro: uma tarefa nada fácil quando se tem de obter dezenas de milhares de fotografias ou quando, mais tarde, as câmaras de Wilson aumentaram de tamanho e complexidade. Se não é mantido um alto nível técnico, pode acontecer que as raras fotografias que interessam não sejam suficientemente boas para mostrarem exactamente o que se passou. Relacionado com isto, está a importância do estudo cuidadoso e quantitativo de todos os fenómenos sub-atómicos normais que ocorrem na câmara, de tal forma que, quando algo de estranho se passa, seja imediatamente reconhecido como tal. Durante dezassete anos após Rutherford me propor o trabalho com câmaras de Wilson continuei, com pequenos intervalos, a usá-la nos meus estudos. A partir daí, o meu trabalho pessoal diminuiu, mas a investigação com câmara de Wilson, continua sendo uma actividade fundamental no meu laboratório.

Até cerca de 1940, a câmara de Wilson era o único método visual de estudar partículas atómicas. Depois, surgiu a emulsão fotográfica que originou, nos últimos anos, uma grande quantidade de descobertas importantes. Finalmente, há poucos anos, o advento da câmara de bolhas, inventada por Glaser, forneceu um novo instrumento de grande alcance.

A característica essencial destes três

métodos distintos, embora análogos (câmara de Wilson, câmara de bolhas e emulsão fotográfica) é que os pequenos pormenores de processos sub-atómicos individuais são observados directamente. Assim, *uma só fotografia*, tènicamente boa, pode servir para verificar as leis da conservação do momento, energia, massa e carga, para revelar um novo fenómeno, ou para descobrir uma nova partícula. Contudo, para se obter alguma informação sobre as *forças* que caracterizam a interacção entre duas partículas quaisquer, é necessária informação estatística sobre a frequência com que ocorrem os diferentes tipos de acontecimentos.

Vemos assim, que o desenvolvimento destes métodos se faz ao longo de duas vias: uma melhoria na precisão das medidas em acontecimentos individuais e o aumento do número de acontecimentos estudados mantendo, evidentemente, a esperança de que ambos os objectivos possam ser atingidos simultaneamente.

Recordando os quarenta anos da carreira científica de Rutherford, com a sua espantosa quantidade de descobertas, é de grande interesse tentar elucidar alguns dos segredos do seu sucesso. Muitos dos seus contemporâneos pensaram nisso e todos parecem de acordo sobre muitos factores importantes. O extremo poder de concentração de Rutherford num problema particular, até que o pudesse ver de todos os lados e de todos os ângulos; a sua viva imaginação figurativa, no espaço e no tempo, dos acontecimentos do mundo das partículas sub-atómicas, que era o seu campo de investigação favorito; a sua habilidade em projectar aparelhos simples e perfeitamente adequados aos trabalhos a realizar; a sua capacidade de selecção para traçar e seguir rumos de investigação compensadores; a sua visão para o imprevisto; o pouco caso que fazia das matemáticas, mas o grande sucesso que tinha quando as empregava; e, por último, o seu entusiasmo sem limites para descobrir mais coisas acerca do mundo físico. A bem conhecida história da descoberta de

Rutherford, aqui em McGill, da emanção do tório, como resultado de ter seguido a observação ocasional, por Owen, de que a ionização devida a uma certa preparação de tório era notavelmente afectada por correntes de ar, tem uma moral óbvia para todo o experimentador. Possa cada jovem cientista recordar esta história e conservar os olhos abertos e a inteligência atenta à possibilidade de que uma irritante deficiência dos aparelhos em dar resultados consistentes possa, uma vez ou duas durante uma vida, esconder uma descoberta importante.

O caso da difusão das partículas α , por outro lado, foi uma descoberta menos ocasional do que inesperada; Rutherford procurava especificamente este efeito, mas ficou extraordinariamente surpreendido quando o encontrou. Num certo sentido, Rutherford procurava o que não seria de esperar, porque compreendeu perfeitamente que a grande intensidade dos campos eléctricos necessários para explicar a difusão segundo ângulos grandes, deveria implicar a ideia revolucionária de uma carga eléctrica altamente concentrada no átomo. Em poucos meses, encontrou matematicamente a probabilidade de difusão das partículas α segundo um ângulo determinado, na hipótese de toda a carga positiva do átomo estar concentrada num núcleo central muito pequeno, de tal forma que a força mútua seja a do inverso do quadrado da distância; esta previsão foi posta à prova experimentalmente no laboratório e concluiu-se que era correcta. Assim nasceu a teoria nuclear do átomo: esta foi a maior de todas as grandes descobertas de Rutherford.

Parece-me que tem muito interesse esboçar esta relação entre a teoria e a experiência, não só através da carreira de Rutherford, mas também nos desenvolvimentos subsequentes em campos semelhantes. Entre estes destaca-se o campo das partículas elementares instáveis, que seguramente teria

agradado a Rutherford. Nos últimos anos provou-se efectivamente ser um dos campos que tanto lhe agradaria — um dos seus «campos de Tom Tiddler onde tudo pode acontecer». Tem também, creio eu, valor prático estudar esta interrelação, porque aqueles que estão ligados às tarefas práticas da educação de jovens investigadores e à tática e estratégia de investigação, devem ter de pensar muitas vezes nestas questões. De especial importância é, por um lado, a relação entre programas de investigação e descobertas acidentais e, por outro lado, entre experiências planeadas para verificar algumas previsões teóricas específicas e as feitas para explorar um campo promissor, com atenção a qualquer coisa que possa acontecer.

Existem, na verdade, muitas lendas acerca da maneira como Rutherford criticava, com humor, os físicos teóricos: «Eles brincam com os seus símbolos mas nós, no Cavendish, descobrimos os factos reais da natureza». Ele próprio fazia um uso contínuo e extremamente eficiente de conceitos físicos simples, tais como a conservação da energia e do momento, da teoria orbital em dinâmica elementar e dos conceitos da teoria das probabilidades. Dificilmente, penso, teria ele afirmado que estes conceitos pertencem à teoria. Rutherford chamava teoria aos desenvolvimentos mais matemáticos, tais como a mecânica quântica. Apesar da sua amizade pessoal e da sua admiração pelo trabalho de Niels Bohr, era claro que não achava fácil assimilar a teoria quântica à sua própria maneira de pensar.

Embora este dito de espírito de Rutherford fosse apenas ligeiramente sério, servem-nos bem, por nos encorajar a estudarmos cuidadosamente quais foram, na verdade, os papeis da previsão teórica e da descoberta acidental, na história da física das partículas elementares, durante os últimos quarenta anos, isto é, desde que Rutherford se mudou de Manchester para Cambridge.

Começemos por indicar qual a estrutura da matéria, tal como era conhecida quando Rutherford aceitou a Cadeira Cavendish, em

1919. Então apenas duas partículas elementares eram conhecidas, o prótão e o electrão. O melhor modelo da parte exterior do átomo, e também das suas propriedades espectroscópicas e químicas, era ainda o modelo orbital de Bohr. Alguns anos teriam ainda de passar antes que o trabalho de Broglie e Schrödinger mostrasse que os electrões atômicos eram mais correctamente representados por um sistema de ondas estacionárias em torno do núcleo. Pensou-se então que o próprio núcleo era constituído por protões e electrões, apesar de ser bem reconhecida a dificuldade de juntar no núcleo um grande número de electrões.

A partir de 1919 uma verdadeira revolução teve lugar no nosso conhecimento sobre as partículas elementares da natureza. Isto foi devido, em parte, a uma revolução na teoria e, em parte, a um grande número de descobertas experimentais mais ou menos inesperadas. Os grandes marcos do avanço teórico foram o aparecimento das mecânicas ondulatória e quântica a partir do estudo do exterior do átomo, a teoria relativística do electrão de Dirac e a sua previsão de anti-matéria, a previsão do neutrino, por Pauli e a teoria de Yukawa das forças nucleares e previsão do mesão. Do lado experimental, salientemos a descoberta do neutrão, do electrão positivo, dos mesões μ e π e da grande família das partículas estranhas, isto é, mesões pesados e hiperões. O número total de partículas e anti-partículas que podem, razoavelmente, ser consideradas elementares, é agora de trinta.

Quando Rutherford fez, em 1920, as suas famosas especulações sobre a possível existência do neutrão, ele admitia-o como uma íntima combinação de um electrão e de um prótão, de certa maneira como o estado de menor energia do modelo de Bohr do átomo de hidrogénio. Hoje em dia, o neutrão é correctamente tratado como uma partícula elementar. Contudo, é interessante notar que se Rutherford tivesse vivido o suficiente para conhecer a prova experimental de que o

neutrão decaí espontaneamente num prótão e num electrão, certamente teria afirmado que a sua imagem inicial não estava muito longe da verdade. De facto, porém, não parece hoje geralmente útil supor que, quando uma partícula se transforma noutras, estas últimas estejam, em qualquer sentido real, existindo previamente na partícula mãe. Durante 1919-20, Rutherford fez várias experiências para detectar o neutrão previsto. Nenhuma delas teve sucesso e agora vemos que nenhuma estava no caminho certo. O neutrão foi descoberto por Chadwick em 1932, como resultado de uma complicada sucessão de descobertas experimentais inesperadas, feitas em diferentes países. O princípio foi a descoberta, por Bothe, na Alemanha, de que, quando partículas α do polónio bombardeiam o berílio, são produzidos raios γ duros de cerca de 5 MeV. Prossequindo por este caminho Joliot, em França, estudou aqueles raios com uma câmara de Wilson, usando um alvo de parafina, ficando muito surpreendido ao encontrar, juntamente com electrões rápidos, um certo número de protões rápidos. Joliot tentou atribuir estes protões ao recuo Compton de raios γ muito enérgicos — uma energia de cerca de 50 MeV seria necessária. Então, Chadwick, lendo o trabalho de Joliot, e com o conhecimento das especulações de Rutherford sobre as possíveis propriedades do neutrão, reconheceu imediatamente que aquela partícula tinha sido encontrada. Os traços dos protões de Joliot não eram devidos ao recuo produzidos por fotões mas originados pelos neutrões há tanto tempo procurados. Depois de algumas semanas de brilhante experimentação e raciocínio, Chadwick publicou o seu artigo clássico no qual foi anunciada a descoberta do neutrão e descritas as suas propriedades. Na conferência aqui realizada em memória de Rutherford, em 1953, Chadwick disse modestamente «que a descoberta do neutrão apareceu naturalmente na linha geral de investigação traçada, anos antes, por Rutherford». O caminho real percorrido foi, como vimos, bastante sinuoso e incluiu duas des-

cobertas acidentais em dois países diferentes.

Em 1928, Dirac fez a sua famosa teoria do electrão. Ao procurar uma equação para o electrão, em mecânica quântica, que fosse consistente com o princípio da relatividade restrita, não só explicou de uma maneira natural o spin e momento magnético do electrão, então recentemente descoberto, mas mostrou que a equação implicava a existência de partículas idênticas aos electrões e com carga positiva. Enunciou algumas das suas propriedades, tais como a maneira como podiam ser produzidas por raios γ energéticos, ou como podiam desaparecer ao combinar-se com um electrão, originando um fotão. Naquele tempo estas conclusões pareciam tão estranhas que o próprio Dirac tentou, durante um certo período, evitá-las, modificando a sua teoria por forma a que as partículas positivas fossem protões. A tentativa falhou: a teoria não podia ser alterada de forma a não prever o electrão positivo. Contudo, os físicos não pareciam tomar muito a sério estas previsões. Quando Carl Anderson, em 1932, descobriu experimentalmente esta partícula na radiação cósmica, isso pareceu-lhe, como a quase toda a gente, uma descoberta ocasional e totalmente inesperada. Anderson não mencionou a teoria de Dirac e muito provavelmente nunca tinha ouvido falar dela. Quando alguns meses mais tarde Occhialini e eu, de uma forma igualmente inesperada, encontrámos um grande número de traços de electrões positivos nos raios cósmicos, conhecíamos o trabalho de Dirac, pois que ele trabalhava em Cambridge e em ligação com as nossas experiências. Assim, estávamos aptos a discutir os nossos resultados experimentais à luz da sua teoria, e a afirmar que os positrões, deviam, de facto, ter sido criados pelo processo da produção de pares. Isto foi rapidamente verificado por Chadwick, Occhialini e eu. Além disso, foi possível identificar a radiação observada por Gray e Tarrant durante a absorção de raios γ

duros como os fotões de aniquilação previstos na teoria de Dirac.

A elegância e generalidade da teoria de Dirac levou a acreditar que também seria aplicável aos protões. Foi o ponto de partida para uma longa pesquisa do protão negativo ou anti-protão, que apenas há poucos anos foi coroada de sucesso.

Em 1935, Yukawa tentou explicar as intensas forças entre nucleões e, seguindo Heisenberg, supôs que estas forças eram do tipo de permuta como era usual na ligação homopolar dos átomos, em muitas moléculas. Yukawa fez notar que isto implicava a existência de uma partícula nova, de massa cerca de 300 vezes a massa do electrão, e ainda que esta partícula devia ser instável, decaindo num electrão com uma vida média de cerca de 10^{-18} segundos. Em 1938, a descoberta acidental, por Anderson e Street, de traços de uma partícula, com massa aproximada daquela, nos raios cósmicos, parecia confirmar a teoria de Yukawa. Mostrou-se, contudo, que não era a partícula de Yukawa que tinha sido descoberta, mas uma partícula bastante inesperada e estranha, chamada agora mesão μ . Esta partícula tinha uma interacção muito fraca com nucleões, em contradição com a partícula de Yukawa, cuja característica essencial era ser altamente interactiva. A verificação da previsão de Yukawa teve de esperar a descoberta acidental do mesão π em 1947, por Powell, Occhialini e colaboradores, em Bristol, no decurso de estudos de traços de raios cósmicos em placas fotográficas. Contudo, a previsão de Yukawa ajudou notavelmente os experimentadores a descobrirem o mesão μ porque os levou a estar atentos a partículas de massa intermédia. Além disso, introduziu, pela primeira vez, o conceito de partícula nuclear instável e assim muito auxiliou os experimentadores a interpretar, por meio desta propriedade, certas anomalias dos raios cósmicos. A dificuldade teórica em explicar a preponderância dos mesões μ , que indica uma forte interacção no processo de produção, com a sua muito pequena interacção

com a matéria levou, em 1947, à sugestão, por Marshak e Bethe, de que talvez uma outra partícula pesada fosse primeiro produzida, a qual decairia subsequentemente num mesão μ .

Quando consideramos as primeiras três das partículas estranhas — as partículas Λ , carregadas e neutra, descobertas por Rochester e Butler, em Manchester, e o mesão τ , por Powell e colaboradores, em Bristol — concluímos que nenhuma sugestão da sua possível existência precedeu a sua descoberta accidental, em 1947. Em anos seguintes o hiperão Λ , o hiperão cascata, o hiperão Σ , a partícula θ^0 e os outros mesões K carregados (para usar os seus antigos nomes fenomenológicos), foram todos descobertos experimentalmente pelo estudo da interacção dos raios cósmicos energéticos, usando emulsões fotográficas ou a câmara de Wilson. Os experimentadores estavam atentos a qualquer coisa que pudesse aparecer. De há muito, tantas coisas se tornaram conhecidas acerca de tantas partículas novas, que se tornou possível encontrar ordem nos fenómenos complexos, e assim estar-se em posição de formular teorias fenomenológicas, a partir das quais se pudessem fazer previsões pormenorizadas sobre o comportamento de algumas das partículas ou, nalguns casos, prever a existência de outras. Foi o caso da partícula θ^0 e dos hiperões neutros Σ e Ξ .

O primeiro argumento teórico importante sobre o comportamento das partículas estranhas foi proposto por Pais, em 1952. Experimentalmente, as partículas estranhas são produzidas copiosamente em colisões energéticas, sendo o seu número uma pequena percentagem do número de mesões π produzidos. Isto indica que elas devem interactuar com os núcleos de uma maneira intensa, comparável, de facto, com a forte interacção entre mesões π e nucleões. Por outro lado, todas as partículas estranhas têm uma vida média entre 10^{-10} e 10^{-18} s, o que é muito longo comparado com o tempo característico (da ordem de 10^{-25} s) que é de esperar para

processos de declínio associados directamente com interacções fortes. Pais sugeriu que possivelmente todas as partículas estranhas eram produzidas aos pares. Quando duas partículas estranhas interactuam conjuntamente com um nucleão, fazem-no de uma forma intensa e assim são copiosamente produzidas. Mas quando uma só partícula interactua, a interacção é fraca, originando desta forma uma vida longa. Por exemplo, no declínio de um hiperão Λ num próton e num mesão π , apenas uma partícula estranha está presente, e assim a interacção é fraca e pequena a razão de desintegração.

Esta previsão foi cedo verificada pela experiência no caso da colisão de mesões π negativos de grande energia, obtidos por meio de prótons no cosmotrão de Brookhaven. Concluiu-se que se produziam pares de partículas estranhas, neste caso um hiperão Λ e um mesão K^0 . Crê-se agora que esta produção associada é uma regra geral.

Subsequentemente, Gell-Mann e, independentemente, Nishijima propuseram um esquema empírico bastante simples para descrever o comportamento observado na produção e desintegração das partículas estranhas. A cada partícula é atribuído um novo número quântico S , a chamada «estranheza» (*): supõe-se que a soma algébrica dos valores de S se conserva nos processos de produção, que são todos interacções fortes; e que muda de ± 1 durante os processos de desintegração fracos. Este esquema descrevia, com sucesso, todos os factos conhecidos no tempo, e previa correctamente alguns factos novos. Embora a «estranheza» seja essencialmente um número quântico empírico, sabe-se agora que ela está relacionada de uma maneira bem definida com o spin isotópico e a paridade, que provaram ser conceitos de grande utilidade na física nuclear e na física dos mesões π .

Uma outra descoberta puramente empírica é a da conservação dos bariões — sendo um barião uma partícula com massa igual ou

(*) Em inglês, *strangeness*; em francês, *étrangeté*.

maior que a dos nucleões — ou, mais geralmente, a conservação do número de bariões menos o número de anti-bariões. Vemos isto a partir do facto de que quando um hiperão se desintegra dá sempre um nucleão. A única ocasião em que um nucleão desaparece é quando se conjuga com a sua anti-partícula (aniquilação). Provou-se que isto ocorria com anti-protões e anti-neutrões. Crê-se agora que todas as partículas têm as suas próprias anti-partículas, quer sejam fermiões ou bósons, embora a teoria original de Dirac se aplique apenas às primeiras. Agradeço ao Prof. Salam a seguinte informação sumária sobre anti-partículas. Os pares partícula — anti-partícula conhecidos são:

$$(\nu, \bar{\nu}), (e^+, e^-), (\mu^+, \mu^-), (\pi^+, \pi^-), (K^+, K^-), \\ (\theta^0, \bar{\theta}^0), (p, \bar{p}), (n, \bar{n}), (\Lambda, \bar{\Lambda}).$$

Espera-se que $\Sigma^+, \Sigma^-, \Sigma^0, \Xi^0, \Xi^-$, tenham as suas anti-partículas com as quais se possam aniquilar em partículas leves.

Ninguém pode contemplar esta lista de trinta partículas ditas elementares sem especular sobre se algumas delas não seriam melhor consideradas como estruturas complexas. Várias tentativas foram feitas neste sentido, por exemplo, admitindo que nucleões, mesões K e π são realmente partículas elementares e que os hiperões se formam a partir destes. Mas ainda nenhuma destas teorias foi mais do que uma esperança: os cinco processos alternativos de desintegração de um mesão K mostra bem as dificuldades pertinentes. Por agora, concluamos, com Salam, que «todas as partículas são elementares, mas algumas são mais elementares do que outras». Oppenheimer comparou o estado actual da teoria das partículas estranhas com o estado da teoria dos espectros cerca de 1910, quando a duplicidade dos espectros atómicos foi reconhecida, mas se estava ainda bastante longe da descoberta do spin do electrão e mais longe ainda da teoria do electrão de Dirac.

Um dos acontecimentos mais curiosos e excitantes da história da física moderna foi

a descoberta da não conservação da paridade. A minha descrição corresponderá à maneira como ela aparece a um físico experimental de mentalidade não muito abstracta, ou antes, como ela teria aparecido a Rutherford se ele tivesse vivido o suficiente para ouvir o fim da história. O termo paridade foi introduzido para designar as propriedades das funções de onda atómicas e nucleares. Uma função de onda tem paridade ímpar ou par conforme muda ou não de sinal quando o sinal das coordenadas é mudado. Um estudo experimental pormenorizado de reacções nucleares mostra que a paridade da função de onda de um núcleo complexo se conserva durante todas as mudanças de estado. Isto foi verificado com alto grau de precisão por várias maneiras diferentes: estudo pormenorizado de transições nucleares, experiências de polarização com protões difundidos e pelo estudo de interacções fortes que ocorrem durante a produção de mesões π e de partículas estranhas. A conservação da paridade é geralmente enunciada por forma a implicar que «todos os resultados físicos devem ser independentes do facto de o observador usar um sistema de referência directo ou retrógrado». Deduzia-se disto que se qualquer reacção física se produz, a reacção correspondente a esta, vista num espelho, é também fisicamente possível. Assim, se existem electrões polarizados em sentido directo, também existem electrões polarizados em sentido retrógrado. Foi ainda postulado, por analogia com interacções fortes em núcleos, que em todos os fenómenos físicos se deveria sempre encontrar um número igual de partículas orientadas para a direita ou para a esquerda. Afirmava-se que na loja de ferragens da Natureza havia sempre tantos saca-rolhas com hélice direita como com hélice esquerda. Como exemplo da rigidez desta convicção afirmava-se que seria perdido o tempo que o experimentador dedicasse a verificar, por exemplo, se a radiação β emitida por um núcleo radioactivo é polarizada longitudinalmente com respeito à sua direcção de emissão (porque isto indicaria uma prefe-

rência da natureza por uma heliticidade direita ou esquerda); ou se haveria assimetria no número de partículas emitidas por um núcleo orientado magnéticamente.

Então, em 1956, Lee e Yang chamaram a atenção para o facto de que não havia evidência experimental para a conservação da paridade em interacções fracas, tais como a desintegração β , e indicavam a possibilidade de vários testes experimentais. Wu e colaboradores mostraram experimentalmente que as partículas β de núcleos de ^{60}Co orientados por um campo magnético eram emitidas de uma forma assimétrica relativamente à direcção do campo. Em poucas semanas, outros investigadores mostraram que as partículas β provenientes de núcleos radioactivos não orientados eram polarizadas longitudinalmente: a experiência é tão simples que podia ter lugar como trabalho prático do último ano de um curso de Física.

Os efeitos de polarização foram também demonstrados para os processos de desintegração mesão π — mesão μ — electrão e, mais recentemente, para a desintegração de algumas partículas estranhas.

É útil recordar, como Grodzins (1959) o fez num artigo recente, que uma experiência feita há muito (1928) mostrara haver forte evidência de polarização longitudinal das partículas β emitidas por substâncias radioactivas naturais. A sua história é interessante e começa com a introdução do spin do electrão, por Uhlenbeck e Goudsmit em 1925, para explicar a estrutura múltipla das linhas espectrais. Em termos do contemporâneo modelo orbital de Bohr, o spin do electrão considerava-se orientado em ângulo recto com a órbita do electrão e com sentido paralelo ou anti paralelo ao momento angular orbital. A energia de interacção entre o momento magnético do electrão nas suas duas posições e o momento magnético orbital resultava, então, na separação em duplete de um estado p .

Com estes conhecimentos, Cox, McIlwraith e Kurrelmeyer (1928), na Universidade de New-York, começaram a trabalhar no sentido

de observarem se os electrões seriam polarizados, utilizando um tipo de experiência análogo ao usado por Barkla quando descobriu a polarização dos raios X, isto é, por difusão dupla. O artigo daqueles autores foi publicado com o título «Evidência aparente de polarização num feixe de raios β ». O trabalho foi continuado por Chase, um aluno de Cox, que publicou três artigos sobre o mesmo assunto em 1929 e 1930. O método geral consistia na dupla difusão, a 90° , por meio de alvos de ouro espessos, de um feixe de partículas β . A intensidade do feixe, após a segunda difusão, era medida, visto que se variava o ângulo dos planos respeitantes à primeira e segunda difusão. Como resultado de muitas experiências, estes investigadores concluíram que a intensidade da difusão dupla era 3% maior quando o detector estava a um ângulo de 90° para a direita do que quando se encontrava a 90° para a esquerda. Os autores salientavam que a diferença entre as duas posições, era apenas a diferença entre um sistema de eixos directo e retrógrado. Concluímos que, com toda a probabilidade, «temos aqui uma verdadeira polarização devida à difusão dupla de electrões assimétricos».

Apesar de, à luz dos padrões actuais, a técnica e a disposição experimental empregadas não terem sido as melhores, parece muito provável que as experiências realmente provaram a polarização longitudinal das partículas β naturais e assim, em linguagem moderna, demonstraram a não conservação da paridade.

Se estas experiências tivessem sido seguidas, por exemplo, por qualquer dos mais jovens colaboradores de Rutherford, muitos dos quais procuravam naquele tempo experiências novas e simples para fazerem — porque este período, no Cavendish, foi menos activo do que usualmente — então a hipótese da conservação universal da paridade nunca teria sido formulada, e a assimetria essencial da natureza entre sistemas directos ou retrógrados teria sido afirmada cerca de trinta anos mais cedo do que na realidade o foi.

Sem dúvida, uma das razões pelas quais estas experiências não foram seguidas, foi a diversão de interesse ocasionada pela polarização transversal dos electrões. Isto resultou da aplicação da mecânica ondulatória à difusão de partículas em campos coulombianos, feita por Mott em 1929. Mott previa que em electrões relativistas, difundidos segundo ângulos grandes por núcleos de número atómico elevado, deviam estar polarizados transversalmente, e que isto deveria ser detectável experimentalmente pela assimetria de uma segunda difusão. Os experimentadores confirmaram em breve esta importante previsão de Mott sobre a polarização transversal, mas pareciam ter esquecido a descoberta da polarização longitudinal por Cox e seus colaboradores. O primeiro, sendo um efeito electromagnético, não entra em conflito com a conservação da paridade, ao contrário do que acontece com o segundo. Todos os experimentadores que tentaram verificar a teoria de Mott usaram electrões acelerados artificialmente com o fim de obterem melhor geometria e maior intensidade. Desde que, claro está, um tal feixe de electrões não é polarizado, apenas foi encontrada a polarização transversal, que se esperava, após a primeira difusão. Se as experiências tivessem sido feitas com uma fonte de raios β , então ambos os efeitos teriam sido encontrados: a assimetria de frente para trás, devida à polarização transversal introduzida pela primeira difusão, e a assimetria da esquerda para a direita devido à polarização longitudinal, já existente na radiação β .

De facto, a experiência de Cox não podia ser completamente interpretada sem a teoria de Mott. Hoje descrevemos o processo físico como segue. Os electrões emitidos por um núcleo de rádio têm helicidade negativa, isto é, o seu spin é anti-paralelo ao seu momento linear. Na primeira difusão a 90° a direcção do spin não muda, e assim o feixe difundido fica polarizado transversalmente sendo, por isso, assimetricamente difundido, no plano esquerdo-direito, pelo segundo alvo.

Recordando aqueles anos, não me lembro de ter lido ou ouvido falar dos trabalhos de Cox — e isto apesar de estar intimamente ligado às experiências de Dymond para verificação da previsão de Mott da polarização transversal, e de estar a trabalhar pessoalmente na verificação da outra previsão de Mott, a da difusão interdiferencial de partículas idênticas (neste caso, partículas α difundidas por núcleos de hélio).

Há também alguns aspectos curiosos na história do estudo das radiações emitidas por núcleos radioactivos, orientados magneticamente a temperaturas muito baixas. Durante quase uma década este foi um activo campo de pesquisa em vários laboratórios e foram feitos muitos estudos pormenorizados sobre a distribuição angular de raios γ relativamente à direcção orientadora do campo magnético. Um conhecimento destas distribuições, que são todas simétricas em relação ao plano normal ao campo magnético, dá informação importante sobre a natureza da transição nuclear na qual é produzido um certo raio γ . O estranho é que, apesar de muitos investigadores deverem ter pensado em fazê-lo, aparentemente nenhum deles mediu a distribuição angular de partículas β . Se o tivessem feito, a assimetria prevista por Lee e Yang e observada por Wu e colaboradores em 1956, podia ter sido descoberta três anos mais cedo.

É certo que se se constrói um modelo rutherfordiano clássico de um núcleo magneticamente alinhado, com a forma, por exemplo, de um solenóide magnético muito pequeno, não se esperaria uma assimetria entre a energia dos electrões emitidos na direcção do campo magnético ou na direcção contrária. Por outro lado, não parece de todo impossível supôr que a estrutura de um núcleo pesado possa não estar disposta longitudinalmente de uma forma simétrica em relação ao eixo magnético. Se se postula uma estrutura em forma de pera (Wilets, 1959), então deve esperar-se uma assimetria na emissão β . Assim, em retrospectiva, parece ter havido

boas razões rutherfordianas para se ter examinado, pelo menos sumariamente, a distribuição angular da emissão β , até porque a experiência não era difícil. Acontece frequentemente na história da ciência que uma teoria errada conduza o investigador a fazer a experiência correcta.

Uma situação semelhante existiu no que diz respeito à polarização de partículas β naturais, pois que, por razões puramente electromagnéticas, os electrões emitidos por um núcleo orientado magnéticamente devem ser um pouco polarizados longitudinalmente. Isto resulta da interacção do spin do electrão com o campo magnético externo e com o do núcleo, respeitando a conservação da paridade. Por outro lado, a intensa polarização longitudinal observada nas partículas β naturais, que não respeita a conservação da paridade, resulta do efeito de spin e do momento linear do electrão: quando a velocidade se aproxima da da luz, a polarização torna-se completa. Assim, se os experimentadores tivessem examinado o pequeno efeito clássico, apesar de na realidade ele ser pequeno de mais para ser observado, teriam encontrado o efeito real, que é grande. Foi isto o que Cox e colaboradores fizeram em 1928.

Além disto, havia uma razão por analogia que nos levava a esperar um grande efeito — na realidade, sabe-se agora que a analogia é falsa, mas era uma forte razão para se fazer a experiência. Mott mostrou que electrões muito rápidos se polarizam transversalmente, de uma forma quase completa, por difusão coulombiana a 90° , utilizando núcleos pesados. Isto resulta de uma interacção entre o spin e o momento linear: o electrão que se move muito rapidamente no campo eléctrico do núcleo «vê» um campo magnético muito intenso e é polarizado por ele. Uma partícula β rápida ao ser emitida por um núcleo move-se também num campo eléctrico e magnético intenso: poderá uma forte polarização longitudinal ser possível? Claro, nós sabemos agora que uma forte polarização transversal de um electrão rápido difundido

respeita a conservação da paridade, enquanto que uma forte polarização longitudinal não conserva a paridade.

O caso da desintegração mesão π — mesão μ — electrão é, talvez, o caso mais claro em que um raciocínio físico simples nos podia ter levado a esperar efeitos que estivessem em contradição com a teoria da conservação universal da paridade, segundo a qual não se devia esperar qualquer polarização longitudinal em partículas resultantes da desintegração. Efectivamente, é difícil imaginar um processo físico mais essencialmente assimétrico segundo a longitude do que a desintegração de um mesão π num mesão μ e num neutrino. Como o mesão tem, tal como o electrão, um spin igual a $1/2$, é natural supor que ele possa estar polarizado. Que se pode admitir de mais natural do que a sua polarização longitudinal, depois de ter sido produzido juntamente com um neutrino no processo assimétrico da desintegração do mesão μ ? Se assim é, então teria sido razoável esperar que a polarização pudesse ser detectada observando uma assimetria na direcção da subsequente emissão do electrão, no qual o mesão μ se desintegra.

Há vários anos, foram feitas algumas medidas, com emulsões fotográficas, da direcção de emissão dos electrões resultantes da desintegração do mesão μ : foi encontrada uma pequena assimetria relativamente ao traço do respectivo mesão. É compreensível que este trabalho não tenha sido enérgicamente continuado visto que, nos primeiros tempos da técnica das emulsões fotográficas, havia muitas investigações importantes, fáceis de realizar, e que, de facto, levaram a muitas descobertas de grande importância. Assim, as medidas simples, mas aborrecidas, necessárias para confirmar assimetrias tão pequenas foram deixadas para o futuro — até que, de facto, Lee e Yang chamaram a atenção para a sua extrema importância teórica. Sabemos agora que electrões provenientes de um mesão μ em repouso são completamente polari-

zados com helicidade negativa, com os seus spins anti-paralelos aos seus momentos. Como o spin é também conservado no processo, os dois neutrinos, que são emitidos com momentos opostos ao do electrão, devem também ter helicidade negativa.

Uma indicação da relativa simplicidade das experiências necessárias para verificar as previsões de Lee e Yang está no facto de que, nos dois anos que se lhes seguiram, centenas de experiências foram feitas em muitos países, com o fim de investigar os três efeitos principais: a polarização dos raios β naturais, a emissão assimétrica por núcleos orientados e a polarização dos mesões μ obtidos por desintegração de mesões π . Como resultado de todo este trabalho, o campo parece, por agora, estar completamente explorado, salvo, é claro, nos seus pormenores mais finos. Contudo, isto só se aplica à desintegração β e do mesão π : há ainda uma grande quantidade de trabalho para ser feito no campo das partículas estranhas.

Tem interesse recordar que não foram considerações físicas gerais, nem estudos pormenorizados dos processos de desintegração β e do mesão μ , que levantaram, pela primeira vez, dúvidas sobre a validade universal da conservação da paridade: o primeiro estímulo foi o resultado experimental de que duas das partículas estranhas acabadas de descobrir tinham esquemas de desintegração diferentes em estados de paridade

oposta, mas tinham massas e períodos idênticos, e assim, muito provavelmente, eram uma e mesma partícula.

A moral, para os experimentadores, deste curioso fragmento da história da Ciência, é clara. Muitos deles foram dissuadidos de fazer algumas experiências simples mas importantes por causa das previsões de uma teoria que não compreendiam claramente — porque se a compreendessem, teriam visto que não tinha uma base sólida.

Gostaria de saber o que Rutherford teria pensado desta história excitante, com a sua complexa interacção entre teoria e experiência; e da incapacidade dos experimentadores em fazerem experiências simples, fornecendo os resultados aos teóricos — que brincam com os seus símbolos — para obterem as respostas correctas.

BIBLIOGRAFIA

- Chase, C. T., *Phys. Rev.*, **34**: 1069, 1929; **36**: 984; **36**: 1060, 1929.
 Cox, R. T.; McIlwraith, C. G. e Kurrelmeyer, B., *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.*, **14**: 544, 1928.
 Gródzins, L., *Proc. Nat. Acad. Sci., Wash.*, **45**: 399, 1959.
 Wilets, L., *Science*, **129**: 361, 1959.

P. M. S. BLACKETT, F. R. S.

(Conferência realizada na Universidade de McGill, em 29 de Setembro de 1958)

(Tradução de J. Sousa Lopes)

Quelques applications de la diffraction neutronique à l'étude des structures cristallines

INTRODUCTION

L'exposé suivant concerne différentes applications de la diffraction neutronique à l'étude des structures cristallines. Je me suis toutefois limitée à certains domaines, qui seront précisés, en m'efforçant d'en donner un aperçu complet, dans la limite des documents dont je disposais.

PRINCIPE

Les neutrons de vitesse v , ont une onde associée de de Broglie de longueur d'onde $\lambda = \frac{h}{mv}$, qui, dans le cas des neutrons appelés lents ou thermiques, (énergie allant de 0,02 à 1 eV, vitesse de $\sim 2 \cdot 10^5$ cm/sec à $1,4 \cdot 10^6$ cm/sec), est du même ordre de grandeur que les distances interatomiques. Les neutrons thermiques donc, se comporteront dans la traversée des solides comme les rayons X, en ce qui concerne la diffusion et la diffraction par le réseau cristallin. Une différence essentielle est toutefois que l'optique neutronique est nucléaire tandis que les rayons X sont diffractés par les électrons orbitaux, la distribution spatiale du nuage électronique autour de l'atome étant comparable en dimensions aux longueurs d'onde des rayons X.

Les ondes associées aux neutrons, diffractées par une distribution régulière d'atomes dans un réseau cristallin, interféreront avec des maxima, pics de diffraction, dont la position, comme dans le cas des rayons X est donnée par la condition usuelle de Bragg: $n\lambda = 2d \sin \sigma$ où «n» entier positif re-

présente l'ordre de réflexion, « λ » la longueur d'onde du neutron, « d », l'espacement internucléaire.

La diffraction des neutrons par un réseau cristallin sert tout d'abord à confirmer l'essentiel des caractéristiques de l'onde associée aux neutrons: le côté ondulatoire des propriétés des neutrons. Par la suite l'utilisation de flux de neutrons plus denses et plus couramment produits, se fit pour l'étude des structures cristallines parallèlement aux études par rayons X, ou les complétant, les deux techniques ayant bien-tôt chacune leur domaine propre, celui des neutrons demeurant toutefois beaucoup plus restreint.

Comparaison avec les rayons X.

Quelques précisions sur les différences entre diffractions par rayons X et neutrons permettront de comprendre le rôle particulier joué par l'une ou l'autre dans l'étude des structures. On parlera tantôt d'amplitude de diffraction « a » tantôt de section efficace de diffraction σ , selon les méthodes ou techniques utilisées, les deux étant reliées entre elles dans le domaine de longueurs d'onde considéré, par la formule $\sigma = 4\pi |a|^2$.

1) Les rayons X sont diffractés par les électrons et la section efficace de diffraction a une variation lente et régulière avec Z (on montre qu'elle est proportionnelle à Z^2). Pour les neutrons, le phénomène est nucléaire et σ n'a pas de variation liée à Z . On pourra avoir une section efficace du même ordre de grandeur pour des éléments aussi éloignés dans la classification périodique que

Be et ^{197}Au ou bien N et Bi. En moyenne de l'ordre du barn, les sections efficaces pourront être plus élevées pour un atome léger ($N: \sigma = 11,1$ barns) que pour un plus lourd (Ba: $\sigma 3,5$ barns). Dans le même ordre d'idées, différents isotopes d'un même élément se comportent vis à vis des neutrons comme différents types d'atomes, de même deux éléments de numéros atomiques voisins pourront avoir une section efficace permettant de les différencier, ce qui est impossible par rayons X.

2) Dans le cas des rayons X, l'onde diffractée est toujours à 180° de l'onde incidente, c'est ce qu'on appelle amplitude positive. Dans le cas des neutrons, certains noyaux ont une onde diffractée à 0° . L'amplitude de diffraction pour un élément naturel sera positive, négative ou même nulle selon la composition isotopique de l'élément. Ainsi pour le Lithium, elle est > 0 pour ^6Li , < 0 pour ^7Li et < 0 pour Li naturel. De même pour le Nickel, < 0 pour ^{62}Ni , > 0 pour ^{58}Ni et ^{59}Ni , et > 0 pour Ni naturel. A la diffraction cohérente par un réseau de même signe s'ajoutera dans les spectres un fond de diffraction incohérente dû à la composition isotopique de l'élément ou aux composants du corps considéré.

3) Enfin le neutron ayant un moment magnétique, l'orientation du neutron par rapport au spin du noyau (lorsqu'il en a un) peut introduire une variation dans l'amplitude de diffraction, variation distribuée au hasard (sauf dans le cas des corps ferromagnétiques pour lesquels les moments magnétiques sont alignés) et qui ajoutée également au fond continu incohérent. Cette propriété fera utiliser les neutrons comme outils de recherche précisément dans le domaine des orientations des moments magnétiques atomiques ou de la modification dans ces orientations. C'est un vaste domaine d'applications de la diffraction neutronique à l'étude des propriétés magnétiques des matériaux et que je ne citerai que pour mémoire en me bornant à

l'utilisation des neutrons pour la détermination des structures cristallines.

METHODES

Les premières expériences destinées à exploiter ces différences entre rayons X et neutrons étaient rendues difficiles par la faible intensité des sources naturelles de neutrons. Par la suite la production de faisceaux intenses par les accélérateurs de particules, ont permis d'utiliser les méthodes expérimentales mises en oeuvre pour les rayons X. Deux principes de méthodes différents ont été appliqués :

— *La méthode par transmission*, basée, comme dans le cas des rayons X sur la mesure de la perte d'intensité dans le faisceau de neutrons lors de sa transmission par le matériel diffracteur, ceci en fonction de l'énergie des neutrons incidents.

— *La méthode de diffraction* basée sur la mesure des faisceaux diffractés de manière cohérente, et du fond continu de diffraction incohérente, à partir d'un faisceau monocinétique de neutrons et en fonction de l'angle de diffraction (Fig. 1). La méthode utilise soit un monocristal fixe (méthode de Laue), soit un cristal tournant, soit une poudre (méthode de Debye Scherrer) selon les techniques mises au point pour les rayons X. Le domaine d'application de cette méthode est étendu par adjonction au diffractomètre de cryostats permettant de couvrir une large gamme de températures (depuis la température de He liquide jusqu'à 1000°C par exemple pour l'appareil en service à Argonne [1]).

1 — Méthode par transmission.

Cette méthode, utilisée surtout à partir de sources de neutrons de faible intensité, mesure la perte d'intensité d'un faisceau en fonction de la vitesse. On a, si I_0 et I sont les intensités initiale et transmise du faisceau

$\frac{I}{I_0} = e^{-\sigma T N}$, σ_T représentant la section efficace de transmission et N le nombre d'atomes ou de molécules par cm^2 d'échantillon.

Correspondant aux réflexions de Bragg, on obtient des pics de diffraction dans la

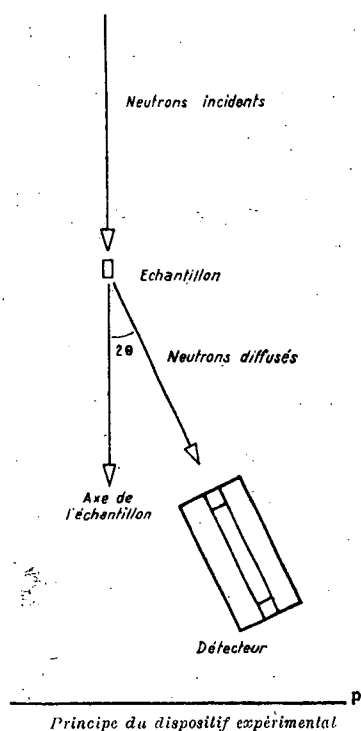


Fig. 1

courbe section efficace de transmission en fonction de la longueur d'onde.

Des changements de structure du matériel diffracteur sous l'effet de traitements divers entraîneront des modifications dans la courbe de transmission et la méthode sera appliquée à l'étude des propriétés physiques de l'état solide dans plusieurs domaines.

1. 1 — Etude de la cristallisation.

Le passage du monocristal à une forme polycristalline entraîne une augmentation de la section efficace de transmission due à ce fait que l'alignement des plans cristallins est plus poussé dans un monocristal.

Des études faites pour des échantillons de Fe, Ni, SiO_2 ont montré la généralité du phénomène.

1. 2 — Grosseur du grain.

La section efficace décroît avec la grosseur du grain ce qui est en accord avec l'augmentation du nombre de plans cristallins alignés. Des études ont été faites sur du fer et du cuivre recuits, en fonction de la grosseur du grain.

1. 3 — Comparaison entre solutions solides et mélanges mécaniques.

Les études montrent que les sections efficaces totales de solutions solides ou de mélanges de carbures réfractaires (Ti C et WC par exemple) changent en fonction des proportions du mélange, ou du solvant dans la solution solide.

L'observation de ces propriétés permet à l'inverse de déduire d'une courbe de transmission des renseignements sur la structure d'un matériau, ceci en utilisant la propriété des neutrons d'être peu absorbés par les substances de poids atomiques élevés (à l'inverse des rayons X).

1. 4 — Etude des composés binaires polycristallins.

L'allure de la courbe de transmission renseigne alors de façon non ambiguë sur le signe de l'amplitude de diffraction. Une amplitude négative pour l'un des composants du corps étudié entraîne un fond continu de diffraction incohérente très important et l'atténuation ou la disparition de pics de diffraction caractéristiques du système cristallin pour les réflexions de Bragg. La comparaison des intensités observée et calculée pour les plans d'indices de Miller pair et impair permet le choix du signe de l'amplitude de diffraction. (La formule théorique de section efficace de diffraction contient le facteur de structure F du réseau

binaires, facteur F dans lequel interviennent les amplitudes de diffraction des deux composants du binaire). Dans le cas des diagrammes de transmission en fonction de la longueur d'onde des neutrons, de Ti C par exemple, comparé à Ca O, l'accord entre données expérimentales et formule théorique n'intervient que lorsqu'on donne à Ca une amplitude de signe > 0 et Ti de signe < 0 .

I. 5 — Etude de l'effet des irradiations.

On a utilisé la transmission des neutrons pour déterminer la répartition et le type de défauts produits dans les solides après irradiation par des particules de haute énergie. Ainsi sur l'alumine [2] pour laquelle les résultats expérimentaux montrent une stabilité cristallographique après des irradiations par neutrons rapides et une apparition de défauts 40 fois moindre que le prédisent les théories courantes en même temps que la création de lacunes par paires du radical Al O.

II — Méthodes par diffraction.

Les méthodes par diffraction utilisent un faisceau de neutrons monocinétiques. Elles ont été appliquées aux neutrons lorsque la production des faisceaux de neutrons par les piles a pu en augmenter l'intensité. Or la monochromatisation d'un faisceau à la sortie d'une pile est de faible rendement, et un faisceau doit, pour avoir une intensité suffisante, avoir une section de l'ordre du cm^2 . D'où la limitation d'emploi de la méthode du monocristal par exemple, au cas des corps que l'on peut obtenir sous forme de monocristal d'une surface aussi grande. Et en conséquence le souci des utilisateurs, d'augmenter l'intensité du faisceau de neutrons utilisable ce qui permet d'étudier la diffraction des neutrons à l'aide d'un monocristal de dimensions plus réduites [3].

L'interprétation des diagrammes obtenus se fait de manière identique pour les neutrons

et pour les rayons X, et présente dans les deux cas le même genre de difficultés.

Sous ces réserves, les méthodes de diffraction de neutrons s'appliquent à différents domaines, domaines souvent déjà explorés partiellement à l'aide des rayons X et pour lesquels l'étude à l'aide des neutrons apporte un complément d'informations, ou domaine propre aux neutrons, ou même dans les travaux récents, étude complète, grâce aux neutrons de certains problèmes qui semblaient jusqu'alors réservés aux rayons X.

II. 1 — Détermination des amplitudes de diffraction de certains éléments ou de changements d'amplitudes en fonction de certains traitements.

Dans ce domaine ont été étudiées les structures de He solide à différentes températures et sous différentes pressions, par Henshaw [4] dont les résultats expérimentaux sont interprétés par Donohue [5], de Al et de fils métalliques après recuit [6], de Ge [7], de Be [8] dont la détermination de structure par rayon X était contestée, et, utilisant la faible absorption des neutrons par la plupart des substances de poids atomique élevé, (à l'inverse des rayons X), la texture cristalline de barreaux d'U déformés sous irradiation [9].

II. 2 — Localisation d'atomes au milieu d'autres atomes.

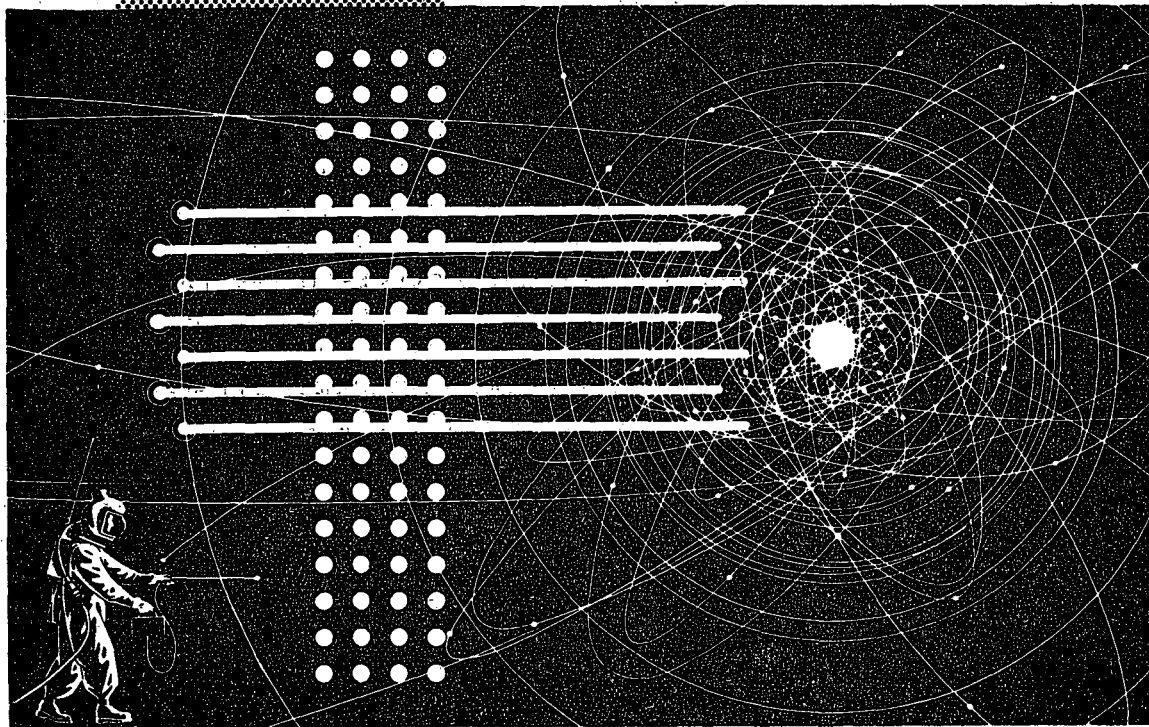
Dans ce domaine des études préalables par rayons X auront localisé certains atomes et les neutrons apporteront des précisions de localisation pour ceux des atomes échappant aux rayons X.

II. 2.1 — Eléments de numéros atomiques proches.

Ainsi C et N dans les cobalticyanures [10].

Fe et Co, Ni et Mn, ^{65}Cu et ^{63}Cu [11], Pb et Bi, Mn et Co, les isotopes de Ti [12], dans certains alliages.

zona perigosa?

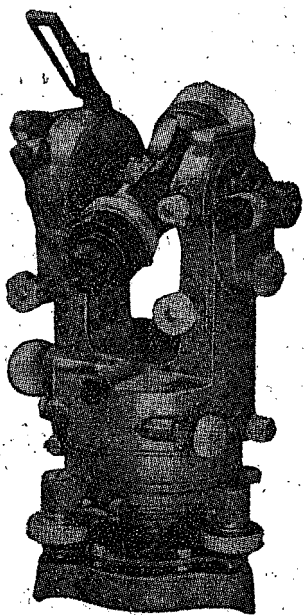


a Shell aceita o desafio

O aparecimento da energia nuclear veio trazer novas esperanças a um mundo esfomeado de energia. Contudo só métodos novos conseguem resolver problemas novos. Um deles era o da lubrificação dos novos mecanismos. Os lubrificantes tradicionais expostos por pouco tempo a radiações atômicas relativamente fracas perdiam todas as qualidades e então... a Shell após 4 anos de pesquisas e usando todo o seu potencial de investigação científica conseguiu produzir lubrificantes especiais capazes de suportar doses fortíssimas de radiações durante longos períodos. São os famosos Shell A P L única gama de lubrificantes, capazes de resistir com sucesso a radiações atômicas.



NA VANGUARDA DOS LUBRIFICANTES



NUCLEON

EQUIPAMENTOS DE PRECISÃO LIMITADA

SECCÕES:

- *DESENHO TÉCNICO*
- *APARELHAGEM CIENTÍFICA*
APARELHAGEM DE CONTROLE INDUSTRIAL
- *MATERIAL DIDÁTICO*
TOPOGRAFIA E GEODESIA

OFICINAS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

A TODOS OS EQUIPAMENTOS VENDIDOS POR NUCLEON
É OFERECIDA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E APOIO TÉCNICO
DAS SUAS OFICINAS.

Avenida António Augusto de Aguiar, 165 • Telef. 7321 31 • LISBOA

Liberte-se do ar
viciado e cheiros
desagradáveis com
os ventiladores

Vent-Axia

NOVOS E ELEGANTES MODELOS



A VENDA EM
TODO O PAIS

Agentes gerais para Portugal e Províncias Ultramarinas
SOCIEDADE TÉCNICA DE FOMENTO, LDA
PORTO LISBOA

Tipografia // Litografia // Encadernação

S O C I E D A D E
T I P O G R Á F I C A

«A Mundial»
L I M I T A D A

ESCRITÓRIO:

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 45-A

TELEFONE 83 36 66

LISBOA 1

OFICINAS: NOVAS INSTALAÇÕES,
REGUEIRÃO DOS ANJOS, 36

NUCLEAR DE CHICAGO

TODA A APARELHAGEM
PARA ENERGIA NUCLEAR

REPRESENTANTE

RUALDO, L. DA
SOCIEDADE COMERCIAL

LISBOA-2—(PORTUGAL) R. de S. José, 15-1.º
L. da Anunciada, 19-1.º

TELEGRAMAS: RUALDO

TELEF.	Material	3 06 76
	Armazém	3 06 06
	Séc. Prev.	32 20 00
	Contab.	32 48 59
	Gerência	32 59 07

LIVRARIA ESCOLAR
EDITORA

SEDE: RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA, 70
TELEFONE 66 40 40

SUCURSAL: CAMPO GRANDE, 111

TELEFONE 76 74 06

L I S B O A

*Livros para o Ensino Universitário,
Liceal, Técnico e Primário*

NOVIDADES LITERÁRIAS

Rápido serviço de encomendas de livros

SECÇÃO DE PAPELARIA

*Material de desenho, canetas e artigos
de escritório*

DISCOTECA

T i p o g r a f i a
L I S B O N E N S E

de

António Joaquim de Alencastre Telo

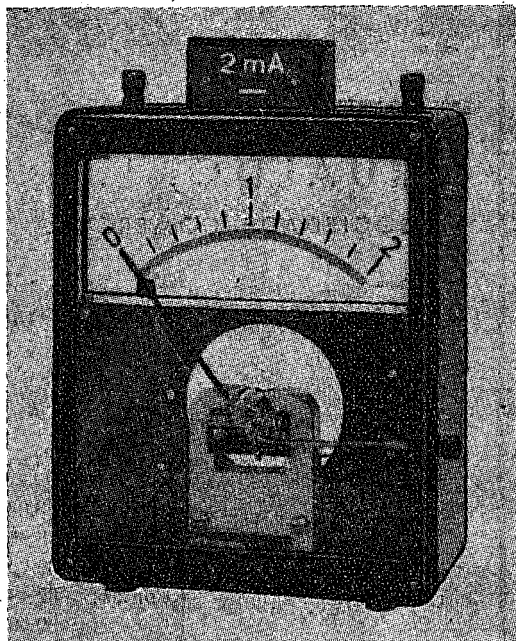
FABRICANTE DE SACOS DE PAPEL
EM TODOS OS GÊNEROS
ENCADERNAÇÕES

IMPRESSÃO EM PAPEL CELOFANE
ARTIGOS DE ESCRITÓRIO

Rua do Passadiço, 48 a 56
Telef. 54357 — LISBOA

MATERIAL DIDÁCTICO

de Física,
Química
e Biologia



Galvanómetro



PHYWE

PHYWE AG.

Goettingen — Alemanha Ocd.



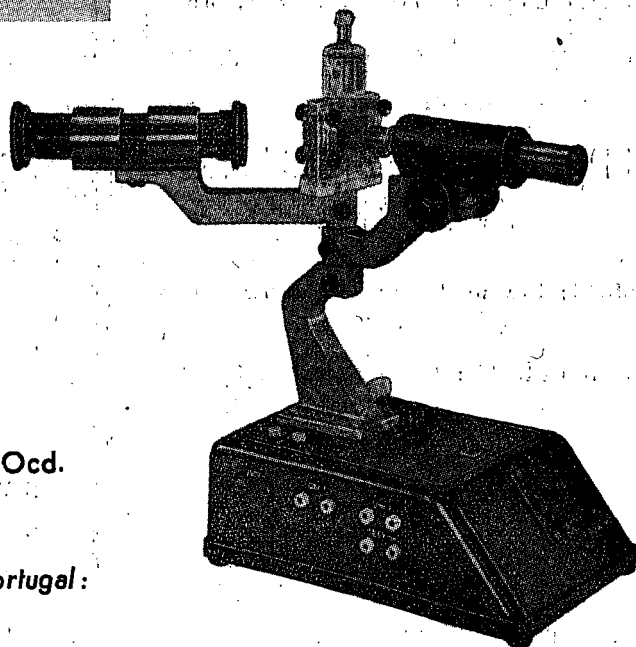
Representante exclusivo para Portugal:

LUSOMAX

Sociedade de Importação e Exportação, Lda.

RUA DOS CORREIROS, 123-3.º-DT.º

TELEF. PPC 30607 * LISBOA. 2



Aparelho de Millikan

L'étude des composés du type spinelle : de formule générale XY_2O_4 où X est un métal divalent, et Y un métal trivalent, le spinelle normal aura les ions divalents dans les cavités tétraédriques et les ions trivalents dans les cavités octaédriques, les mélange de structures pouvant aller jusqu'au spinelle inverse en passant par les structures mixtes. Les propriétés électriques et magnétiques des spinelles étant conditionnées par la répartition des cations dans l'édifice cristallin, lorsque X et Y ont par rapport aux rayons X des pouvoirs diffusants voisins, on a pu s'adresser aux neutrons et montrer ainsi par exemple que le spinelle $MgAl_2O_4$ est normal.

II. 2. 2 — Localisation d'atomes légers au milieu d'atomes lourds.

Ces études venant compléter les déterminations antérieures par rayons X permettent de localiser en particulier les atomes d' O et d' H dans leurs composés.

Localisation des atomes d' O

Dans les oxydes lourds pour lesquels la diffraction par le métal lourd masquait l'atome d'oxygène ainsi V_2O_3 [13] ou PbO [14] ou Ti_2O_3 [15].

Localisations des atomes d' H

Ce cas particulier a fait l'objet de nombreuses déterminations par diffraction neutronique. L'application toutefois n'est pas aussi simple que ne peut le faire espérer la section efficace de H qui est de 1,79 barns. Par effet de spin, H donne un fond de diffraction incohérente très important qui rend les diagrammes difficiles à interpréter. On pallie cet inconvénient en remplaçant H par du deutérium qui ne présente pas l'effet de spin.

Ainsi dans le cas particulier de la glace lourde la diffraction par rayons X avait

donné l'emplacement des atomes d' O et les diverses hypothèses faites sur la position des atomes d' H ont pu être éliminées (sauf deux d'entre elles) à la suite de l'étude par les neutrons.

A l'énumération des recherches faites dans l'article de Levy et Peterson [16] on ajoutera en particulier parmi les composés organiques le biphénylacétate d' H et de K [17], la diméthylglyoxime [18], l'acide sulfamique [19].

II. 2. 3 — Etude des mélanges.

Une méthode intéressante est alors la méthode dite de «matrice nulle» [1], qui permet de localiser dans certains cas particuliers les atomes légers seuls au milieu d'atomes lourds. Lorsqu'on a un mélange de carbures ou d'hydrures formant une solution solide (par exemple mélange de carbures de Ti et W), pour lesquels les amplitudes de diffraction neutronique sont positive pour l'un des métaux, et négative pour l'autre, un certain taux de mélange donnera une amplitude résultante de diffraction cohérente nulle et le spectre de diffraction cohérente sera entièrement dû aux atomes légers (Fig. 2).

L'application de cette méthode permettra par exemple dans un mélange de deutériures à 62% Ti et 38% Zr , de voir apparaître le spectre de diffraction dû au seul deutérium.

On peut voir une application de cette méthode au choix de matériaux complètement transparents aux neutrons et utilisables comme porte-échantillons.

Toutefois cette application est limitée aux seuls atomes de soluté et solvant distribués au hasard dans la solution solide. Lorsque ces atomes prennent des positions ordonnées dans un composé d'éléments à matrice nulle avec le ou les éléments dont on veut étudier la diffraction, le diagramme obtenu contiendra les pics de diffraction de tous les composants.

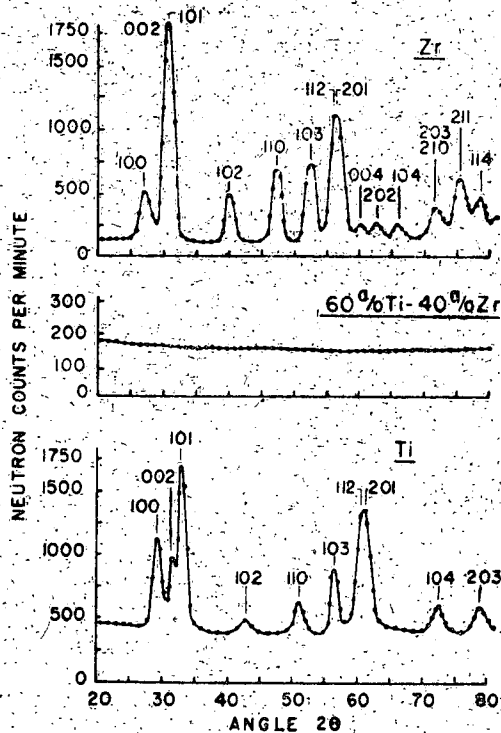


Fig. 2

II. 2:4 — Etude de substances ferroélectriques.

Le point de transition ferroélectrique pour certains composés correspond à l'apparition d'une polarisation électrique spontanée qui peut être inversée par application d'un champ extérieur. L'étude de la position de l'atome d'Hydrogène dans certaines substances ferroélectriques a permis de confirmer brillamment l'hypothèse selon laquelle le point de transition ferroélectrique correspondait pour les atomes d'H à un alignement en structure ordonnée par exemple pour KHF_2 ou PO_4H_2K . L'étude en parallèle par rayons X et neutrons [22] d'oxydes doubles de formule générale ABO_3 ($PbZrO_3$, $BaTiO_3$), a permis de déterminer les modifications de structure apparaissant au point de transition.

Par contre l'étude de solutions solides de formules $AlTh_2D_n$ avec $n=0, 2, 3, 4$ [23] a permis d'établir qu'aucune structure

ordonnée n'apparaissait même à la température que l'on considérait comme point de transition.

CONCLUSION

Cette revue rapide de quelques applications de la diffraction de neutrons à l'étude des structures cristallines est loin d'être complète. Tout le domaine des études de structures magnétiques, ou des propriétés dynamiques d'un cristal, n'a pas été envisagé. De plus, l'obtention de faisceaux de neutrons plus intenses, ainsi que la réalisation d'appareillages plus élaborés, mieux adaptés aux neutrons va-t'il permettre d'étendre l'utilisation de ces techniques. Déjà certaines études récentes ont pu, avec les neutrons seules, confirmer des résultats obtenus avec les rayons X [14] ou même déterminer des structures cristallines complètes [24].

RESUMO

Expõem-se os princípios e os métodos de estudo da estrutura da matéria utilizando a difracção neutrónica. Indicam-se algumas das suas aplicações mais importantes.

GENEVIEVE BASTIN-SCOFFIER

Laboratoire de l'Aimant-Permanent du C. N. R. S.
Orsay (S-et-O) France

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Sidhu S. S., Le Roy Heaton, et Mueller M. H., *Journ Appl. Phys.*, **30** (1959) 1323 (article de synthèse).
- 2) Antal J. J. et Goland A. N., *Phys. Rev.*, **112** (1958) 103.
- 3) Bacon G. E. et Dyer R. F., *Nature*, **183** (1958) 35.
- 4) Henshaw D. G., *Phys. Rev.*, **109** (1958) 328.
- 5) Donohue J., *Phys. Rev.* **114** (1959) 1009.
- 6) Swalin R. A. et Geisler A. H., *Trans. Aime* **206** (1956) 1259.
- 7) Brockhouse B. N. et Iyengar, *Phys. Rev.* **11** (1958) 747.

- 8) Hay H. J. Pattenden N. J. et Egelstaff P. A., *Acta Cryst.* **11** (1958) 228.
- 9) Laniesse J., Meriel P. et Englander M., *Rapport CEA*, 1555 (1960).
- 10) Curry N. A. et Runciman W. A., *Acta Cryst.*, **12** (1959) 674.
- 11) Keating D. T., Neidhardt W. J. et Goland A. N., *Phys. Rev.* **111** (1958) 261.
- 12) Shull C. G., Wilkinson M. K. et Mueller M. H., *Phys. Rev.*, **118** (1960) 308.
- 13) Paoletti A. et Pickart S. J., *Journ. Chem. Phys.*, **32** (1960) 308.
- 14) Kay Mortimer, *Act. Cryst.*, **14** (1961) 80.
- 15) Shirane, Pickart S. J., *Phys. Chem. Sol.* (1960) 166.
- 16) Levy H. A. et Peterson S. W., *Rev. Mod. Phys.*, **30** (1958) 100, 101.
- 17) Bacon G. E. et Curry N. A., *Act. Cryst.*, **13** (1960) 717.
- 18) Walter B. G. et Hamilton C., *Act. Cryst.*, **14** (1961) 95.
- 19) Sass R. L., *Act. Cryst. Dan.*, **13** (1960) 320.
- 20) Peterson S. W. et Levy H. A., *Journ. Chem. Phys.*, **20** (1952) 704.
- 21) Bacon G. E. et Peaser S., *Proc. Roy. Soc. A.* **230** (1955) 359.
- 22) Shirane, Danner, Pepinsky, *Phys. Rev.* **105** (1958) 849.
- 23) Bergsma Goedkoop et Van Vucht J. N., *Act. Cryst.*, **14** (1961) 223.
- 24) Bacon G. E. et Curry N. A., *Act. Cryst.*, **13** (1960) 10.

Comparaison entre les résultats expérimentaux et théoriques dans le domaine de la conversion interne

1 — Introduction

L'étude du phénomène de la conversion interne est un des outils les plus puissants pour la connaissance de la structure nucléaire. En effet, la détermination expérimentale des coefficients de conversion interne et leur comparaison avec les valeurs théoriques, joué un rôle très important dans l'établissement des schémas de niveaux nucléaires: elle permet de déterminer, dans beaucoup de cas, leurs moments angulaires totaux et parités.

Le phénomène de la conversion interne résulte d'une interaction entre le noyau et son cortège électronique, et il est en compétition avec l'émission γ , c'est-à-dire, dans les deux cas la transition se produit entre deux états d'un même noyau: il n'y a pas changement de numero atomique. Dans la desexcitation du noyau par l'émission γ , le photon emporte la différence d'énergie entre les deux états nucléaires. Par contre, dans

la conversion interne, cette différence d'énergie n'est pas émise sous la forme d'un rayonnement électromagnétique: elle est transférée *directement* à un électron du cortège électronique du noyau, qui quitte l'atome avec une énergie donnée par

$$E(e^-) = E(\gamma) - E(l)$$

($E(\gamma)$: énergie du photon γ émis en compétition; $E(l)$: énergie de liaison de l'électron dans le cortège).

On appelle coefficient de conversion interne, le rapport du nombre d'électrons de conversion interne et de photons γ émis dans la même transition entre deux états nucléaires: $\alpha = \frac{N(e)}{N(\gamma)}$. Ce rapport dépend de plusieurs paramètres:

- Numero atomique (Z);
- Ordre de la couche ou de la sous-couche électronique ($K, L_I, L_{II}, L_{III}, \dots$) d'où l'électron est arraché;
- Énergie de la transition entre les deux niveaux nucléaires;

- Multipolarité du rayonnement émis;
- Parité relative des deux niveaux nucléaires.

Les coefficients de conversion interne sont désignés par $\alpha^{(1)}$. Nous aurons, ainsi, les coefficients $\alpha_K, \alpha_{L_I}, \alpha_{L_{II}}, \dots$ pour les coefficients de conversion dans la couche électronique K et dans les sous-couches L_I, L_{II}, \dots .

Les coefficients de conversion interne d'une transition nucléaire électromagnétique dépendent, d'une façon très nette, de plusieurs paramètres et, parmi eux, de la multipolarité et de la nature électrique ou magnétique du rayonnement émis.

Soit un noyau dans un état initial excité, se desexcitant par émission d'un rayonnement γ . Soit J_i et J_f les moments angulaires totaux du noyau dans les états initial et final. Si l est le moment angulaire emporté par le photon γ :

$$|J_i - J_f| \leq l \leq J_i + J_f$$

la valeur de l plus probable est telle que $J_i = J_f + l$.

L'ordre multipolaire du photon est donnée par 2^l : si $l=1$, le rayonnement est *dipolaire*; pour $l=2$, *quadrupolaire*, etc.

En ce qui concerne la parité, soit π_i et π_f les parités des états initial et final du noyau. La parité $-\pi$ du photon émis dans la transition est donnée par $\pi_i = \pi_f \cdot \pi$.

Pour un rayonnement de nature électrique, la parité est $\pi = (-1)^l$; pour un rayonnement magnétique, $\pi = -(-1)^l$. De cette façon, dans le cas d'un rayonnement quadrupolaire, par exemple ($l=2$), la parité sera $+$ pour un rayonnement électrique et $-$ pour un rayonnement magnétique. Ainsi, si on vérifie qu'un rayonnement est quadrupolaire, il sera de nature magnétique s'il y a

un changement de parité entre les états initial et final; et électrique si la parité des deux états intéressés dans la transition, est la même.

Le tableau I indique les différentes possibilités pour les rayonnements multipolaires.

TABLEAU I.

Type du rayonnement	Moment angulaire du photon	Changement de parité
Dipole électrique (E1)	$h/(2\pi)$	oui
Dipole magnétique (M1)	$h/(2\pi)$	non
Quadrupole élect. (E2)	$2h/(2\pi)$	non
Quadrupole magnét. (M2)	$2h/(2\pi)$	oui
Octupole élect. (E3)	$3h/(2\pi)$	oui
Octupole magnét. (M3)	$3h/(2\pi)$	non

*

* *

La théorie de la conversion interne⁽²⁾ permet de prévoir que:

1) Les coefficients de conversion interne augmentent très rapidement avec l'ordre multipolaire du rayonnement, pour toutes les valeurs du numéro atomique et de l'énergie de la transition;

2) En général, les transitions magnétiques ont des coefficients de conversion interne plus élevés que les transitions électriques, pour les mêmes ordres de multipolarité, énergie et numéro atomique.

De plus, les coefficients de conversion interne augmentent rapidement avec le numéro atomique et décroissent avec l'énergie du rayonnement. Donc, la conversion interne est un phénomène très important pour les noyaux lourds, les transitions de faible énergie et d'ordres de multipolarité élevées.

(1) Pour distinguer entre les transitions électriques et magnétiques on utilise, respectivement, la notation α et β pour le coefficient de conversion interne.

(2) Pour la théorie de la conversion interne cf., par exemple, Rose, 1955.

2 — Mesures absolues et relatives

Du point de vue expérimental, la détermination absolue d'un coefficient de conversion interne, implique la mesure de deux grandeurs de nature très différente: le nombre d'électrons de conversion et le nombre de photons correspondants à la même transition (5). La grande différence entre électrons et photons, en ce qui concerne l'interaction avec la matière, ne permet pas la mesure simultanée et directe des deux grandeurs.

On est donc obligé de mesurer, en général, les photons par des méthodes indirectes. Toutefois l'emploi de ces méthodes introduit plusieurs erreurs, surtout dans la région des basses énergies, ce qui rend difficile la détermination absolue des coefficients de conversion interne.

D'autre part, dans la région des basses énergies, la variation des coefficients de conversion interne, en fonction de l'énergie de la transition, est extrêmement rapide (cf., par exemple, les figures 1 et 2: représentation graphique des valeurs des coefficients de conversion interne des rayonnements dipolaires électriques $-\alpha_1-$ et dipolaires magnétiques $-\beta_1-$ pour les sous-couches L_I , L_{II} et L_{III} dans le cas des atomes de plomb $-Z=82$). Ce fait rend encore plus difficile la comparaison des valeurs théoriques et expérimentales des coefficients de conversion interne.

Par contre, la détermination des rapports des coefficients de conversion partielles, K/L , $L_I/L_{II}/L_{III}$, etc., exige seulement des mesures d'intensités relatives en électrons. Ainsi, par exemple, le rapport K/L est égal au rapport des surfaces des raies de conversion correspondantes. Pour que cette mesure soit possible, il faut évidemment que les raies K et L soient séparées, ce qui dépend de la résolution du spectromètre.

(5) Pour les déterminations expérimentales des coefficients de conversion interne, cf., par exemple, Burhop, 1952; Duquesne et al., 1960; McGowan, 1954; Mitchell, 1955.

D'autre part, les rapports entre les coefficients de conversion interne sont beaucoup moins sensibles aux variations en fonction de l'énergie de la transition que leurs valeurs absolues (figure 3). Ainsi, la comparaison entre les valeurs théoriques et expérimentales est moins susceptible d'imprécisions. En

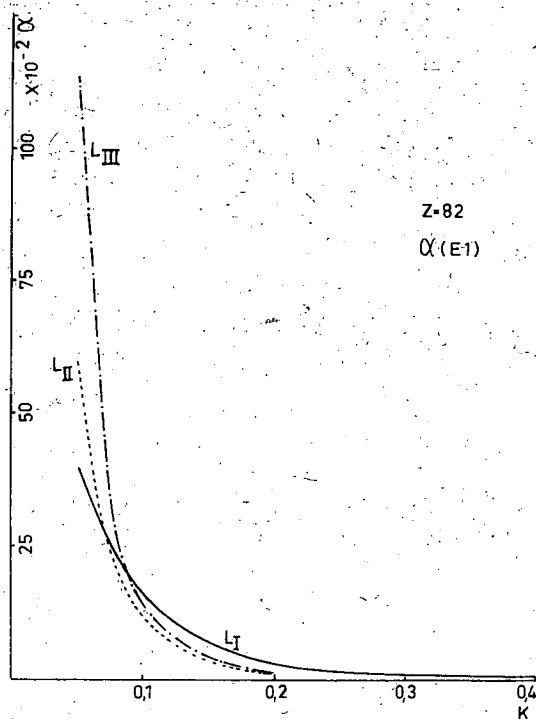


Fig. 1

(k : énergie émise, mesurée en $m c^2 = 511 \text{ k.e.V}$)

effet, la comparaison entre les rapports de coefficients ont permis de dépasser certaines anomalies entre théorie et expérience qu'on croyait apercevoir quand la comparaison était faite entre les valeurs absolues.

3 — Développement théoriques

Rose et collaborateurs ont publié, de 1949 à 1951, les valeurs théoriques des coefficients de conversion interne dans la couche K , pour des rayonnements de nature soit électrique soit magnétique, avec des ordres multipolaires de 1 à 5 et pour six valeurs de l'énergie de la transition.

Dans ces calculs, le noyau a été considéré comme ponctuel; il est seulement la source d'un champ électromagnétique ayant un moment angulaire et une parité déterminés. La théorie de Dirac de l'électron a été utilisée, avec un potentiel de la forme $\frac{Z \cdot e}{r}$, sans tenir compte des effets d'écran⁽⁴⁾.

Un peu plus tard, Reitz a fait à nouveau les calculs, en considérant ces effets. Rose et collaborateurs ont généralisé les calculs des coefficients de conversion interne à des autres valeurs de l'énergie, tandis que Gellman et collaborateurs ont publié les premières valeurs théoriques pour la couche électronique L , toujours en considérant le noyau comme étant ponctuel.

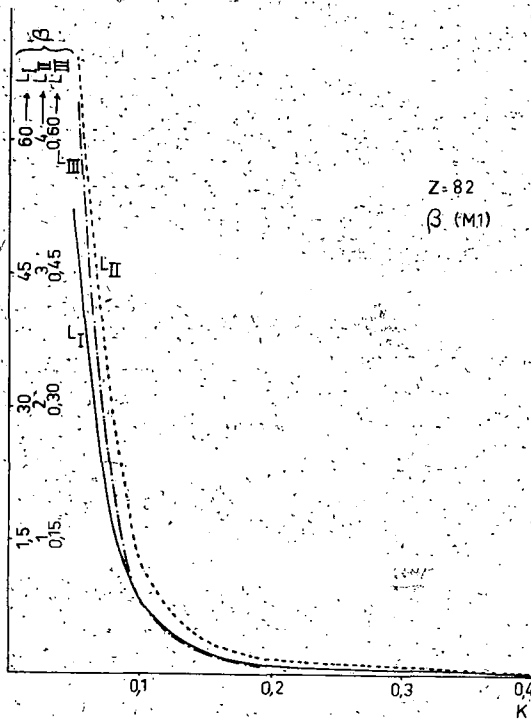


Fig. 2

Pourtant, l'hypothèse du noyau ponctuel a conduit à des désaccords, pour les coefficients de conversion, entre les valeurs théoriques et expérimentales, surtout en ce qui concerne les coefficients K pour les transi-

tions dipolaires magnétiques ($M1$) dans les noyaux lourds.

Sliv a remarqué, pendant la conférence de Paris de 1954, le rôle qui peuvent jouer

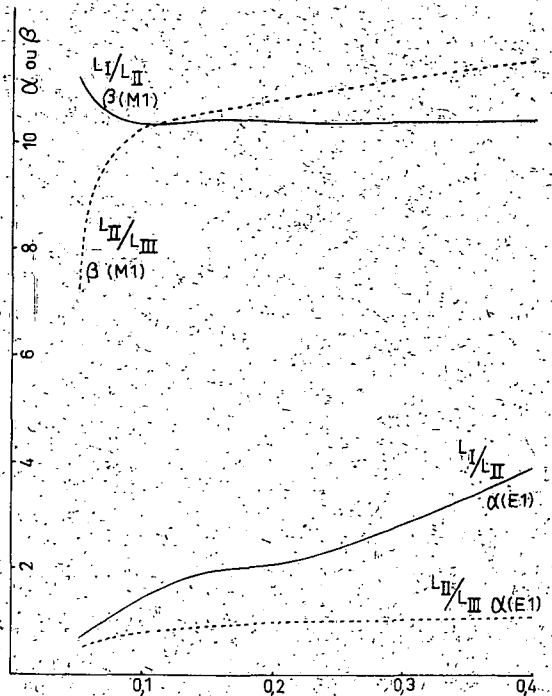


Fig. 3

les dimensions finies du noyau dans les calculs des coefficients de conversion interne. En effet, il a déclaré :

«Si l'on tient compte dans le calcul des coefficients de conversion interne des dimensions finies du noyau, dans une série de cas les résultats sont affectés de façon notable. Nous avons effectué le calcul de coefficients de conversion pour les électrons K et L_I pour des transitions $M1$ et $M2$ en supposant que la charge est uniformément répartie dans le noyau; mais que le courant de transition «bouge» dans le noyau. (...)

Des nouveaux calculs de coefficients de conversion interne ont été effectués par Sliv et Band et aussi par Rose, en considérant les dimensions finies du noyau, les charges

(4) L'effet d'écran est dû au champ coulombien créé par le cortège électronique du noyau.

étant supposées uniformément réparties dans une sphère de rayon égal à $1,2 \cdot 10^{-13} A^{1/3}$ cm (A : nombre de masse) et les courants restreints à la surface.

Les tables de Rose ainsi calculées, présentent les coefficients K , L_I et L_{II} , considérant les effets d'écran pour les électrons et les dimensions finies du noyau; pour les coefficients L_{III} , les effets d'écran sont aussi considérés, mais les effets dus aux dimensions finies du noyau ne le sont pas; enfin, les coefficients de conversion pour la couche M ont été calculés sous l'hypothèse du noyau ponctuel et les effets d'écran ne sont plus pris en considération.

4 — Comparaison théorie — expérience

Pourtant il y a un écart systématique entre les coefficients expérimentales et théoriques pour la sous couche électronique M_I . En effet, Friley et Valadares, en mesurant le rapport L_I/M_I pour la transition de $46,5$ keV dans la transmutation $RaD \rightarrow RaE$, ont constaté que ce rapport est de 3,4, tandis que le rapport théorique de Rose est de 2,1. C'est-à-dire, il y a un coefficient égal à 1,6 entre le rapport expérimental et théorique. Des rapports expérimentaux de la même ordre de grandeur ont été observés par plusieurs auteurs, pour des différentes énergies du rayonnement γ .

On a conclu que les coefficients théoriques M_I sont plus grands que les valeurs expérimentaux d'un facteur de l'ordre de 1,6.

Comme exemples de comparaisons entre des valeurs expérimentaux et théoriques, nous présentons, parmi le grand nombre possible, les suivants, qui font bien sortir l'importance des dimensions finies du noyau dans les calculs des coefficients de conversion interne (Tables II et III).

TABLEAU II

Transition $M1$ (40 keV) $Bi^{212} \rightarrow Tl^{208}$
($ThC \rightarrow ThC''$)

Valeurs théoriques:		Valeur expérimentale (N. Ferrin, 1958)
Noyau ponctuel	Noyau à dimensions finies	
$\alpha_{L_I} = 21,5$	$\alpha_{L_I} = 14,5$	$\alpha_{L_I} = 14 \pm 1,5$

En ce qui concerne les rapports de coefficients de conversion interne, les effets dus aux dimensions finies du noyau sont aussi bien mis en évidence; en exemple est donné sur le tableau III

TABLEAU III

Transition $M1$ (46,5 keV) $Pb^{210} \rightarrow Bi^{210}$
($RaD \rightarrow RaE$)

	Rapports théoriques			Rapports expérimentaux	
	Noyau ponctuel (Rose et Goertzel)	Noyau non ponctuel		Friley et Valadares 1957	Sergoyev et col. 1958
		Rose	Silv. et Band		
L_I/E_{II}	11,2	10,2	9,3	$9,5 \pm 0,4$	$9,4 \pm 0,2$
L_{II}/L_{III}	14,7	10,9	11,7	$10,5 \pm 0,9$	$11,4 \pm 0,6$

En prenant en considération les dimensions finies du noyau dans le calcul des coefficients de conversion théoriques, plusieurs désaccords expérience — théorie, constatés dans l'hypothèse du noyau ponctuel, sont en effet dépassés⁽⁵⁾.

(5) Dans le cas de désaccord entre les valeurs expérimentales et théoriques, calculées d'après les hypothèses citées ci-dessus, on peut envisager qu'il s'agit d'un mélange de transitions de natures et multiplicités différentes. En effet, dans le cas d'un tel mélange, le coefficient de conversion interne α est donné par $\alpha = \sum a_i \cdot \alpha_i$, avec $\sum a_i = 1$. Les paramètres du mélange — a_i — sont déterminés à partir d'une comparaison entre les valeurs théoriques des coefficients de conversion interne pour des transitions pures et les valeurs mesurées par l'expérience

5 - Influence de la structure nucléaire

Pourtant, des anomalies expérience — théorie restent encore. Ces cas exceptionnels semblent se présenter seulement dans les transitions considérablement retardées, comme certaines transitions $E1$ lentes dans les éléments lourds.

D'après Asaro et collaborateurs, la première transition de ce type a été identifiée dans le Np^{237} (transition de 59,6 keV), dont la période, déterminé par Beling et collaborateurs, est 10^5 fois plus grande que la valeur calculée. Le coefficient de conversion interne de cette transition $E1$, déterminé par Jaffe et collaborateurs, est $\alpha_T = 0,72 \pm 0,07$, tandis que le coefficient théorique est 0,32. D'après les rapports des coefficients $L_I/L_{II}/L_{III}$, déterminés par Hollander, Smith et Rasmussen, et par Rosenblum, Valadares et Milsted, respectivement 1,5 : 3,3 : 1 et 1,7 : 3,3 : 1, et de la comparaison avec les rapports théoriques, on a constaté que, tandis que les coefficients L_I et L_{II} sont anormaux, le coefficient L_{III} est normal.

Rosenblum, Valadares et Milsted ont suggéré que les coefficients de conversion interne anormaux pour cette transition devront être mis en rapport avec la période anormalement longue.

Un autre cas typique se produit dans la transition de 85 keV du Pa^{231} , dont les coefficients de conversion interne dans les sous-couches L_I et L_{II} sont 10 à 20 fois supérieurs aux valeurs théoriques soit de Sliv et Band soit de Rose, tandis que le coefficient L_{III} est normal.

D'autres anomalies analogues sont connues dans des coefficients de conversion interne pour des transitions $M1$ (Nielsen et coll., 1957; McGowan et Stelson, 1957).

*

* *

Une explication des anomalies de ce type a été donnée par Church et Weneser. Ces

auteurs ont montré que les coefficients de conversion interne peuvent dépendre des détails de la structure du noyau, entraînant ainsi considérables différences, dans les valeurs calculées, par rapport à ceux de Sliv et Band et de Rose.

En effet, l'interaction entre le noyau et les électrons périphériques se produit au moyen du champ de rayonnement créé par le noyau. D'après Church et Weneser, les effets dus à la structure du noyau n'interviennent pas dès que l'interaction ait lieu à l'extérieur du noyau. Par contre, si cette interaction a lieu dans la matière nucléaire, la structure du noyau peut jouer un rôle important dans la détermination du coefficient de conversion interne. Cela se présente dans les transitions pour lesquelles les règles de sélection interdisent l'émission du rayonnement électromagnétique sans imposer les mêmes restrictions aux électrons de conversion. C'est le cas, non seulement des transitions $0 \rightarrow 0$ mais, en général, des transitions $M1$ et $E2$ entre des niveaux nucléaires de même moment angulaire et parité.

Les transitions $0 \rightarrow 0$ se produisent entre deux niveaux avec des moments angulaires nuls. Dans ces conditions, l'émission γ n'est pas possible, car la multipolarité du photon doit être telle que, au moins, $l = 1$. Cependant, la transition peut avoir lieu par conversion interne, dès que la fonction d'onde de l'électron ne soit pas nulle à l'origine; cela veut dire que l'électron a une certaine chance d'être dans le noyau⁽⁶⁾.

*

* *

Il y a quelques mois, Gerholm et collaborateurs ont publié les résultats de leurs

(6) Nous devons remarquer que les transitions $0 \rightarrow 0$, que ne sont réalisées qu'au moyen d'électrons de conversion, sont un des arguments les plus importants pour considérer la conversion interne comme un phénomène d'interaction directe noyau — électron périphérique, sans l'existence du rayonnement γ intermédiaire.

travaux concernant la détermination des coefficients de conversion interne, en considérant les effets dus à la structure nucléaire.

Ces auteurs ont étudié la cascade 400 — 279 keV du Tl^{205} au moyen de corrélations angulaires $\gamma - \gamma$, $e^- - \gamma$ et $\gamma - e^-$, et ont déterminé les coefficients de conversion pour les deux transitions. Il s'agit d'une transition $M1$ (400 keV) l -permise, suivie d'une autre transition $M1$ (279 keV) l -interdite. D'après la théorie, les effets de structure nucléaire, prévus par Church et Weneser, n'ont lieu que pour la transition l -interdite.

Les déterminations de Gerholm et collaborateurs s'avèrent en parfait accord avec la théorie, pour ce qui est les coefficients de conversion interne de la transition de 400 keV, en contradiction avec les déterminations expérimentales précédentes (Tableau IV).

TABLEAU IV

Transition $M1$ (400 keV) $Pb^{203} \rightarrow Tl^{203}$

Valeur théorique	Valeurs expérimentales		
	Nijgh et coll. 1958	Deutsch et Goldhaber-1960	Gerholm et coll.-1961
0,148	$0,118 \pm 0,011$	$0,123 \pm 0,015$	$0,145 \pm 0,007$

En ce qui concerne la transition de 279 keV (interdiction — l), on doit s'attendre à des effets dus à la structure nucléaire. La détermination expérimentale de Gerholm et collaborateurs du coefficient de conversion interne de cette transition et la comparaison avec la valeur théorique de Sliv et Band, ont permise de mettre en évidence cet effet et le confirmer à partir des mesures de corrélations angulaires.

Ces auteurs ont confirmé en plus l'accord expérience — théorie dans le cas du thalium-201.

Au moyen de coïncidences $\gamma - \gamma$, $e^- - \gamma$ et $\gamma - e^-$, ils ont déterminé également le coefficient de conversion interne de la transition $E2$ de 412 keV, dans le Hg^{198} , dont

les valeurs déterminées auparavant ont fait contester la validité des coefficients théoriques pour certaines transitions dipolaires électriques.

La valeur déterminée par Gerholm et collaborateurs est, par contre, en accord avec la théorie (Tableau V).

TABLEAU V

Transition $E2$ (412 keV) $Au^{198} \rightarrow Hg^{198}$

Valeurs théoriques		Valeur expérimentale Gerholm et coll.-1961
Sliv et Band	Rose	
0,0298	0,0302	$0,0305 \pm 0,0010$

*
* *

Nous avons vu que la théorie de la conversion interne s'est développée en supposant, d'abord, le noyau comme étant ponctuel. Le désaccord expérience — théorie a fait introduire, dans les calculs, les dimensions finies du noyau: un accord plus satisfaisant a été obtenu. Enfin, Church et Weneser ont introduit les effets dus à la structure du noyau pour essayer d'expliquer certaines anomalies pour les valeurs expérimentales des coefficients de conversion. Cependant, les résultats expérimentaux connus avec une grande précision ne sont pas très nombreux; ainsi, dans ces conditions, une comparaison sûre avec les valeurs théoriques actuelles n'est pas possible.

On peut dire, toutefois, qu'à quelques pour cents près, l'accord est satisfaisant entre les valeurs théoriques et expérimentales. Pourtant, il y en a pour des rayonnements dipolaires, soit électriques soit magnétiques ($E1$ et $M1$) des anomalies très nettes, en valeur absolue et relative, des coefficients de conversion interne.

Il est probable qu'entre ces cas nettement anormaux et les normaux il y en ait des transitions, mais c'est là qu'il faudra avoir des mesures très précises pour pouvoir en

conclure de la validité de la théorie actuelle, ainsi que envisager leur développement ultérieur.

FERNANDO BRAGANÇA GIL

BIBLIOGRAPHIE

- Asaro, F.; Stephens, F. S.; Hollander, J. M. et Perlman, I. — *Phys. Rev.*, **117**: 492, 1960.
- Beling, Newton et Rose — *Phys. Rev.*, **86**: 797, 1952 et **87**: 670, 1952.
- Burhop, E. H. S. — *The Auger Effect and Other Radiationless Transitions*, Cambridge, 1952.
- Church, E. L. et Weneser, J. — *Phys. Rev.*, **104**: 1382, 1956.
- Deutsch, B. I. et Goldhaber, N. — *Phys. Rev.*, **117**: 818, 1960.
- Duquesne, M.; Grégoire, R. et Lefort, M. — *Travaux Pratiques de Physique Nucléaire et de Radiochimie*, Paris, 1960.
- Friley, M. et Valadares, M. — *J. Phys. Rad.*, **18**: 468, 1957 et **20**: 60, 1959.
- Gollman, H.; Griffith, B. A. et Stanley, J. P. — *Phys. Rev.*, **85**: 941, 1952.
- Gerholm, T. R.; Pettersson, B.-G.; Van Nooijen, B. et Grabowski, Z. — *Nuclear Physics*, **24**: 177, 1961.
- Grabowski, Z.; Pettersson, B.-G.; Gerholm, T. R. et Thun, J. E. — *Nuclear Physics*, **24**: 251, 1961.
- Hollander, J. M.; Smith, W. G. et Rasmussen, J. O. — *Phys. Rev.*, **102**: 1372, 1956.
- Jaffe, H.; Passel, T. O.; Browne, C. I. et Perlman, I. — *Phys. Rev.*, **97**: 142, 1950.
- McGowan, F. K. — *Phys. Rev.*, **93**: 163, 1954.
- McGowan, F. K. et Stelson, P. H. — *Phys. Rev.*, **107**: 1674, 1957.
- Mitchell, A. G. — *Beta and Gamma-Ray Spectroscopy* — Edited by Kai Siegbahn — Amsterdam, 1955. (Chapitres VII et VIII).
- Nielsen, K. O.; Nielsen, O. B. et Waggower, M. A. — *Nuclear Physics*, **2**: 476, 1957.
- Nijgh, G. J.; Wapstra, A. H.; Ornstein, L. T. M.; Salomons-Grobbe, N.; Huizenga, J. R. et Almén, O. — *Nuclear Physics*, **9**: 528, 1958/59.
- Perrin, N. — *Thèse de Doctorat*, Paris, 1958.
- Pettersson, B.-G.; Gerholm, T. R.; Grabowski, Z. et Van Nooijen, B. — *Nuclear Physics*, **24**: 196, 1961.
- Pettersson, B.-G.; Thun, J. E. et Gerholm, T. R. — *Nuclear Physics*, **24**: 233, 1961 et **24**: 243, 1961.
- Reitz, J. — *Phys. Rev.*, **77**: 10, 1950.
- Rose, M. E. — *Beta and Gamma-Ray Spectroscopy* — Edited by Kay Siegbahn — Amsterdam, 1955. (Chapitre XIV).
- Rose, M. E. — *Internal Conversion Coefficients* — Amsterdam, 1958.
- Rose, M. E.; Goertzel, G. H. et Perry, C. L. — *Oak Ridge National Report n.º 1023*.
- Rose, M. E.; Goertzel, G. H.; Spinrad, B. I.; Harr, J. et Strong, P. — *Phys. Rev.*, **83**: 79, 1951.
- Rosenblum, S.; Valadares, M. et Milsted, J. — *J. Phys. Rad.*, **18**: 609, 1957.
- Sergeyev, A. G.; Vorobyev, V. D.; Remenny, A. S.; Kolchinskaya, T. I.; Latyshev, G. D. et Yegorov, Y. S. — *Nuclear Physics*, **9**: 498, 1958/59.
- Sliv, L. A. — *J. Phys. Rad.*, **16**: 523, 1955.
- Sliv, L. A. et Band, I. M. — *Coefficients of Internal Conversion of Gamma Radiation — Part I, K-shell; Part II, L-shell* — Physico-Technical Institute, Academy of Sciences, Leningrad, 1956 et 1958.

PONTOS DE EXAME

Ensino liceal — Junho de 1961 — Exame do 3.º ciclo
— Prova escrita de Ciências Físico-Químicas
— 1.ª chamada.

455 — Física — I. Sobre uma esfera de massa igual a 350 g, em repouso num plano horizontal, actua durante 0,4 s uma força constante que lhe imprime uma determinada quantidade de movimento, a qual lhe permite subir 40 metros num plano inclinado, até parar. O plano inclinado tem o declive (inclinação) de 4º.

Determine:

a) A quantidade de movimento que a esfera

possua no momento de iniciar a subida do plano inclinado.

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

b) A intensidade da força que actuou sobre a esfera.

— Apresente todos os cálculos.

R: a) A velocidade do corpo no momento de iniciar a subida do plano inclinado é dada por $v = \sqrt{2g \cdot e \cdot \sin \alpha}$, sendo e o espaço percorrido pelo móvel até parar. Será, portanto:

$$v = \sqrt{2 \times 9,8 \times 40 \times \frac{4}{100}} = 5,6 \text{ m/s}$$

O valor da quantidade de movimento do móvel ao iniciar a subida, será dado por:

$$Q = m v = 350 \text{ g} \times 560 \text{ m/s} = 196 \times 10^3 \text{ g} \cdot \text{cm/s}$$

b) Sendo igual a quantidade de movimento do corpo ao valor da impulsão que a força lhe comunicou durante o tempo em que esteve actuando, será:

$$F = \frac{m v}{t} = \frac{196 \times 10^3}{0,4} = 49 \times 10^4 \text{ dynes} \ll 0,5 \text{ kg-f}$$

456 - II. Na figura 1, estão representadas as «isotérmicas de Andrews» relativas ao anidrido carbónico.

O estudo das isotérmicas do anidrido carbónico

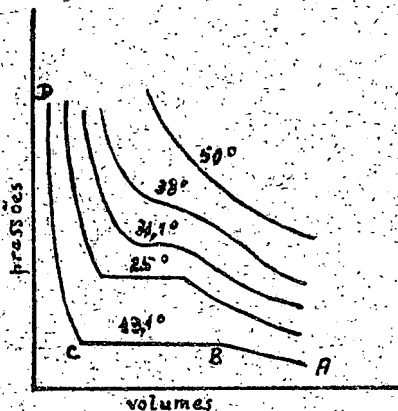


Fig. 1

permitiu a Andrews chegar à conclusão da existência das «temperaturas críticas».

a) Que temperaturas são estas? Qual o seu valor para o caso do anidrido carbónico?

b) Interprete a isotérmica de 13,1° do anidrido carbónico.

457 - III. Uma flecha luminosa encontra-se colocada em frente de uma lente esférica delgada, de potência 2,5 dioptrias, perpendicularmente ao seu eixo principal.

A imagem da flecha, dada pela lente, é «real, invertida e maior do que a flecha».

a) Em que posição, em relação à lente, se encontra a flecha luminosa? Justifique a resposta e indique os limites de distância entre os quais varia, no caso indicado, a posição da flecha luminosa.

b) Sabendo que a distância da flecha à sua imagem é de 2,5 m, determine a distância da flecha à lente.

Apresente todos os cálculos.

R: a) A potência de 2,5 dioptrias corresponde a distância focal de 40 cm. Como a imagem obtida é

real, invertida e maior do que a flecha, esta estará situada entre o plano focal e o plano paralelo a este à dupla distância focal, isto é, entre 40 cm e 80 cm do centro óptico da lente.

b) Sendo p e p' as distâncias do objecto e da sua imagem ao centro óptico da lente, será $p + p' = 2,5 \text{ m}$, donde resulta:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{2,5 - p} = \frac{1}{0,40}$$

o que dá dois valores para p , que são: $p_1 = 2,0 \text{ m}$ e $p_2 = 0,5 \text{ m}$. Só o segundo destes valores tem significado físico, de acordo com a alínea a).

458 - IV. Na figura 2, estão representados dois modos de associar resistências.

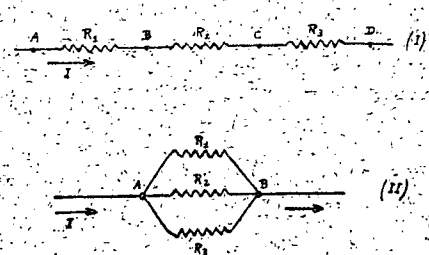


Fig. 2

a) Como se denominam os tipos de associação indicados? Para a associação I, escreva a relação que há entre a resistência do agrupamento e as resistências associadas.

b) Para o caso da associação II, demonstre a relação que existe entre a resistência equivalente (ou combinada) do agrupamento e as resistências associadas.

459 - V. Na figura 3, ΔS é um elemento de superfície colocado num campo magnético, cujas linhas de força são rectas paralelas, como se vê na figura; P é um ponto desse elemento de superfície.

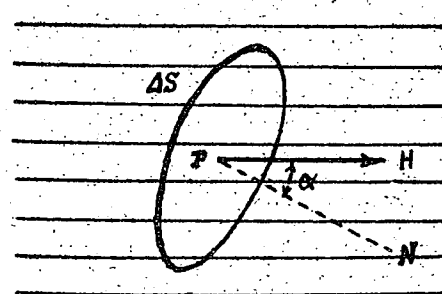


Fig. 3

a) Como classifica o campo magnético representado? Justifique a resposta.

b) Suponha que o elemento de superfície ΔS tem a área de 10 dm^2 e está colocado no vácuo, perpendicularmente às linhas de força do campo magnético representado na figura.

Determine o valor do fluxo de força magnética que atravessa o referido elemento de superfície, sabendo que a intensidade do campo magnético é de 2 Oe .

Apresente os cálculos.

R: b) O valor do fluxo é dado por

$$\Delta \Phi = \mu \cdot H \cdot \Delta s \cdot \cos \alpha$$

ou seja

$$\Delta \Phi = 1 \cdot U \cdot E_m \cdot P \cdot \times 10^3 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ Oe} \times 1 = \\ = 2 \times 10^3 \text{ Mx}.$$

460 — Química — I. A análise qualitativa de certo composto orgânico revelou que ele era constituído apenas por carbono, hidrogénio e oxigénio. A sua análise quantitativa forneceu o seguinte resultado: 32% de carbono, 4% de hidrogénio e 64% de oxigénio.

a) Determine a fórmula empírica do composto

$$C = 12; H = 1; O = 16.$$

Apresente todos os cálculos.

b) Dissolvendo 1,8 g do composto em 200 g de benzeno, verificou-se um abaixamento de $0,31 \text{ }^\circ\text{C}$ no ponto de congelação deste dissolvente. Determine o peso molecular aproximado do composto.

Constante crioscópica do benzeno, 5000.

Apresente todos os cálculos e indique que lei aplicou na resolução do problema desta alínea.

c) Determine a fórmula molecular do composto. Justifique.

R: a) Dada a proporção 32 para 4 para 64, a fórmula empírica do composto será

$$\frac{32}{12} C + 4 H + \frac{64}{16} O$$

ou:



b) A aplicação da lei da crioscopia permite conhecer o valor aproximado do peso molecular M , dado por:

$$M = K \frac{P}{\Delta t \cdot P} = \frac{5000 \times 1,8}{0,31 \times 200} = 145$$

c) A fórmula molecular do composto será $C_4 H_6 O_6$ que equivale ao número proporcional 150, valor que é próximo de 145 calculado na alínea a).

461 — II. Certas substâncias elementares podem apresentar-se sob duas ou mais formas diferentes. Sucede assim com o oxigénio por exemplo.

a) O aparecimento de formas diferentes de uma mesma substância elementar é geralmente acompanhado de modificações das suas propriedades. Como se interpretam tais modificações?

b) Qual é, no caso do oxigénio, a outra forma conhecida? Servindo-se de uma equação química explique por que é superior ao do oxigénio o poder oxidante dessa forma.

462 — III. A solução aquosa de sulfato cúprico avermelha a tintura azul de tornesol. Este e outros fenómenos que estudou são explicados pela «hipótese de Arrhenius» (teoria da dissociação electrolítica).

a) Faça um esquema da dissociação iónica do sulfato cúprico.

Justifique o comportamento da solução deste sal em presença da tintura azul de tornesol.

b) Indique a razão por que a solução do sal é azul.

463 — IV. Os compostos de uma mesma função química constituem várias «séries homólogas», mas todos os compostos que formam as referidas séries manifestam sempre as mesmas propriedades.

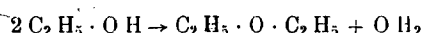
a) Como explica que todos os compostos das séries homólogas de uma mesma função, apresentem as mesmas propriedades fundamentais?

b) Calcule a massa de éter ordinário (etoxi-etano) puro que pode ser obtido a partir de 5750 cm^3 de álcool ordinário (etanol) ($d = 0,8$), supondo que o rendimento de transformação é de 75%.

$$C = 12; O = 16; H = 1.$$

Apresente todos os cálculos.

R: b) A obtenção do éter sulfúrico a partir do etanol pode ser representada pela equação



que mostra que o peso 92 de álcool puro corresponde ao peso 74 de éter. Como 5750 cm^3 de álcool equivalem a $5750 \text{ cm}^3 \times 0,8 \text{ g/cm}^3 = 4600 \text{ g}$, o peso de éter obtido, se a transformação fosse total, seria dado por:

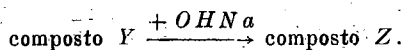
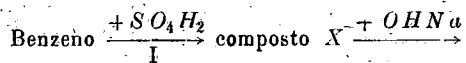
$$\frac{92}{74} = \frac{4600}{p} \text{ donde } p = 3700 \text{ g}$$

Como o rendimento da transformação é de 75%, o peso de éter obtido será

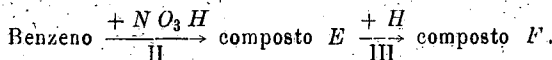
$$3700 \text{ g} \times 0,75 = 2775 \text{ g}$$

464 — V. Estudou vários compostos cíclicos derivados do benzeno. Indicam-se a seguir os esquemas que traduzem a obtenção de dois desses derivados:

Esquema A:



Esquema B:



a) Indique os nomes e as fórmulas dos compostos X, Y e Z. Como se denominam, nos esquemas indicados, as transformações I, II e III?

b) Escreva a fórmula de estrutura do composto F. Indique o nome corrente e o nome científico do mesmo composto.

R.: a) Os compostos são: X — ácido benzeno-monossulfônico; Y — benzeno-monossulfonato de sódio; Z — fenol ordinário; E — mononitrobenzeno; F — anilina.

Ensino liceal — Junho de 1961 — Exame do 3.º ciclo — Prova escrita de Ciências Físico-Químicas — 2.ª chamada.

465:— Física — I. Um grave com a massa de um quilograma foi lançado verticalmente, de baixo para cima, num local em que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, com a velocidade de 196 m/s.

Determine:

a) a energia cinética do grave 10 s depois do lançamento.

b) o espaço percorrido pelo grave até ao instante em que toda a sua energia cinética se transformou em energia potencial.

Despreza-se a resistência do ar.

Apresente todos os cálculos.

R.: a) O valor da velocidade do móvel 10 segundos depois do seu lançamento, é dado por $v = v_0 - gt$, ou seja $v = 196 \text{ m/s} - 9,8 \text{ m/s}^2 \times 10 \text{ s} = 98 \text{ m/s}$.

O valor da energia cinética do móvel nesse momento será:

$$W = \frac{1 \text{ kg} \times (98 \text{ m/s})^2}{2} = 4802 \text{ J}$$

b) A energia cinética inicial do móvel encontra-se toda no estado potencial, quando o móvel atingir o ponto mais elevado da trajectória. Esse ponto fica a uma distância e , do ponto de partida, dada por:

$$e = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{196^2}{2 \times 9,8} = 1960 \text{ m}$$

466 — II. a) Que entende por «gases perfeitos»? Escreva a chamada «equação dos gases perfeitos».

b) Servindo-se da equação dos gases perfeitos, deduza a «equação de estado» (equação característica ou equação de Clapeyron) dos gases perfeitos, e dê o significado das letras que nela figuram.

467 — III. O rendimento teórico de uma máquina térmica é de 30%.

a) Determine a temperatura da sua fonte fria, sabendo que a fonte quente da referida máquina se encontra à temperatura de 147°C.

b) Sabe-se que só 1/3 do calor teoricamente utilizável se transforma em trabalho mecânico e que em cada hora se fornecem à máquina $1281 \times 10^4 \text{ kgm}$. Calcule o seu consumo de hulha por hora, sabendo que um quilograma de hulha fornece 7500 quilocalorias.

$$J = 427 \text{ kgm/kcal}$$

Apresente todos os cálculos.

R.: a) Sendo o rendimento teórico dado por $\eta = \frac{T_n - T_f}{T_n}$, o valor pedido será dado por:

$$T_f = (1 - \eta) T_n = 294^\circ \text{K} \text{ que equivale a } 21^\circ \text{C}$$

b) A redacção do enunciado deste problema é confusa. Admitamos que $1281 \times 10^4 \text{ kgm}$ é o valor do trabalho útil (W_u) da máquina, em cada hora. O valor do trabalho total (W_t) seria, teoricamente, $W_t = \frac{W_u}{1/3}$ mas realmente será

$$W_t = \frac{W_u}{\eta} = \frac{W_u}{\frac{1}{3}} = 1281 \cdot 10^5 \text{ kgm}$$

Este trabalho equivale a

$$\frac{1281 \cdot 10^5}{427} \text{ kcal} = 3 \times 10^5 \text{ kcal}$$

Sendo esta quantidade de calor relativa a 1 hora, o consumo de hulha, durante esse tempo, será dado por

$$m = \frac{3 \times 10^5}{7500} = 40 \text{ kg}$$

468 — IV. Estudou o funcionamento dos acumuladores de chumbo.

a) Exponha, sucintamente, a interpretação que conhece, para explicar o que se passa durante a carga e durante a descarga.

b) Defina rendimento em energia de um acumulador.

Que outro rendimento estudou no caso dos acumuladores? Indique, justificando, qual deles é menor.

469 - V. A figura 1 representa, esquematicamente, uma parte de um gerador de indução, onde e_1 , e_2 , e_3 e e_4 são espiras do induzido.

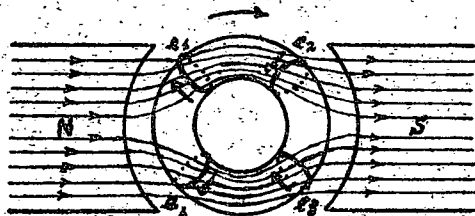


Fig. 1

a) Verifique se o sentido da corrente induzida nas espiras e_1 e e_2 é o indicado na figura. Justifique convenientemente a resposta.

b) O induzido tem 2000 espiras e dá 25 volts por segundo.

Determine o valor do fluxo indutor, sabendo que a f.e.m. total média do gerador é de 200 volts.

R.: Sendo a f.e.m. total média do gerador dada por $E = N n \dot{\Phi} \times 10^{-8}$, em volts, será:

$$\Phi = \frac{E}{N n 10^{-8}} = \frac{200}{25 \times 2000 \times 10^{-8}} = 4 \times 10^5 \text{ Mx}$$

470 - Química - I. a) O calor específico do iodo sólido é 0,054 cal./g°C.

Determine o valor aproximado do peso atômico do iodo.

b) Na composição de 11,74 g de iodeto de prata entram 6,345 g de iodo e 5,395 g de prata, cujo número proporcional é 107,9.

Determine o número proporcional do iodo.

Apresente todos os cálculos.

c) Qual é o peso atômico corrigido do iodo? Justifique.

R.: a) O valor aproximado é dado pela lei de Dulong e Petit: $A \times c = 6,4$, o que dá

$$A = \frac{6,4}{0,054} = 119$$

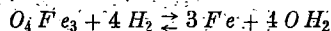
b) Um número proporcional (N) do iodo será o peso de iodo que se combina com o peso 107,9 de prata.

Esse peso é dado por:

$$\frac{6,345}{5,395} = \frac{N}{107,9} \text{, o que dá } N = 126,9$$

c) O peso atômico corrigido de iodo será 126,9 por ser um valor bastante próximo de 119, da alínea a).

471 - II. Considere o fenômeno traduzido pela seguinte equação química:



Se a reacção se der em vaso fechado atinge-se, a partir de certo momento, o que se designa por equilíbrio químico.

a) Explique o que se verifica durante a reacção nas condições indicadas.

b) Que se entende por equilíbrio químico? Como se sabe que este estado foi atingido?

472 - III. Para os solutos ácidos consideram-se vários tipos de acidez e, entre elas, a acidez actual.

a) Defina acidez actual de um soluto ácido. Que outros tipos de acidez conhece?

b) Calcule o pH de um soluto em que $[H^+] = 0,9 \times 10^{-10}$ iões - g/l

(Tome $\log 9 = 0,95$)

Apresente o cálculo e diga, justificando, se o soluto considerado é ácido ou básico.

R.: b) Por definição de pH será:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = \log \frac{1}{0,9 \times 10^{-10}} = 10,05$$

A solução é alcalina por ser $pH > 7$.

473 - IV. Muitos hidrocarbonetos saturados (alcanos) embora distinguindo-se uns dos outros por alguma ou algumas propriedades características, têm a mesma composição quantitativa e o mesmo peso molecular.

a) Como se designam os compostos naquelas condições?

Como se harmoniza aquele facto com o que estabelece a lei de Proust?

b) Por que fórmulas se representam tais compostos e que traduzem essas fórmulas?

Exemplifique, considerando os alcanos com quatro átomos de carbono. Indique em que diferem e dê os seus nomes na nomenclatura de Genebra.

474 — V — 1) Observe a figura 2.

a) Escreva a fórmula racional do produto destilado. Indique o seu nome vulgar e o que lhe corresponde na nomenclatura de Genebra.

b) Indique as propriedades características do destilado.

2) Que substância se obtém quando se oxida moderadamente o álcool secundário saturado em cuja molécula entram três átomos de carbono (propanol-2)?

Servindo-se de fórmulas de estrutura, represente a transformação indicada e dê, na nomenclatura de Genebra, o nome da substância obtida.

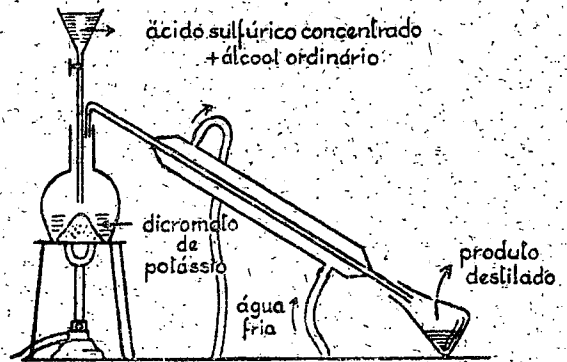


Fig. 2

Noticiário

Reactor Português de Investigação

No Laboratório de Física e Engenharia Nucleares em Sacavém entrou, no dia 9 de Abril, em funcionamento à potência máxima (1 MW) o reactor de investigação ali instalado.

O reactor é do tipo piscina, tem um fluxo médio de $5,9 \times 10^{12}$ n/cm²/s e está dotado de vários canais para experimentação, nomeadamente:

- uma coluna térmica com dois acessos
- dois tubos de irradiação de 8" de diâmetro normais à face do reactor
- um tubo transversal de 4"
- quatro tubos de irradiação de 6" inclinados de 30° em relação à normal à face do reactor
- um sistema pneumático de irradiação
- um sistema hidráulico de irradiação.

Oxalá ao Laboratório de Física e Engenharia Nucleares sejam dadas as condições necessárias para uma completa utilização do excelente instrumento de investigação ali instalado e que essa utilização venha a ser, brevemente, extensiva a todas as entidades públicas e privadas.

Contador de neutrinos

A Comissão de Energia Atómica (E. U.) suporta a despesa referente à construção dum detector de neutrinos, sob a direcção de F. Reines, Chefe do Departamento de Física do Instituto de Tecnologia. O projecto envolve a construção de um grande contador de líquido (tipo Cerenkov), instalado numa cave para reduzir, o mais possível, o efeito da radiação cósmica. Ao detector estão associados tubos fotomultiplicadores e espera-se observar a passagem de um neutrino em alguns dias, enquanto que, mesmo nas condições apontadas, as partículas de raios cósmicos devem ser cerca de 500 por hora.

Aceleradores

No Laboratório «Lawrence» (E. U.), existe, actualmente, um ciclotrão de 88 polegadas, para investigação a baixas energias. Este ciclotrão permite acelerar partículas alfa a 120 MeV, deutérios a 60 MeV e prótons a 50 MeV. Mais tarde utilizar-se-á para acelerar núcleos pesados, tais como C¹² e O¹⁶, a energias de 10 MeV, e para experiências de difusão em estudos de estrutura nuclear.

Prémio Nobel de Física 1961

O Prémio Nobel de Física de 1961 foi atribuído aos físicos Robert Hofstadter e Rudolf Mossbauer.

R. Hofstadter é professor na Universidade de Stanford e o prémio Nobel foi-lhe atribuído por trabalhos realizados sobre a estrutura das partículas elementares e dos núcleos atómicos.

O Prof. Hofstadter dirige actualmente uma equipe numerosa de físicos técnicos e experimentais que trabalham com o acelerador linear de electrões de Stanford. As experiências começaram em 1953 e a energia dos electrões acelerados, que inicialmente era da ordem de 200 MeV , atinge ultimamente valores de cerca de 900 MeV .

R. L. Mossbauer, jovem físico alemão e actualmente professor no Californian Institute of Technology, recebeu o Prémio Nobel por trabalhos realizados principalmente na sua tese de doutoramento. Estes trabalhos começaram em 1958 em Heidelberg pelo estudo da absorção por ressonância da radiação γ emitida pelo ósmio, obtido num reactor nuclear. Estas experiências, que se revestem de grandes dificuldades, foram levados a bom termo pelo Prof. Mossbauer.

A primeira publicação dos resultados de Mossbauer, que data de 1958, passou praticamente despercebida; pouco depois, os Laboratórios de Argonne e Los Alamos retomaram, com certo cepticismo inicial, os estudos do jovem físico alemão, e confirmaram integralmente os resultados de Mossbauer.

Investigação em colégios

Fez-se um inquérito sobre os resultados obtidos em 100 departamentos de Física de colégios dos Estados Unidos.

Verificou-se ser importante a contribuição dos referidos colégios para a Investigação em Física. É interessante acentuar que os alunos mais classificados desempenham parte activa nessa investigação.

Doutoramento

Doutorou-se na Faculdade de Ciências de Paris, no dia 13 de Junho de 1961, o licenciado em Ciências Físico-Químicas pela Faculdade de Ciências de Lisboa, Fernando Bragança Gil. O Doutor Bragança Gil apresentou, como tese, o trabalho intitulado: *Contribution à l'étude de la famille du Pa²³¹ par des corrélations angulaires de quelques cascades $\gamma - \gamma$ et $\alpha - \gamma$* . O autor trabalhou no *Laboratoire de Physique Nucléaire Joliot-Curie* da Faculdade de Ciências de Paris (Centro de Orsay), sob a direcção do Prof. Jean Teillac.

Congresso Luso-Espanhol

Realiza-se no Porto, de 22 a 26 de Junho próximo, o «26.º Congresso Luso-Espanhol Para o Progresso das Ciências» organizado, como habitualmente, pela *Associação Portuguesa Para o Progresso das Ciências*, em colaboração com a sua congénere espanhola. Obedecendo às novas directrizes traçadas por ocasião do último congresso — realizado em Sevilha, em Novembro de 1960 — funcionarão neste cinco colóquios, dos quais um sobre radioisótopos, tendo como relator-presidente o Prof. José Gamboa Loyarte, da Universidade de Madrid, e como relator-adjunto o Prof. Fernando Pinto Coelho, da Universidade de Coimbra. Além dos colóquios, foram previstas, para este Congresso, diversas secções, desde as Matemáticas (Álgebra Moderna) às Ciências Agronómicas (Influência da eficiência das distribuições da água no terreno sobre o rendimento das culturas).

É de estranhar que não haja nenhuma secção de Física: estará esta Ciência tão em declínio na Península Ibérica que não seja possível — ou desejável — a sua introdução num Congresso dedicado ao «Progresso das Ciências»? Parece-nos, no entanto, que não é possível falar em progresso científico sem incluir a Física, talvez a mais *fundamental* das Ciências fundamentais...

ALVES & C.ª (IRMÃOS)

DE GEOMETRIA

MATERIAL DE MEDICINA

INSTRUMENTOS CIRÚRGICOS; DIAGNÓSTICO; ANESTESIA; CARDIOLOGIA; ELECTROENCEFALOGRAFIA; GAMA-ENCEFALOGRAFIA; GAMA-RADIOGRAFIA; ETC.

MATERIAL DE LABORATÓRIO

MICROSCÓPIOS DE INVESTIGAÇÃO, DE CURSO E ELECTRÓNICOS; MICRÓTOMOS; BALANÇAS ANALÍTICAS E MICRO ANALÍTICAS, ESPECTROSCÓPIOS, FOTÓMETROS, COLORÍMETROS, CENTRÍFUGAS, MATERIAL DE VÁCUO E RADIOCRISTALOGRAFIA, ETC.

LARGO DO CHIADO, 12-1.º

TELEFONES: P. P. C. 32 76 53 e 32 53 62

LISBOA

TELEF. 77 66 82

Correia & Polónia, L.ª

- PAPELARIA
- TIPOGRAFIA
- ENCADERNAÇÃO
- E ARTIGOS DE ESCRITÓRIO

Rua Conde Sabugosa, 7-A (à Av. Roma)

LISBOA



CENTRO FORNECEDOR DE MÓVEIS

FABRICANTES

MÓVEIS E DECORAÇÕES

Especializados em mobiliário comercial

Estudos e orçamentos em mobiliário de qualquer estilo

Rua da Madalena, 112-1.º

Telef. 86 92 81 - LISBOA

Os fabricantes dos equipamentos laboratoriais mais divulgados no mundo científico,

« EKCO » Electronics, Ltd.

e

« DYNATRON » Radio, Ltd.

têm certamente nas suas gamas de fabrico todos os dispositivos de que necessita para os estudos do seu Laboratório.

Representantes exclusivos:

Soc. Com.

CROCKER, DELAFORCE & C.^a L.^{da}

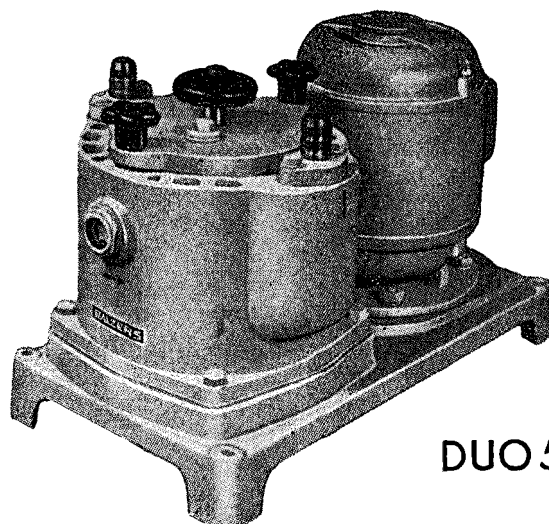
Séde: Rua D. João V, 2-2.^o Oficinas: Rua D. João V, 29-C

Telefone 68 01 41/4

BALZERS

A BOMBA DE VÁCUO MAIS APROPRIADA A TRABALHOS DE CONTAMINAÇÃO

DESMONTAGEM, LIMPEZA E MONTAGEM EM 30 MINUTOS SEM FERRAMENTAS



DUO 5

DOIS ANDARES
VÁCUO MÁXIMO: 8×10^{-5} mm Hg

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO, L.^{DA}

RUA PEDRO NUNES, 47 — TELEF. 73 34 36 — LISBOA

HILGER WATTS LTD.

APARELHOS PARA ANÁLISE ESPECTRAL

POLARÍMETROS — REFRACTÓMETROS
ESPECTROFOTÓMETROS — ESPECTRÓGRAFOS
DIFRACTÓMETROS DE RAIOS X
BIBLIOGRAFIA TÉCNICA

EDWARD'S HIGH VACUUM LTD.

TUDO PARA VÁCUO

BOMBAS E APARELHAGEM DIVERSA, UTILIZANDO
O VÁCUO
APARELHAGEM DE METALIZAÇÃO POR
VÁCUO-LIOFILISADORES

BAIRD TAFLOCK LTD.

MATERIAL E APARELHAGEM DE LABORATÓRIOS
PARA INVESTIGAÇÃO E INDÚSTRIA

ET.S BETTENDORF S. A.

MATERIAL PARA LABORATÓRIOS PSICOTÉCNICOS
E PSICOLOGIA APLICADA

ASSISTÊNCIA GARANTIDA POR TÉCNICOS ESPECIALIZADOS

REPRESENTANTES

C. SANTOS, LDA.

SECÇÃO INDUSTRIAL

AV. DA LIBERDADE, 35-1.º

L I S B O A