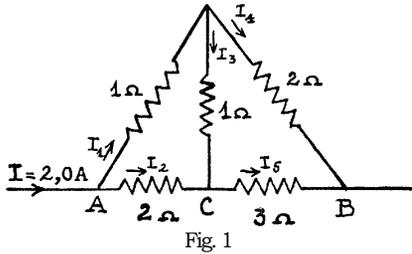


Varição de energia $W_f - W_i = (46:30 - 47:30) \times 10^{-2} \text{ J} = -10^{-2}/30 \text{ J}$.

174 — Considere-se o circuito seguinte:



A corrente na linha é 2,0 A. Pretende-se substituir todas as ligações entre A e B por um gerador de 1,5 V e 1,0 Ohms e uma resistência; associadas em série, de modo a não se alterar o regime na linha. Esquematize a nova ligação e calcule o valor da resistência. R: No esquema apresentado na prova só estava indicado o sentido e o valor da corrente I e os valores das resistências dos diferentes troços do circuito. Pela aplicação das leis de Kirchoff tem-se:

$$\begin{cases} I = I_1 + I_2 \\ I_1 = I_3 + I_4 \\ I_2 = I_5 - I_3 \\ I_1 + I_3 - 2I_2 = 0 \\ 2I_4 - 2I_5 - I_3 = 0. \end{cases}$$

A resolução deste sistema dá os valores de $I_1 = 30A/23$; $I_2 = 16A/23$; $I_3 = 2A/23$; $I_4 = 28A/23$ e $I_5 = 18A/23$.

A tensão V entre A e B é igual à tensão V_1 entre A e C mais a tensão V_2 entre C e B. Da figura 1 tira-se que: $V_1 = R_2I_2 = R_1I_1 + R_3I_3 = 32/23$ volts; $V_2 = R_5I_5 = R_4I_4 - R_3I_3 = 54/23$ Volts. Logo $V = V_1 + V_2 = 86/23 = 3,7$ Volts.

Quando se substituem as ligações entre A e B por um gerador e uma resistência R em série há a considerar os dois esquemas a) e b) indicados na figura 2.

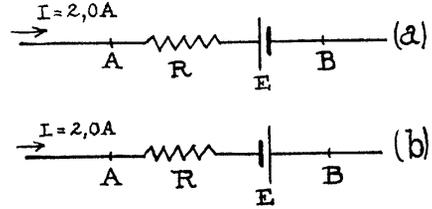


Fig. 2

No esquema a) tem-se que $V = E + R_1I$ em que $R_1 = (R_i + R)$ é a resistência total do circuito, R_i a resistência interior do gerador de f. e. m E e R a resistência a pôr em série com o gerador. Substituindo valores vem: $3,7 = 1,5 + (1,0 + R) 2,0$ donde $R = 0,1$ Ohms.

No esquema b) tem-se que $V = R_1I - E$ ou substituindo valores, $3,7 = (1,0 + R)2,0 - 1,5$ donde $R = 1,6$ Ohms.

Resoluções de GLAPHYRA VIEIRA

6. PROBLEMAS DE INVESTIGAÇÃO EM FÍSICA

OS ESPECTROS MAGNÉTICOS DOS RAIOS ALFA

As grandes descobertas surgem por vezes separadas por um intervalo de tempo correspondente à vida duma geração. Se os nossos pais foram, no fim do último século, testemunhas da descoberta dos raios X, da radioactividade e do electrão negativo, a nossa geração assistiu, entre outras, às descobertas do neutrão, da cisão atómica e do mesão, nos meados do século corrente. É talvez interessante observar as reacções dos contemporâneos de algumas destas grandes descobertas.

Se a descoberta da desintegração espontânea dum átomo transtornou as noções bem adquiridas pelos nossos pais que acreditaram na imutabilidade dos elementos, sempre estáveis e semelhantes a si próprios, nós sofremos

um choque psicológico do mesmo género quando soubemos que os núcleos atómicos podiam não só emitir partículas α (ou núcleos de Hélio) mas até separar-se em duas partes quase iguais. Como estamos longe da noção de átomo eterno e estável!

Temos átomos, que não só evoluem gradualmente, como se cindem em dois à semelhança das células biológicas. Esta noção era de tal maneira imprevisita que Hahn numa das suas memórias dizia aproximadamente:

«Isolámos, no Urânio *bombardeado* por neutrões, um elemento que tem todas as propriedades do Bário; como químico, diria que é Bário, mas como físico sei que isto é contrário a todas as teorias admitidas; trata-se portanto sem dúvida dum novo elemento pe-

sado, análogo ao Bário no que diz respeito às suas propriedades químicas». Só muito mais tarde ele se convenceu de que se tratava efectivamente de Bário e de que o átomo de Urânio se tinha partido em duas partes quase iguais, como o faria uma gota líquida.

Festejamos o cinquentenário da descoberta do Rádio e parece-me divertido recordar como reagiu um contemporâneo quando teve conhecimento da descoberta do Rádio.

Augusto Strindberg, o célebre escritor sueco, estava em Paris na época dos primeiros trabalhos dos Curie. A. Strindberg tinha feito estudos muito dispersos em quase todos os domínios da Ciência. Entre outras coisas, durante uma época da sua vida, tinha-se ocupado muito de química.

Nas memórias de Strindberg encontra-se uma passagem relativa à descoberta do Rádio. Eu cito, de cor «Os jornais estão actualmente cheios de notícias sobre a descoberta sensacional dum jovem casal de sábios franceses, os Curie. Pretendem eles ter isolado um elemento milagroso que denominam Rádio. Este elemento tem todas as propriedades do Bário, mas, segundo eles, não é Bário. Sou suficientemente químico para não acreditar nestas histórias dos jornais. Se um elemento se comporta quimicamente como o Bário, é Bário com certeza». Notemos, entre parêntesis, que este Strindberg tão céptico perante a descoberta do Rádio, supunha poder fabricar ouro por processos puramente químicos. Em Lund, uma velha senhora, em casa de quem ele vivera como estudante, mostrava, ao que parece, há alguns anos, um pedaço de metal de grande brilho que Strindberg tinha deixado em sua casa e que ele pensava ser o metal tão procurado pelos alquimistas.

Se os Curie não tinham fabricado o ouro, a descoberta do Rádio era contudo o primeiro elo da cadeia de milagrosas descobertas, que nos mostram que os átomos que constituem os elementos radioactivos evoluem lentamente e podem modificar radicalmente as suas propriedades químicas.

O Rádio, por exemplo, é um metal sólido, no estado puro tem brilho metálico, trans-

forma-se, sempre com a mesma cadência, em dois gases inertes, espontânea e independentemente das ligações químicas e do meio: um, é o Radão ou Emissão de Rádio; o outro é o Hélio. O Radão é o gás inerte, ou nobre, mais pesado, e o Hélio é o gás nobre mais leve, que, como se sabe, é empregado em virtude da sua pequena densidade e inércia química para encher os dirigíveis. A razão entre as massas do Hélio e da Emissão é de cerca de 50.

Quando o Rádio, libertando uma energia muito notável, se transforma em Hélio e em Radão, o átomo de Radão adquire uma velocidade muito mais pequena do que o núcleo de Hélio. A velocidade de projecção do átomo de Hélio é de tal modo grande que ele é observado sob a forma de uma partícula penetrante que se designa pelo nome de partícula α ou helião. Com efeito, os heliões são os núcleos dos átomos de Hélio desprovidos dos dois electrões que normalmente os envolvem e que os neutralizam sob o ponto de vista eléctrico. Logo que a partícula perde a sua força viva, num meio gasoso ou sólido, por choques sucessivos com os constituintes da matéria, transforma-se num átomo normal de Hélio.

A emissão de raios α é uma característica quasi geral da radioactividade natural e o estudo desta emissão apresenta um certo interesse teórico. Poderia pensar-se que a velocidade de emissão α é constante para cada elemento emissor; a cada elemento corresponderia uma única velocidade e vice-versa, e cada velocidade caracterizaria assim um único elemento. Com efeito, os raios α emitidos por um mesmo elemento são a maior parte das vezes estrictamente monocinéticos.

Parece-me interessante dar aqui, por ocasião do cinquentenário da descoberta do Rádio, um resumo dos progressos realizados ultimamente sobre o estudo dos raios α que foram, como o seu nome indica, os primeiros a ser descobertos. A sua verdadeira natureza foi nitidamente posta em evidência pelo método do desvio eléctrico e magnético de E. Rutherford. As radiações β e γ foram descobertas

um pouco mais tarde. A ordem alfabética indica a ordem cronológica da sua descoberta.

Conseguí mostrar em 1929 que a opinião geralmente admitida, deveria ser corrigida. Se um grupo monocinético caracteriza em geral um único elemento radioactivo, um mesmo elemento pode emitir vários grupos monocinéticos de raios α de intensidades geralmente decrescentes e separados por intervalos energéticos fracos em relação à energia do grupo mais rápido. Designei este fenómeno por estrutura fina do espectro magnético dos raios α .

A primeira estrutura fina descoberta foi a do Th C. O período desta substância é de 50 minutos, quer dizer, ao fim de 50 minutos metade dos átomos do Th C, que é um isótopo do Bi, isto é, quimicamente idêntico ao bismuto ordinário, transformou-se em igual número de átomos de Tálcio e de átomos de Hélio.

Ao fim de alguns períodos de 50 minutos quasi todo o Th C se transformou e a radiação (emitida em núcleos rápidos de Hélio) é portanto relativamente intensa mesmo para quantidades de matéria imponderáveis.

Os períodos dos corpos emissores variam entre grandes limites; o Rádio, por exemplo, tem um período da ordem de 10^{11} segundos, enquanto que o Th C' é da ordem de 10^{-7} segundos. Se se quiser estudar o rádio, por exemplo, são necessárias poses muito longas com as origens praticamente realizáveis. Os raios α perdem e sofrem variações de velocidade ao atravessar espessuras de matéria, de alguns microns apenas!...

Pareceu-nos portanto interessante construir um grande imã permanente para poder estudar mais cómodamente, prolongando os tempos de pose que, em certos casos, podem ser da ordem de 1 mês, os elementos de longos períodos.

O grande imã permanente de Bellevue

O «Centre National de la Recherche Scientifique de France» concedeu os créditos necessários e, de colaboração com Monsieur Tsai, começámos em 1937 a execução do projecto

dum grande imã permanente, mas a sua realização foi retardada por causa da guerra e é só desde 1947 que o «Laboratório do Grande Imã permanente» funciona de maneira satisfatória.

A carcassa do imã é constituída por dois grandes aneis de ferro macio de 4,20 m de diâmetro exterior, de 2,70 m de diâmetro interior e de 0,25 m de espessura, colocados verticalmente em frente um do outro e cujos eixos distam de 1,85 m. Estão encaixados nas extremidades dum mesmo eixo por dois blocos rectangulares de ferro macio de 1,60 m \times 1,20 m de secção trapezoidal que suportam os núcleos polares prolongados por peças polares em forma de tronco de cone e rodeados pelas bobines de excitação.

O entreferro está assim situado no centro da caixa formada pelos dois grandes anéis que fecham o circuito magnético e ao qual se tem acesso por quatro lados. Um dos blocos está fixo e o outro pode deslizar radialmente para regular o entreferro que pode variar de 0 a 30 cm. Todo o imã repousa sobre um pedestal o que permite dar ao eixo dos núcleos polares, a inclinação desejada fazendo rolar os aneis sobre estes rolamentos.

Os núcleos polares são formados por dois cilindros de 1.200 mm de diâmetro, 760 mm de comprimento e 10 mm de espessura de ferro magnético encaixados interiormente e fechados por dois discos de aço macio de 100 mm de espessura.

O interior de cada cilindro está cheio com 5.750 kg de barras de aço próprio para imãs com 21 \times 62 \times 380 (mm) empilhadas em duas camadas e calçadas com madeira e gesso.

Cada peça polar é constituída por um bloco de aço macio de base circular de 1,20 m de diâmetro, de 30 mm de altura prolongado pelo volume comum a um tronco de cone de $D=1.200$, $d=896$, $h=220$ e um tronco de pirâmide quadrangular de 1.200 \times 1.200; 440 \times 780 e $h=220$, coaxiais e com os mesmos planos de base e terminado por uma parte prismática de 440 \times 780; $h=120$ (mm).

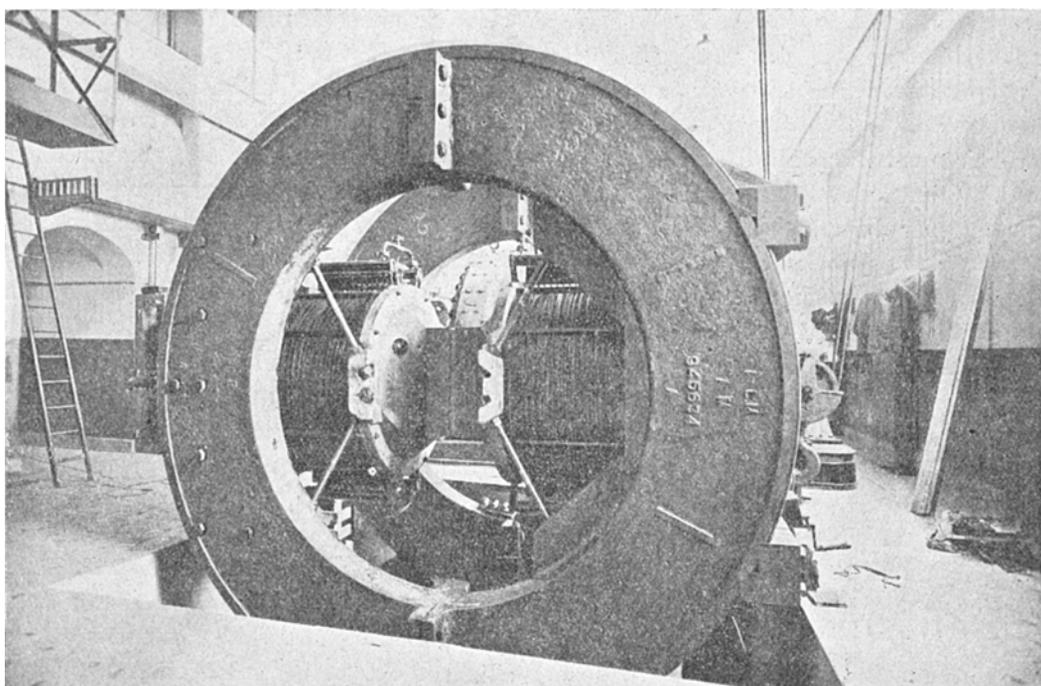
O enrolamento de excitação é formado por 116 tubos de cobre electrolítico, associados

dois a dois, de secção recta quadrada de 8 milímetros de lado e de 90 metros de comprimento, ligados em paralelo para a circulação de água de arrefecimento e em série para a corrente eléctrica. Está dividido em duas bobinas de 1,30 m de diâmetro e de 0,75 m de altura e comporta, no total, 145 voltas. Alimentado por uma corrente de 2.100 A sob

um entreferro de 20 mm, de 17.000 Gauss para 11 mm e de 7.000 Gauss para um entreferro de 80 mm.

É o entreferro de 2 cm que é correntemente utilizado para a espectrografia dos raios α , o que permite estudar estes raios quando o produto $H\rho$ não excede 400.000 G. cm.

É bem conhecido que a detecção individual



O grande imã permanente de Bellevue (França)

uma tensão de 300 V, fornece os 300.000 ampère-voltas necessários para a magnetização das barras de aço especial, o que se faz em alguns segundos.

O aparelho, que pesa 70 toneladas, está instalado num fosso de um metro de profundidade para colocar o entreferro a uma altura (1,20 m) facilmente acessível, no interior de uma construção em cimento armado munido de uma ponte rolante de 10 toneladas para facilitar as manobras de mudança de peças polares e de inclinações do entreferro. Uma divisória de madeira de parede dupla com lâ de vidro protege ainda o aparelho contra as grandes variações de temperatura.

O campo é de cerca de 12.500 Gauss para

das partículas rápidas fez grandes progressos graças aos aperfeiçoamentos trazidos à confecção e à revelação das placas fotográficas. Era pois natural recorrer a estas novas placas na espectrografia dos raios α , realizada com o grande imã permanente.

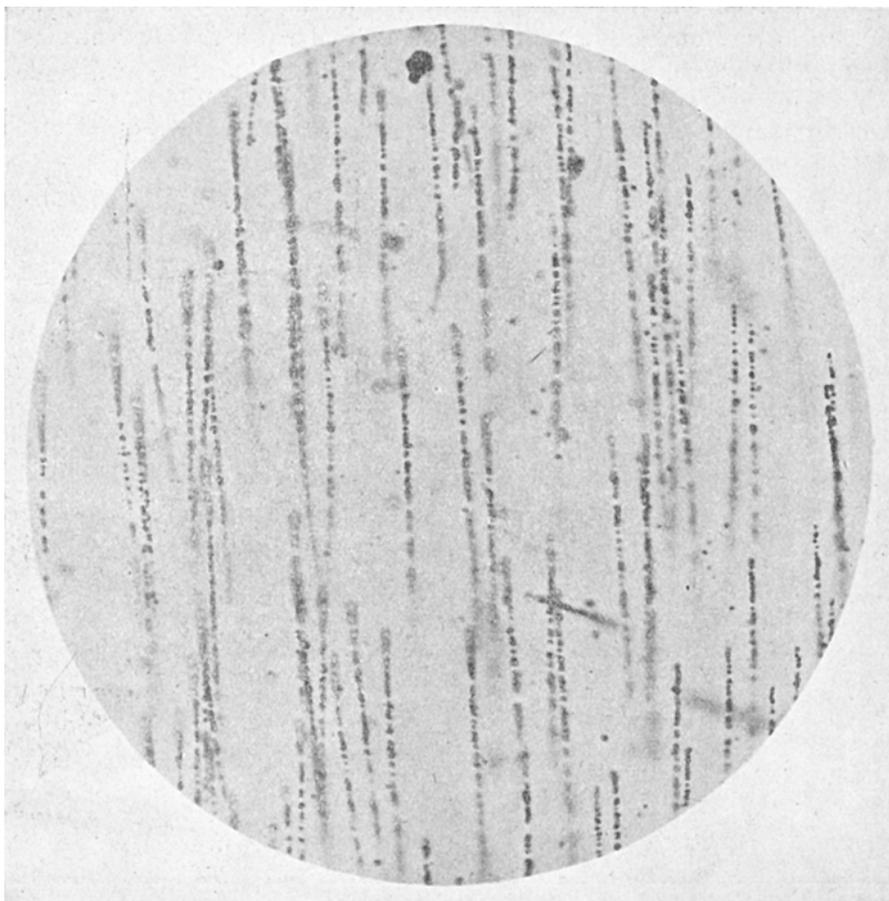
Determinação da energia das partículas α

Para uma dada intensidade de campo magnético, o raio da circunferência descrita é proporcional à velocidade da partícula α . Se se considerar que as partículas canalizadas saiem da mesma origem pontual e se encontram no mesmo plano, verificar-se-á que, qualquer que seja a sua velocidade, elas voltarão ao seu ponto de partida ao mesmo tempo.

Um espírito filosófico poderá talvez tirar daí algumas consolações ou algumas regras para a sua conduta na vida.

Os raios alfa rápidos tendo percorrido uma

são sempre bastante grandes, da ordem de várias dezenas de centímetros e isso necessita a criação de um campo magnético ao mesmo tempo extenso e forte.



Microfotografia das trajetórias de partículas α na emulsão fotográfica

distância maior e as partículas lentas descrevendo sobre circunferências mais pequenas, voltam ao mesmo tempo ao ponto de partida. A determinação do diâmetro da circunferência permite, pois, medir com precisão a velocidade e, por consequência, a energia das partículas.

Basta para isso registrar, por exemplo sobre uma placa fotográfica, a chegada das partículas ao ponto diametralmente oposto à origem emissora dessas partículas. As circunferências descritas pelas partículas nos campos magnéticos tecnicamente realizáveis

Rastos dos raios pesados na emulsão fotográfica

Sabe-se que as partículas pesadas, como as partículas α ou os fragmentos nucleares resultantes da cisão dos núcleos pesados, ou ainda os prótons, impressionam a placa fotográfica de maneira particular.

Contrariamente ao que se passa, em geral, para os fótons, este enegrecimento da placa fotográfica não se apresenta sob a forma de grãos isolados enegrecidos quando se examinam os clichês ao microscópio. As partículas pesadas fortemente ionizantes provocam, com efeito, na gelatina, na qual penetram sob

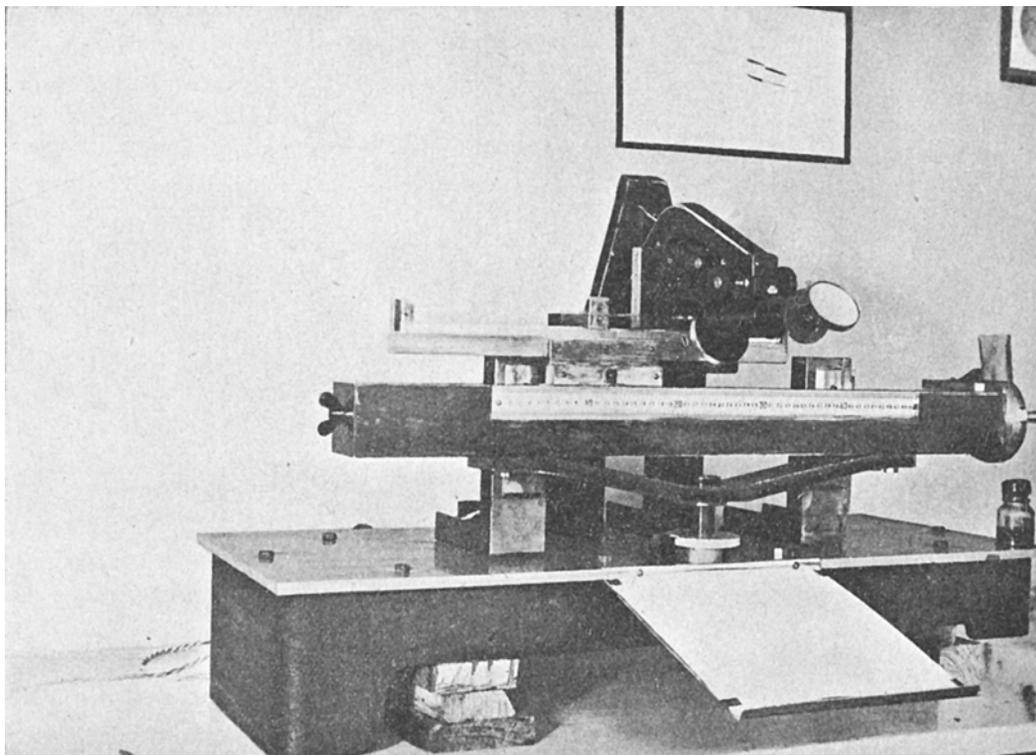
incidência rasante, rastros de pontos negros perfeitamente alinhados.

Cada rasto de pontos negros corresponde à acção de uma única partícula. A densidade dos grãos e o seu número, ou ainda o comprimento das trajectórias, permitem distinguir as partículas pesadas conforme a sua energia e a sua natureza. As partículas provocam

fico com o grande poder separador devido ao imã.

Raios alfa e gama

Colocam-se placas ligeiramente inclinadas em relação às trajectórias dos raios que percorrem, num espaço vazio de gás, as trajectórias circulares correspondentes às suas velocidades. Expressando o número de riscas dos



Instalação de microscópio para o exame de placas de física nuclear

assim trajectórias cheias de 5 microns para mais de um milhão de electrões volts, apresentando-se ao microscópio como as trajectórias correspondentes que se obtêm na câmara de Wilson. A placa fotográfica actua em relação às partículas pesadas como uma infinidade de câmaras de Wilson microscópicas alinhadas, sempre prontas a registar a chegada das partículas pesadas (ver os clichés 1 e 2).

A técnica de registo individual das partículas pesadas por placa fotográfica fez grandes progressos recentemente e os estudos realizados no Laboratório do Grande Imã Permanentemente combinam o registo individual fotográ-

raios alfa contados por fração de mm^2 da placa fotográfica em função da sua distância à origem emissora das partículas, pode traçar-se o espectro de velocidade ou de energia, emitido por uma quantidade dada de uma substância radioactiva.

Obtém-se assim ao mesmo tempo a distribuição de energia pelos grupos de diferente velocidade e a sua intensidade. Foi possível mostrar que as diferenças energéticas correspondentes aos diferentes grupos de velocidade são, com uma ligeira correcção, iguais aos quanta gama emitidos simultaneamente pelos elementos examinados, cujas energias se po-

dem determinar por processos bem conhecidos.

A repartição das velocidades pelos diferentes grupos, dá, portanto, directamente os esquemas dos níveis nucleares. Os trabalhos preliminares efectuados com o auxílio do Grande Imã Permanente mostraram que a complexidade dos espectros de emissão alfa é maior do que antes se supunha. Novas complexidades para substâncias não estudadas anteriormente foram postas em evidência. Segundo as Teorias actuais a complexidade dos espectros alfa explica-se sumariamente da forma seguinte:

Os raios alfa podem libertar-se dos núcleos com toda a sua energia (ausência de estrutura fina) ou então, libertar-se, mas deixando os núcleos em estados mais ou menos excita-

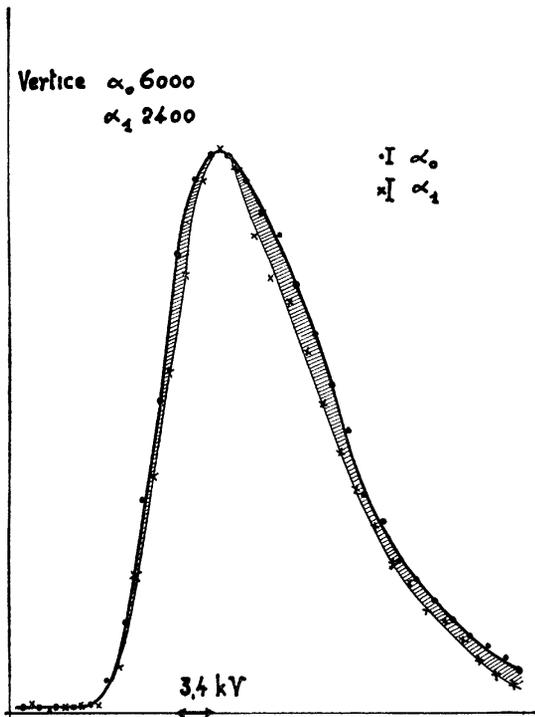
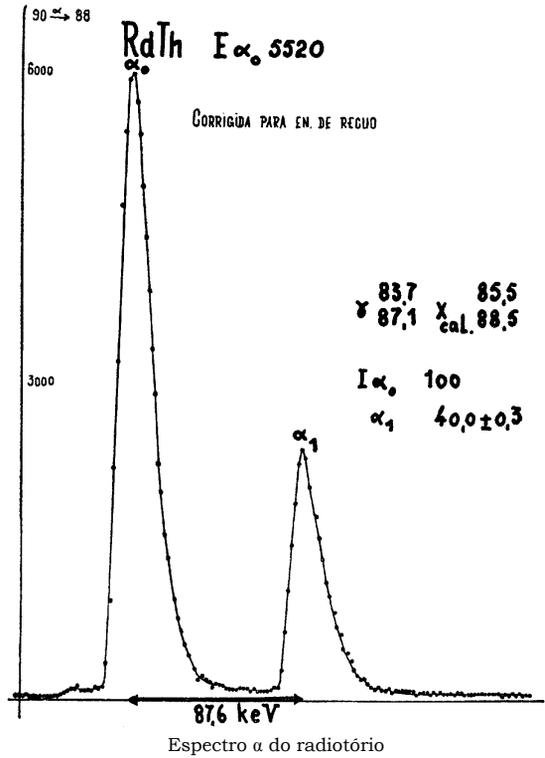


Gráfico comparativo da largura das riscas α_0 e α_1 do espectro de Ra Th

dos. As componentes alfa que tenham contribuído para a excitação dos núcleos sairão com menores energias e a massa correspondente à excitação dos núcleos é, quase simultaneamente, emitida sob a forma de raios gama.

Alguns exemplos de estrutura fina recentemente estudados

Para mostrar as possibilidades do método damos aqui, a título de exemplo, alguns espectros estudados recentemente no Laboratório do Imã Permanente.



Espectro α do radiotório

No caso do Iónio (ver figura) foi possível pela primeira vez medir pelo desvio magnético a energia das partículas emitidas por esta substância e descobrir a complexidade do seu espectro de emissão. Notemos que os tempos de exposição para o Iónio foram de 21 dias. Vemos aparecer no espectro do Iónio um pequeno grupo mais rápido que corresponde à acumulação de Ra neste corpo há 3 anos aproximadamente. O facto de se ter podido dosear o Ra no Iónio mostra que actualmente se podem já estudar substâncias, cuja vida seja da ordem de 10^9 anos. O trabalho sobre o Iónio foi realizado em colaboração com M. Valadares e M.^{elle} Vial.

No caso do Ra Th (em colaboração com M. Valadares e M.^{elle} Perey) conseguimos determinar exactamente a intensidade dos grupos principais e ainda pôr em evidência um pe-

queno alargamento da risca alfa do Ra Th. O estudo do Ra Th permitiu igualmente descobrir uma estrutura fina do Th X. Com efeito, o Th X forma-se a partir do Ra Th.

Temos a esperança de que o estudo dos raios alfa que, nas mãos de Rutherford contribuiu tão poderosamente para a exploração do átomo, permita talvez ainda lançar alguma luz sobre a constituição interna dos núcleos

atómicos e que um estudo mais pormenorizado e rigoroso dos espectros alfa permitirá talvez encontrar num futuro não muito afastado, leis simples ligando as energias destas emissões ao número de massa e de carga dos elementos emissores e talvez aos seus spins.

S. ROSENBLUM

DIRECTEUR DE RECHERCHES AU C. N. R. S.
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE L'AIMANT PERMANENT

9. HISTORIA E ANTOLOGIA

SUR UNE NOUVELLE SUBSTANCE FORTEMENT RADIOACTIVE, CONTENUE DANS LA PECHBLENDE ⁽¹⁾

Transcrição da *Memória* de Pierre Curie, Madame Curie e G. Bémont, apresentada por Becquerel e publicada nos *Comptes Rendus* da Academia de Ciências de Paris — Tomo CXXVII, n.º 26 — 1898 — 2.º semestre — pág. 1215.

«Deux d'entre nous ont montré que, par des procédés purement chimiques, on pouvait extraire de la pechblende une substance fortement radio-active. Cette substance est voisine du bismuth par ses propriétés analytiques. Nous avons émis l'opinion que la pechblende contenait peut-être un élément nouveau, pour lequel nous avons proposé le nom de *polonium*⁽²⁾».

«Les recherches que nous poursuivons actuellement sont en accord avec les premiers résultats obtenus; mais, au courant de ces recherches, nous avons rencontré une deuxième substance fortement radio-active et entièrement différente de la première par ses propriétés chimiques. En effet, le polonium est précipité en solution acide par l'hydrogène sulfuré; ses sels sont solubles dans les acides et l'eau les précipité de ces dissolutions le polonium est complètement précipité par l'ammoniaque».

«La nouvelle substance radio-active que nous venons de trouver a toutes les apparences chimiques du baryum presque pur: elle n'est

précipitée ni par l'hydrogène sulfuré; ni par le sulfure d'ammonium, ni par l'ammoniaque; le sulfat est insoluble dans l'eau et dans les acides, le carbonate est insoluble dans l'eau, le chlorure, très soluble dans l'eau, est insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré et dans l'alcool. Enfin cette substance donne le spectre du baryum, facile à reconnaître».

«Nous croyons néanmoins que cette substance, quoique constituée en majeure partie par le baryum, contient en plus un élément nouveau qui lui communique la radio-activité et qui d'ailleurs est très voisin du baryum par ses propriétés chimiques».

«Voici les, raisons qui plaident en faveur de cette manière de voir:

1.º — Le baryum et ses composés ne sont pas d'ordinaire radio-actifs; or l'un de nous a montré que la radio-activité semblait être une propriété atomique, persistante dans tous les états chimiques et phisiques de la matière⁽³⁾. Dans cette manière de voir, radioactivité de notre substance n'étant pas due au baryum doit être attribuée à un autre élément».

«2.º — Les premières substances que nous avons obtenues avaient, à l'état de chlorure

(1) Ce travail a été fait à l'École municipale de Physique et Chimie industrielles.

(2) M. P. Curie et M^{me} P. Curie, *Comptes Rendus*, t. CXXVII, p. 175.

(3) M^{me} P. Curie, *Comptes Rendus*, t. CXXVI, p. 1101.