

grede se fabricou a primeira bomba atômica. A sua explosão teve lugar em 16 de Julho de 1945, em Alamogordo, a muitos quilómetros da recente cidade de Los Alamos. Só com a destruição de Hiroshima e Nagasaki, no Japão, respectivamente em 6 e 9 de Agosto do mesmo ano, o mundo inteiro tomou conhecimento com a existência da bomba atômica, e com as suas trágicas consequências.

Se bem que ocupado com os serviços necessários em Los Alamos, Fermi sentia aqui a falta da Universidade; os alunos e os colegas eram-lhe necessários para expor as suas teorias e desenvolver as experiências que tantas vezes lhe tomavam o dia desde as 8 horas até à noite.

Terminada a guerra voltou a Chicago no fim de 1945, ingressando na Universidade, criando-se a seguir, segundo o seu delineamento, o Instituto de Estudos Nucleares da Universidade. E estudantes e físicos convergiram para este Instituto para

ouvirem as suas exposições de grande clareza. Aí estudou a interacção de neutrões e electrões, mas voltou de novo à Física teórica, apresentando em 1947 um trabalho sobre a origem da radiação cósmica. Tratou em 1950 da produção dos mesões múltiplos, para cujo estudo construíram um enorme sincrociclotrão, que lhe permitiu realizar experiências sobre a dispersão dos mesões.

Assim passou a vida um dos maiores físicos da era actual, tanto no campo teórico como no experimental. Os seus colegas consideravam-no como a origem permanente do estímulo intelectual. No dizer do professor Samuel K. Allison, actual director do Instituto de Estudos Nucleares de Chicago, «estava ali um homem que possuía o mais extraordinário dom das mais elevadas capacidades humanas».

Março de 1955.

JAYME XAVIER DE BRITO

## Acerca da possível produção de elementos de número atómico superior a 92

ENRICO FERMI — *Nature*, 133, 898 (1934)

Admitia-se até há pouco que qualquer átomo resultante de uma desintegração artificial correspondia normalmente a um isótopo estável. O sr. e a sra. Joliot foram os primeiros a encontrar provas de que nem sempre é assim; nalguns casos esse átomo pode ser radioactivo, possuir uma vida média mensurável, e estabilizar-se apenas após a emissão de um positrão.

O número de elementos que podem ser activados quer pelo choque de uma partícula  $\alpha$  (Joliot), quer de um protão (Cockcroft, Gilbert, Walton) ou deutão (Crane, Lauritsen, Henderson, Livingston, Lawrence), é limitado, necessariamente, pelo facto de que somente os elementos leves podem ser desintegrados, devido à repulsão colombiana.

Esta limitação não é efectiva no caso de bombardeamento por neutrões. A elevada eficiência destas particulas na produção de desintegrações compensa largamente o facto de as fontes usuais de neutrões serem relativamente fracas comparadas com as de partículas  $\alpha$  ou protões. Com efeito, mostrou-se <sup>(1)</sup> que grande número de elementos (47 em 68 examinados até hoje) de qualquer peso atómico podiam ser activados usando fontes de neutrões que consistem num pequeno tubo de vidro cheio de

(1) E. Fermi, *Ricerca Scientifica*, 1, 5, 283; 6, 230. *Nature*, 133, 757, Maio 19, 1934. E. Amaldi, O. D'Agostino, E. Fermi, F. Rasetti, E. Segré, *Ricerca Scientifica*, 8, 452; 1934.

berílio em pó e radão acima de 800 milicuries. Tais fontes fornecem cerca de um milhão de neutrões por segundo.

Todos os elementos activados por este processo, com intensidade suficientemente grande para permitir a determinação do sinal da carga das partículas emitidas por meio de uma análise magnética, emitiam apenas electrões negativos. Isto é teoricamente compreensível, pois a absorção dos neutrões empregados no bombardeamento, produz um excesso no número de neutrões presentes no interior do núcleo; deste modo atinge-se, em geral, um estado estável pela transformação de um neutrão num próton, que está relacionada com a emissão de uma partícula  $\beta$ .

Em vários casos foi possível realizar uma separação química dos elementos emissores de partículas  $\beta$  seguindo a técnica usual que consiste na adição, à substância irradiada, de pequenas quantidades dos elementos vizinhos. Estes elementos são então separados por meio da análise química, e separadamente investigada a sua actividade- $\beta$  com o contador Geiger-Müller. A actividade encontrava-se sempre associada a um certo elemento, com o qual o elemento activo podia deste modo ser identificado.

Em 3 casos (alumínio, cloro, cobalto), o elemento activo resultante do bombardeamento do elemento de número atómico  $Z$  tinha número atómico  $Z-2$ . Em 4 casos (fósforo, enxofre, ferro, zinco) o número atómico do produto activo era  $Z-1$ . Em 2 casos (bromo, iodo) o elemento activo era um isótopo do elemento bombardeado.

Estes factos parecem mostrar que três processos principais são possíveis: (a) captura de um neutrão com emissão instantânea de uma partícula  $\alpha$ ; (b) captura de um neutrão com emissão de um próton; (c) captura de um neutrão com emissão de um quanto  $\gamma$  para expulsar o excesso de energia. Do ponto de vista teórico, a probabilidade dos processos (a) e (b) depende

em grande parte da energia da partícula  $\alpha$  ou do próton emitidos; quanto maior, maior será o peso atómico do elemento. A probabilidade do processo (c) apenas pode ser avaliada de modo rudimentar no estado actual da teoria nuclear; em todo o caso parece ser inferior ao valor observado de um factor 100 ou 1000.

Parecia valer a pena dar atenção particular aos elementos radioactivos pesados, ao tório e ao urânio, pois a instabilidade geral dos núcleos nesta escala de valores de pesos atómicos poderia dar início a transformações sucessivas. Por esta razão o autor, de colaboração com F. Rasetti e O. D'Agostino, dirigiu a investigação para estes elementos.

A experiência mostrou que ambos, previamente libertos das impurezas activas ordinárias, podiam ser activados fortemente por bombardeamento de neutrões. A actividade inicial induzida correspondeu, na nossa experiência, a cerca de 1000 impulsos por minuto num contador Geiger feito de folha de alumínio de 0,2 mm de espessura. As curvas de decrescimento daquelas actividades mostram que o fenómeno é bastante complexo. Uma observação imprecisa da actividade do tório mostrou, neste elemento, pelo menos dois períodos.

O caso do urânio está mais bem investigado. Estabeleceu-se com segurança a existência de períodos de cerca de 10 s, 40 s, 13 minutos e ainda pelo menos mais dois períodos que vão de 40 minutos a um dia. É muito difícil afirmar se estes períodos representam processos de desintegração sucessivos ou alternados, pois é grande a incerteza nas curvas de decrescimento devidas às flutuações estatísticas. Tentou-se identificar quimicamente o elemento  $\beta$ -activo de período 13 minutos. O esquema geral desta investigação consiste em juntar à substância irradiada (nitrato de urânio em solução concentrada e purificada dos produtos do decrescimento) uma quantidade de um elemento  $\beta$ -activo ordinário, susceptível de produzir algumas centenas de impulsos por

minuto no contador. Se fosse possível provar que a actividade induzida, reconhecível pelo seu período característico, pode ser quimicamente separada da actividade adicionada, seria razoável supor que as duas actividades não são devidas a isótopos.

A seguinte reacção permite separar o produto de período 13 minutos da maior parte dos elementos pesados. A solução de urânio irradiada é diluída em 50% de ácido nítrico, juntando-se-lhe então uma pequena quantidade de um sal de manganésio, que é precipitado da solução fervente, sob a forma de dióxido ( $MnO_2$ ), por adição de clorato de sódio. O dióxido de manganésio precipitado arrasta uma grande percentagem da actividade.

Esta reacção prova, por si só, que a actividade de período 13 minutos não é isotópica do urânio. Para investigar a possibilidade de ser devida a um elemento 90 (tório) ou 91 (paládio), repetimos a reacção pelo menos dez vezes juntando uma quantidade de urânio  $X_1 + X_2$  correspondente a cerca de 2000 impulsos por minuto; adicionou-se igualmente algum cério e lantânio para sustentar urânio  $X$ . Nestas condições a reacção do manganésio arrastou apenas a actividade de período 13 minutos; no precipitado não se encontraram vestígios dos 2000 impulsos do urânio  $X_1$  (período 24 dias) nem do urânio  $X_2$ , ainda que, após a precipitação, tenham decorrido menos de dois minutos, o que permitiria reconhecer facilmente várias centenas de impulsos do urânio  $X_2$  (período 75 segundos).

Obteve-se resultado semelhante por exclusão dos elementos de número atómico 88 (rádio) e 89 (actínio). Para isso usou-se mesotório-1 e -2, e juntou-se bário e lantânio; o resultado foi negativo como no primeiro caso. A precipitação eventual de urânio  $X_1$  e de mesotório-1, que não emitem raios  $\beta$  suficientemente penetrantes para serem detectados nos nossos contadores, teria sido revelada pela formação subse-

quente de urânio  $X_2$  e mesotório-2 respectivamente.

Finalmente adicionámos à solução de urânio irradiada, um pouco de chumbo e de bismuto inactivos, e provámos que a reacção do dióxido de manganésio podia ser condicionada de modo a obter o precipitado com a actividade de período 13 minutos sem arrastar chumbo nem bismuto.

Deste modo parece que excluimos a possibilidade de que a actividade de período 13 minutos fosse devida a isótopos do urânio (92), do paládio (91), do tório (90), do actínio (89), do rádio (88), do bismuto (83) e do chumbo (82). O seu comportamento exclui também ekacésio (87), e a emanação (86).

Este resultado negativo acerca da actividade de período 13 minutos, relativo a um grande número de elementos pesados, sugere a possibilidade de que o número atómico do elemento seja superior a 92. Se fosse um elemento 93, seria quimicamente homólogo do manganésio e do rênio. Esta hipótese é também apoiada, dentro de certos limites, pelo facto observado de que a actividade de período 13 minutos é arrastada por um precipitado de sulfureto de rênio insolúvel em ácido clorídrico.

Contudo, visto vários elementos serem facilmente precipitados nesta forma, esse facto não pode ser considerado como conclusivo.

A possibilidade de se tratar de um número atómico 94 ou 95 não é facilmente diferenciável daquela, pois as propriedades químicas são, provavelmente, bastante semelhantes. Poderiam ser recolhidas informações valiosas acerca dos processos em questão, investigando uma possível emissão de partículas pesadas. Uma pesquisa cuidadosa de tais partículas ainda não foi efectuada, pois estas requerem, para a sua observação, que o produto activo esteja disposto em fina camada. Parece, deste modo, prematuro formar presentemente qualquer hipótese definida acerca da cadeia de desintegrações em questão.