

viagem aos Estados Unidos. Enquanto isso, no novo laboratório, prosseguia com o trabalho de sua vida sobre o velho tema de isolar as famílias radioativas. Preocupava-se também com o aperfeiçoamento de jovens colaboradores inclusive sua filha Irène.

Mas a saúde de Marie estava cada vez mais cambaleante. Sofreu duas operações de catarata que a deixaram com a visão bastante deficiente. Quando a conheci, em 1931, ela parecia frágil e pálida (Figura 2.9). Suas mãos envoltas em gaze, cheias de queimaduras provocadas por radiação, contorciam-se nervosamente. Afinal, conseguiu o laboratório, mas já era tarde demais. Também tinha uma aposentadoria aprovada pela Assembléia Nacional francesa e duas casas, uma em Paris e outra na Riviera. No final, o destino foi amável com ela, permitindo-lhe assistir, nos últimos meses de vida, à grande descoberta de sua filha e de seu genro: a radioatividade artificial. Morreu em 1934 num sanatório nos Alpes franceses.

Rutherford no mundo novo: a transmutação dos elementos

Embora Ernest Rutherford (1871-1937) tenha sido um gigante na área da física, devemos lembrar que ele não trabalhou sozinho e que seu nome também tem um significado simbólico. Os progressos ocorridos na física dependem de muitas contribuições feitas por vários cientistas num determinado período de tempo até que, finalmente, se chegue à fruição total. O último pesquisador é que quase sempre recebe o maior crédito. Nessas condições, para não perder o fio da meada deste livro, devo omitir certos nomes importantes. Não é fácil seguir todas as interações entre pesquisadores e mostrar até que ponto um físico se inspirou em outro. Por exemplo, Becquerel, os Curie e Rutherford leram os resultados dos trabalhos de cada um e ocasionalmente trocavam idéias sobre esses trabalhos, mas é difícil seguir — e até mais difícil descrever com eficiência — esses intercâmbios tão importantes. As citações contidas nos trabalhos científicos de cada um dão uma idéia do intercâmbio intelectual entre os cientistas.

Além do mais, certos cientistas criaram “escolas” em torno de si. O relacionamento entre mestre e discípulo varia segundo o caso, mas quase sempre as personalidades se complementavam umas às outras e tornavam a obra mais produtiva. Outros cientistas são solitários; todos os estágios intermediários entre esses extremos não deixam de existir. Rutherford foi um dos mais famosos criadores de uma escola e seus colaboradores fizeram muitas descobertas oriundas dos laboratórios por ele dirigidos. Basta mencionar O. Hahn e F. Soddy, no Canadá; H. Geiger, E. Marsden, N. Bohr, G. Hevesy e H.G. Moseley em Manchester; e J. Chadwick, P. M. S. Blackett, J. D. Cockcroft, E. T. S. Walton, M. Oliphant, M. Goldhaber, C. E. Wynn-Williams e outros em Cambridge. É fácil perceber como a inspiração e a liderança de Rutherford se ampliaram e se suplementaram com o intercâmbio entre seus discípulos.

Início da Carreira de Rutherford

Rutherford (Figura 3.1) nasceu em 13 de agosto de 1871, perto de Nelson, na South Island da Nova Zelândia, no seio de uma família escocesa que havia emigrado para aquela região. Sua mãe era professora primária e pianista. Tocar piano nas condições que predominavam na Nova Zelândia em 1870 era forte indício não só de cultura como também de perseverança. O pai de Rutherford era um homem engenhoso e enérgico que mudou de



Figura 3.1. Ernest Rutherford (1871-1937) aos vinte e um anos de idade. [De A.S. Eve, *Rutherford*. (Londres: Cambridge University Press, 1939).]

profissão várias vezes. Foi fazendeiro, depois montou uma pequena fábrica e, no final, passou a operar uma próspera indústria de seda vegetal. A família vivia em um ambiente de pioneirismo em clima subtropical. Rutherford tinha seis irmãos e cinco irmãs, três dos quais morreram ainda criança.

O jovem Rutherford freqüentou a escola primária na Nova Zelândia e, com a idade de dez anos, já lia o livro de Balfour Stewart sobre física. Não é um começo raro para físicos; em criança, eles em geral descobrem um livro de física que os fascina. Em 1882, a família de Rutherford mudou-se para Pelorus Sound e ali ele fez os estudos secundários e depois entrou para o Nelson College. (Quando, quase meio século depois, Rutherford teve de escolher um título de nobreza, optou por Lord Rutherford of Nelson.) Recebeu do College uma bolsa de estudos de 55 guinéus, o que era suficiente para mantê-lo durante um ano. Conseguiu fazer 580 sobre 600 pontos no exame de admissão e foi o primeiro classificado em inglês, francês, latim, história, matemática, física e química. Em 1889, recebeu outra bolsa de estudos e foi para o Canterbury College, onde havia sete professores e cento e cinquenta alunos.

É uma coincidência curiosa o fato de Rutherford e Marie Curie terem começado a carreira estudando a magnetização do ferro. Para o bacharelato em ciências, ele escreveu uma tese sobre a magnetização do ferro por descarga de alta freqüência (Figura 3.2). É digno de nota que, em 1889, um estudante da Nova Zelândia pudesse fazer tais experiências para uma tese. Essa obra inicial já mostra as características de Rutherford. Sua vontade era demonstrar que o ferro de um fio através do qual tivesse passado uma descarga de alta freqüência magnetizava-se apenas "superficialmente". Rutherford magnetizou o fio usando a descarga e mostrou que ele estava magnetizado. Depois, mergulhou o fio em ácido nítrico, dissolvendo apenas a superfície. A magnetização desapareceu. Essa pesquisa foi publicada mais tarde na coletânea de suas obras.

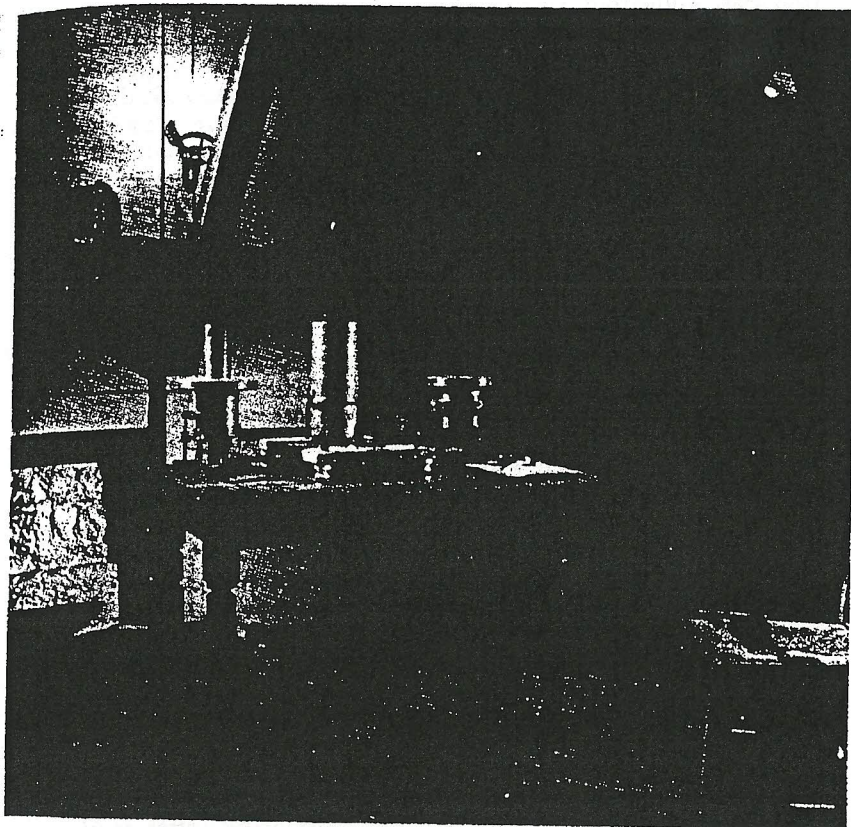


Figura 3.2. O primeiro laboratório de Rutherford. Localizava-se em um porão do Canterbury College, na Nova Zelândia. Ali Rutherford realizou pesquisas sobre a propagação da corrente alternada de alta freqüência no ferro. Constatou que um fio de aço magnetizado pode agir como detector de uma descarga oscilante, fato que já era conhecido de outros, mas do qual Rutherford ainda não se havia dado conta. Dessa forma, conseguia transmitir e receber sinais de rádio a uma curta distância entre um oscilador e um detector colocado em um amplo depósito, que mais tarde foi demolido. Essa pesquisa, à qual Rutherford deu continuidade em Cambridge, levou ao aperfeiçoamento de um detector de ondas hertzianas de fio magnético. (Universidade de Canterbury.)

Em 1894, aos vinte e três anos de idade, Rutherford concorreu a uma bolsa de estudos financiada pela Exposição de Londres de 1851. Essas bolsas de estudos tinham sido instituídas pelo Príncipe Consorte, o marido da Rainha Vitória, que desejava dedicar os recursos restantes da exposição a bolsas de estudos para súditos do Império Britânico. Tais bolsas ainda existem e constituem importante recurso em termos educacionais para a Comunidade Britânica. (Quando, anos mais tarde, surgiu a idéia de acabar

com elas, Rutherford exerceu toda a sua influência para que isso não acontecesse.) Rutherford foi o segundo colocado, mas o vencedor desistiu, o que lhe permitiu continuar os estudos na Inglaterra. Diz-se que, quando recebeu o anúncio da premiação, Rutherford estava na fazenda da família, colhendo batatas. Leu o telegrama que trazia a notícia e disse: "Esta é a última batata que colho em minha vida". Teve de tomar dinheiro emprestado para as despesas de viagem. No percurso, parou em Adelaide para um encontro com W. H. Bragg (1862-1942), que também viria a ser um dos maiores físicos do Império. Bragg era pouco mais velho que Rutherford e, à época, era ainda um jovem professor. Mais tarde, W. H. Bragg e seu filho, W. L. Bragg (1890-1971), fizeram descobertas memoráveis na área da cristalografia e dos raios X. W. L. Bragg sucedeu a Rutherford em Manchester e em Cambridge.

Rutherford chegou a Cambridge, Inglaterra, em setembro de 1895, e foi aceito como aluno de pesquisas por J. J. Thomson, que, conforme já vimos, tinha sido nomeado professor do Instituto Cavendish ainda bem jovem. Quando da chegada de Rutherford, Cambridge estava passando por importantes transformações em seu *curriculum*, abrindo maior campo para o treinamento experimental e inaugurando laboratórios para estudantes estrangeiros. O primeiro aluno estrangeiro a trabalhar sob o novo plano de reformas foi Rutherford. Sua fama espalhou-se rapidamente entre os companheiros, que logo se deram conta de que estavam tratando com alguém fora do comum. Não muito tempo após sua chegada, um colega escreveu o seguinte: "Temos aqui um coelho que veio de terras antípodas e que está cavando bem fundo".

Existe uma respeitável coletânea da correspondência de Rutherford. Ele escrevia regularmente para a mãe — a cada duas semanas enviava uma carta, o que fez durante toda a sua vida — e ela viveu até os noventa e dois anos. Enquanto ainda estava na escola secundária, ele se enamorara de uma colega, Mary Newton, e também escrevia para ela. A maior parte das cartas de Rutherford para sua mãe estão desaparecidas, mas talvez ainda existam; Mary guardou as que lhe eram dirigidas: Uma dessas cartas contém a seguinte descrição de Thomson, conforme a opinião de Rutherford em 1895:

"Fui até o laboratório e ali encontrei Thomson, mantendo com ele um longo bate-papo. Trata-se de um homem de conversa bastante agradável, nada fossilizado. Quanto à aparência, é um sujeito de altura média, moreno e ainda muito jovem — sempre mal-barbeado e de cabelos relativamente compridos. Seu rosto é um pouco longo e magro. Tem uma cabeça boa e um par de sulcos verticais bem acima do nariz. Falamos sobre generalidades e sobre trabalho de pesquisa, e ele pareceu apreciar o que eu ia fazer. Convidou-me para almoçar, em Scroop Terrace, onde o encontrei junto com a esposa, mulher alta e morena, um tanto pálida, mas bastante eloquente e amável; fiquei conversando durante mais de uma hora após terminado o jantar e depois voltei para a cidade... Esqueci de mencionar a grande coisa que vi: o único menino da casa, de uns três anos e meio, um guri robusto, com um ar saxão, mas o mais bonito que já conheci em termos de aparência e de tamanho". (Eve, *Rutherford*, p. 15.)

O menino era G. P. Thomson, o futuro descobridor da difração do elétron, que morreu em 1975.

De início, Rutherford prosseguiu seus estudos sobre magnetismo. Em outra carta, conta que tudo estava correndo bem, que tinha de preparar relatórios sobre seus estudos para um seminário e que todos acatavam suas opiniões com muita seriedade. O trabalho sobre magnetismo logo veio a ter aplicação prática, pois sua descoberta foi usada na detecção de sinais sem fio. Marconi estava fazendo coisa semelhante na Itália, mas havia diferenças fundamentais entre os dois. Marconi, mais inventor do que cientista, estava interessado sobretudo nas possibilidades práticas do detector. Rutherford, embora tivesse reconhecido as potencialidades de aplicação de seus estudos, não estava tão interessado nessas potencialidades. Não obstante, o detector magnético de fio era de grande importância e chegou mesmo a causar problemas legais quanto a patentes até que o aperfeiçoamento das válvulas de vácuo o tornaram obsoleto.

Pesquisas de Radioatividade

Enquanto isso, Röntgen tinha feito sua espantosa descoberta e todos procuravam avidamente trabalhar com os raios X. Rutherford, junto com Thomson, começou a medir a ionização produzida pelos raios X e, em 1897, após a descoberta da radioatividade, imediatamente aplicou sua experiência na medição da ionização produzida pelo urânio.

Em longo trabalho realizado no Laboratório Cavendish, em 1898, Rutherford percebeu que havia dois tipos de radiação emitidas do urânio: chamou-os de alfa e beta. Essas radiações distinguem-se por sua capacidade de absorção na matéria. Ao mesmo tempo, os Curie estavam descobrindo o polônio e o rádio. Também eles, assim como Becquerel, estavam estudando as propriedades das radiações emitidas por substâncias radioativas. Seus esforços e os esforços de Rutherford e de muitos outros pesquisadores coincidem de uma maneira complicada. Não era raro ocorrerem erros, mas em alguns anos tinham chegado à conclusão de que os raios beta eram raios catódicos, isto é, elétrons. Além disso, P. V. Villard, na França, descobriu uma radiação mais penetrante, chamada gama, que é similar aos penetrantes raios X. Mas os raios alfa permaneciam um mistério. Tanto Rutherford quanto os Curie suspeitavam tratar-se de partículas, átomos carregados eletricamente e projetados a uma alta velocidade. Do ponto de vista fenomenológico, caracterizavam-se por sua capacidade de absorção e pelo pequeno desvio em um campo magnético. Talvez o leitor conheça a famosa figura frequentemente encontrada em manuais, que remonta à época dos Curie e Becquerel (Figura 3.3). Também se suspeitava que os raios alfa tinham um alcance definido.

Em 1898, vagou um cargo na Universidade McGill, em Montreal, e Rutherford decidiu apresentar-se como candidato. Foi uma decisão repentina. Mudar-se de Cambridge, o centro mundial da física, para uma universidade colonial no Canadá era um salto no escuro. Mas Rutherford tinha um espírito aventureiro e, afinal de contas, tinha vindo da Nova Zelândia, que não era exatamente o centro científico do mundo. Além do mais, sempre — e justificadamente — teve grande confiança em si mesmo. Conseguiu uma carta de recomendação com J. J. Thomson, que escreveu o

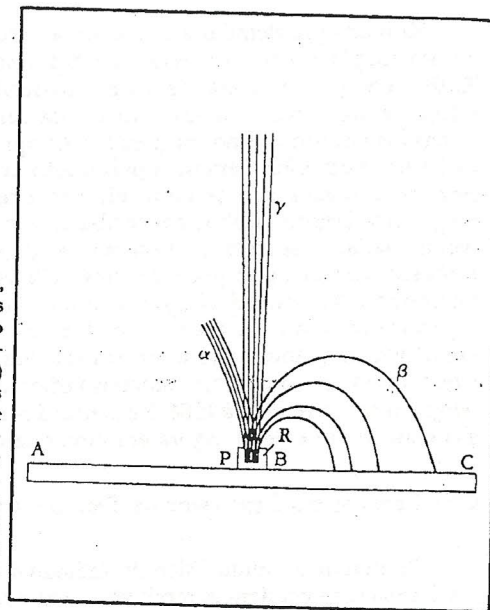


Figura 3.3. Os três tipos de raios: alfa, beta e gama. Distinguem-se por suas trajetórias em um campo magnético em ângulo reto ao sentido do movimento. Os raios alfa (núcleos de hélio) são carregados positivamente; os raios beta (elétrons) são muito mais leves e carregados negativamente; os raios gama, análogos aos raios X, são quanta de radiação eletromagnética (fótons). Como são neutros, não são desviados pelo campo magnético. Rutherford foi responsável pela nomenclatura. [De Marie Curie, *Thesis* (Paris: Gauthier-Villars, 1904).]

seguinte: “Nunca tive um aluno que mostrasse tanto entusiasmo ou capacidade para pesquisas originais quanto o Senhor Rutherford e tenho certeza de que, se ele for o escolhido, instalará uma importante escola de física em Montreal. Eu consideraria afortunada qualquer instituição que usufruísse dos serviços do Senhor Rutherford como professor de física” (Eve, p. 55). O que era absoluta verdade; mas já li cartas semelhantes sobre pessoas que não tinham nada de Rutherford. Rutherford foi aceito como professor, mas primeiro viajou até a Nova Zelândia, para casar-se com Mary Newton, e depois seguiu com ela para o Canadá. Seu salário era de 500 libras por ano, soma considerável e cerca do dobro do salário de Pierre Curie na época. Esse fato reflete as condições no Império Britânico em comparação às da República francesa.

O novo ambiente de Rutherford em Montreal era bastante receptivo (Figura 3.4). Ele encontrou laboratórios de física e química recém-construídos apoiados e financiados por um benfeitor da universidade, o milionário William MacDonald. O chefe do departamento, John Cox, observou Rutherford durante algumas semanas e chegou à seguinte conclusão: “Creio que é melhor que eu me encarregue de dar as suas aulas e de todas as outras atividades do cargo de professor. Você continuará a fazer o que tem de fazer”. Eis aí uma demonstração de notável generosidade e inteligência. Rutherford deu-se muito bem com os colegas e — em suas cartas isso fica evidente — com eles estabeleceu as mais cordiais relações, baseadas no respeito mútuo pela contribuição de cada um deles.

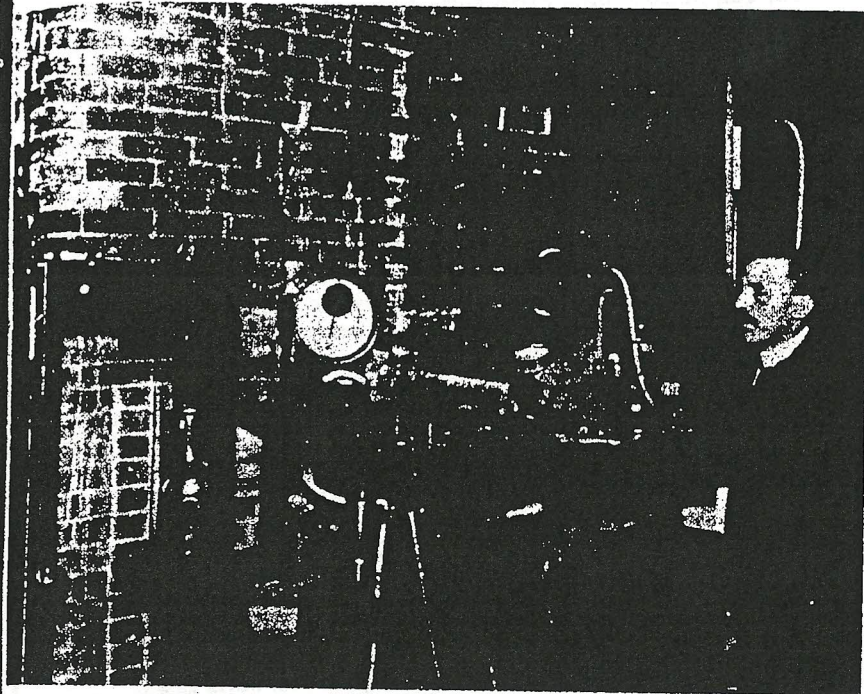


Figura 3.4. Rutherford na Universidade McGill, Montreal, em 1905. Nesse ano, ele começou as pesquisas sobre as propriedades das partículas alfa. O isolamento dessas partículas levou-o mais tarde à descoberta de um núcleo pesado no átomo. (De Eve, *Rutherford*.)

Rutherford obteve algumas substâncias radioativas e começou a pesquisar o problema descrito a seguir. R. B. Owens e Rutherford tinham observado que as correntes de ar influenciavam a ionização produzida por substâncias radioativas. Rutherford suspeitou que elas emitiam gases radioativos. Os Curie já tinham visto que objetos colocados nas proximidades de fontes radioativas podiam adquirir “radioatividade induzida”, que (agora sabemos) é causada por depósitos ativos desprendidos de gases que escapam das fontes radioativas. Se não tomarmos precauções, a formação de depósitos radioativos se torna um excelente exemplo de fenômenos não-reprodutíveis. Anos mais tarde, tive uma experiência desse tipo quando da descoberta da fissão do urânio, embora soubesse perfeitamente da possibilidade de gases radioativos e de depósitos ativos.

Assim, constatou-se que substâncias radioativas desprendiam gases radioativos, bem como os três tipos de radiação. Essa descoberta abalou os alicerces da química e é necessário que se leiam os relatórios originais para apreciar a perplexidade sentida na época. Rutherford disse o seguinte: “Se se tratar de gases, não tenho dúvida de que vou conseguir demonstrá-lo”.

Assim, deu início a uma experiência bem simples, no verdadeiro estilo Rutherford, usando uma válvula aberta equipada com uma série de eletrodos, conectada a um eletrômetro (Figura 3.5). Passou os gases, misturados com ar, através da válvula. O gás entrou por uma extremidade e saiu pela outra. Ele mediu o fluxo e, por conseguinte, a velocidade do gás. Mediu também a radioatividade na entrada e ao longo de toda a válvula e sua dependência da velocidade do gás. A partir dessas medições Rutherford conseguiu determinar a meia-vida de gases radioativos. Também fez outras experiências para convencer-se de que os portadores de radioatividade eram realmente gases, porque essa conclusão parecia muito estranha.

Nesse ponto, Sir William MacDonal doou ao laboratório equipamentos para liquefação de ar. Rutherford passou o ar que continha os gases radioativos através de uma válvula de cobre resfriada com ar líquido para verificar se os gases radioativos se condensavam. Descobriu que eles resfriavam e que, quando a válvula era aquecida, vaporizavam-se de novo. Mas, quando tentou medir a temperatura da vaporização, cometeu um erro: acreditou ter achado uma diferença de comportamento das várias "emanações", que era como chamava os gases. Uso a palavra *várias* porque ele tinha gases originários de tório ou de urânio. Hoje sabemos que as emanações são isotópicas e, por conseguinte, todas têm idênticas temperaturas em estado de ebulição e de vaporização. Mas Rutherford descobriu diferenças sistemáticas na evaporação, o que mostra que mesmo ele, ocasionalmente, podia cometer erros. De qualquer forma, a própria descoberta da existência de gases radioativos estava correta e foi muito importante. Mostrou também que, de algum modo, os átomos de urânio e de tório desintegravam-se e que, entre os fragmentos, havia gases.

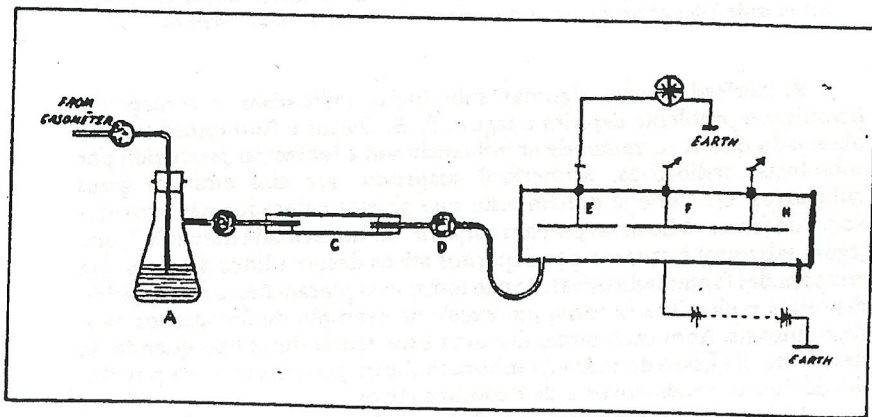


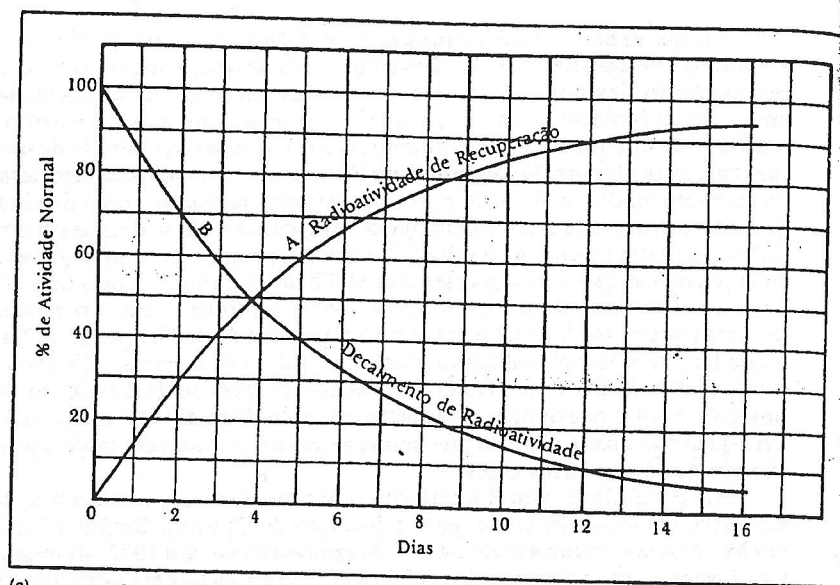
Figura 3.5. Aparelhagem para detectar a emanação do tório e medir sua meia-vida. O ar, passado pelo material C, transporta o gás radioativo até a ampola à direita. Os eletrodos E, F e H servem para medir a ionização causada pelo gás. A partir desse cálculo e da velocidade do gás é que se obtém a meia vida. [Do artigo de Rutherford e F. Soddy em *Transactions of the Chemical Society* 81, 321 (1902).]

O outro problema dizia respeito à natureza dos raios alfa. Também seriam um gás; Rutherford testou essa hipótese, mas o resultado foi negativo. Então, tentou outra coisa. Se fossem partículas carregadas, qual seria sua relação entre carga e massa, isto é, sua carga específica? Eram ou não desviados em um campo magnético? As opiniões sobre esse ponto básico variavam. Rutherford, em uma publicação, discordou de Becquerel, que, a princípio, julgava que os raios alfa não eram desviados por um campo magnético. Depois, ambos concordaram em que eram desviados. Examinaram várias hipóteses e chegaram a alguns resultados experimentais errôneos, conforme se pode ver nos *Collected Papers* de Rutherford. Mas, finalmente, Rutherford chegou à importante conclusão de que a carga específica para os raios alfa era semelhante à do hélio ionizado. Descobriu também que, quando se aquecem substâncias radioativas, elas emitem hélio e que o mesmo ocorre com minerais radioativos. Todo esse trabalho levou tempo, mas, entre 1903 e 1904, Rutherford se convenceu de que as partículas alfa eram íons de hélio. Agora era uma questão de tempo prová-lo.

Os Discípulos e a Descoberta da Transmutação

Enquanto o estudo físico da radioatividade estava provocando esses resultados surpreendentes, também os estudos químicos estavam revelando fenômenos espantosos. Crookes descobriu em 1900 que, ao precipitar hidróxido de ferro em uma solução salina de urânio, toda a radioatividade passava para o precipitado e o urânio permanecia inativo. Mas, após alguns dias, o precipitado perdia sua atividade e o urânio a readquiria. Fenômenos semelhantes ocorriam em outras substâncias radioativas em diferentes escalas de tempo — às vezes em horas, às vezes em minutos. Era como se fossem fantasmas nos laboratórios que se divertissem em pôr de volta durante a noite as preparações cuidadosamente isoladas durante o dia. Tudo parecia misterioso, até que Rutherford e Soddy, a quem nos referiremos em breve, tiveram a idéia de que as substâncias radioativas transmutavam-se uma na outra.

Examinemos um exemplo de transmutação. O urânio produz continuamente, por sua desintegração espontânea, uma outra substância radioativa — UX —, que por sua vez, se desintegra espontaneamente. Em um minério não alterado, tudo isso ocorre à mesma taxa, ou seja, o mesmo número de átomos de U e de UX se desintegra espontaneamente a cada segundo. Mas, se separarmos quimicamente o urânio da substância ativa, UX, cuja radioatividade é a única que pode ser observada em virtude da natureza das radiações, constataremos que a atividade do UX se reduz com a característica de meia-vida de UX porque já não é reabastecida por urânio. Ao mesmo tempo, o urânio, que tinha perdido sua radioatividade pela separação de UX, volta a adquiri-la. Portanto, temos duas curvas de atividades — uma para a substância separada e outra para o urânio. Uma desce e a outra sobe (Figura 3.6). A soma das atividades é constante, porque corresponde a um minério em equilíbrio ou urânio como é encontrado em um minério natural.



(a).



(b)

Figura 3.6. (a) Curvas de crescimento e de decaimento do urânio X (Th^{238}). As curvas mostram que a atividade do UX extraído do urânio, que tinha perdido sua atividade no momento da extração do UX, volta a adquiri-la; assim, a soma das duas atividades é uma constante. Mais tarde, essas curvas foram usadas no brasão (b) de Lorde Rutherford. [(b) De Eve, Rutherford.]

Rutherford e Soddy esclareceram toda a complexa fenomenologia, reduzindo-a à norma fundamental segundo a qual cada átomo radioativo tem uma probabilidade definida (constante no tempo) de desintegrar-se espontaneamente em uma unidade de tempo. Essa probabilidade é característica da substância examinada e não depende de nada mais, conforme tinha sido claramente demonstrado por Rutherford em 1900. Foi uma idéia brilhante e revolucionária, mas nela estava contida a transmutação de átomos, algo que até mesmo Rutherford hesitava em mencionar, porque soava muito parecido com alquimia. De fato, quando ele informou a seus colegas de Montreal o que havia descoberto e explicou os fenômenos, eles o aconselharam a usar de prudência quando apresentasse as provas, a fim de não ser considerado louco. Mas os fatos estavam ali e não podiam ser refutados.

Agora passaremos a Soddy. Quando Rutherford começou a sentir necessidade de um químico, este apareceu na pessoa de Frederick Soddy (1877-1956). Soddy tinha estudado na Inglaterra e fizera o Ph.D. em química. Ao procurar emprego em alguma parte do Império Britânico, candidatou-se a um lugar em Toronto. Enviou uma carta e um telegrama e ficou esperando ansiosamente por uma resposta. Como não chegasse nada, Soddy, homem de ação, embarcou para o Canadá a fim de verificar o que estava acontecendo. Ao chegar a Nova Iorque, disseram-lhe que o cargo que estava cobijando já tinha sido preenchido. Mas, como ainda dispunha do bilhete da passagem, decidiu ir até Montreal. Ali mostrou as cartas de recomendação e solicitou um cargo na Universidade McGill. Foi contratado pelo departamento de química. Rutherford, que precisava de auxílio, falou com Soddy, mostrou-lhe o que estava fazendo e convidou-o a trabalhar com ele. Soddy logo se uniu a Rutherford e ambos tornaram-se íntimos colaboradores. De 1900 a 1903, trabalharam juntos e constataram a teoria das transmutações radioativas. Mais tarde, Soddy contribuiu para a elaboração do conceito de isotopismo, segundo o qual, em sua forma primitiva, pode haver substâncias quimicamente idênticas, mas diferentes quanto a suas propriedades radiativas. Soddy também cunhou o termo "isotópico", para indicar que as substâncias colocam-se no mesmo lugar no sistema periódico dos elementos químicos. Exerceu o cargo de professor de química em Oxford, porém seu gênio criativo perdeu a força com o passar do tempo.

Depois de Soddy, outros estudantes chegaram a Montreal, inclusive algumas futuras "celebridades", como Otto Hahn (Figura 3.7). Hahn nasceu em Frankfurt, em uma família de negociantes. Em criança e como estudante, nunca demonstrou sinais de precocidade. Formou-se em Marburg em 1901, depois de ter estudado química orgânica, e foi aceito como assistente de Theodor Zincke, seu professor. Hahn havia planejado seguir carreira como industrial em uma das firmas alemãs de produtos químicos que então estavam no auge. Zincke sugeriu-lhe aprender inglês e, assim, mandou-o trabalhar com Sir William Ramsay, o especialista em gases nobres que tinha descoberto o neon, o cripton e o xênon.

Ramsay estava tentando trabalhar na área de radioquímica, sem muito sucesso, e não era muito apreciado por Rutherford. Não obstante, este sugeriu um excelente problema para Hahn: extrair o rádio de uma certa



Figura 3.7. Otto Hahn (1879-1968). Esse renomado radioquímico alemão, aluno de Rutherford, deixou sua marca na área da radioquímica, desde a descoberta de novas substâncias radioativas naturais até a descoberta da fissão do urânio. A seu lado, Lise Meitner (1878-1968). (Ullstein Bilderdienst.)

preparação de cloreto de bário que continha rádio. Nem Ramsay nem Hahn imaginavam que tal preparação continha outro isótopo de Ra, Ra^{228} , o rádio comum (aquele descoberto pelos Curie) é Ra^{226} . Hahn, no final, também descobriu outro isótopo radioativo de tório, ao qual deu o nome de radiotório (Th^{228}). R. B. Boltwood, famoso radioquímico da Universidade de Yale e amigo íntimo de Rutherford, não ficou convencido com o trabalho de Hahn e, em carta enviada a Rutherford, comentou que o radiotório era “um composto de tório e estupidez”. Foi assim que Hahn chegou a Montreal cercado de uma reputação um tanto duvidosa. Para aumentar o ceticismo de Rutherford, este e Soddy tinham descoberto um outro isótopo de Ra, chamado ThX (Ra^{224}).

Mas não se passou muito tempo até que Hahn convencesse Rutherford e Boltwood de que tinha razão. Devemos lembrar que, naquela época, o isotopismo era desconhecido e, nessas condições, cada vez que se descobria uma nova substância radioativa, julgava-se que era um novo elemento, constituindo um quebra-cabeça quando se constatava ser inseparável de um elemento já conhecido. O radiotório de Hahn é um isótopo (para fazer uso do vocábulo moderno) do tório e, por conseguinte, não é, do ponto de vista químico, diretamente separável do tório. Mas, como o Th se desintegra em MsTh, que é um isótopo de Ra (Ra^{228}), e este, por sua vez, se desintegra em RaTh, é possível primeiramente separar MsTh de Th e então, depois de o Th ter-se transformado de novo no MsTh, isolar o primeiro em um estado relativamente puro. Assim, obtemos uma separação de RaTh a partir de Th, o que seria impossível realizar diretamente. Talvez ficássemos espantados com o fato de Rutherford e Hahn à época não terem captado o conceito de isotopismo, visto que tinham descoberto exemplos bem nítidos de isótopos; mas, quando a mente não está preparada, a vista não reconhece, conforme já observamos em diversos casos.

Hahn trabalhou com Rutherford durante aproximadamente um ano. Em 1906, voltou à Alemanha, para o Instituto de Química Orgânica Emil Fischer, mas continuou a atuar na área da radioquímica. Em 1907, aliou-se a uma jovem química vienense, Lise Meitner (Figura 3.7), que era assistente de Max Planck, e os dois instalaram um importante centro de pesquisas nucleares. Após alguns anos, Hahn conseguiu seu próprio laboratório, no Instituto Cáiser Wilhelm, de Berlim Dahlem, ainda junto com Meitner. Em 1933, Meitner precisou fugir dos nazistas e emigrou para a Suécia alguns meses antes de Hahn e Strassmann descobrirem a fissão do urânio. Hahn tinha, na época, cinquenta e nove anos de idade, e talvez isso constitua exemplo extremo de uma descoberta feita por um cientista relativamente idoso.

Entre as muitas maravilhas divulgadas durante esse período, não deixavam de ocorrer falsas descobertas: raios “n”, com o trágico epílogo do suicídio do homem que acreditava tê-los descoberto; a transmutação do mercúrio em ouro, anunciada por químicos que procuravam promover-se, e outras mais. Por outro lado, até 1904 o grande D. I. Mendeleev, cientista já de certa idade, mas ainda audacioso, não acreditava que o hélio pudesse ser resultado de transmutações atômicas.

Rutherford passou a ser muito procurado como conferencista, pois gostava de viajar, e assim visitou muitas universidades dos Estados Unidos e da Comunidade Britânica sempre que o trabalho lhe permitia deslocar-se. A Universidade de Yale, ofereceu-lhe um cargo muito bem-remunerado, mas Rutherford recusou-o, alegando que “eles agem como se a universidade fosse feita para estudantes”. Mas manteve sua forte amizade com Boltwood, de Yale. A longa e curiosa correspondência trocada entre os dois, que aliás já foi publicada, fornece um retrato vívido da radioquímica da época, embora omita os importantes trabalhos realizados pelos Curie.

A origem da energia liberada em desintegrações radioativas continuava a ser um dos grandes mistérios nessa área. Rutherford, juntamente com os Curie, A. Laborde e outros, mediu essa energia e chegou a um número

espantosamente elevado. Julgou então que os materiais radioativos existentes na Terra poderiam influenciar enormemente seu equilíbrio térmico, e isso lhe deu a oportunidade de solucionar uma antiga querela entre Lorde Kelvin e os geólogos. Lorde Kelvin tinha calculado a taxa de resfriamento da Terra e a partir daí inferiu o lapso de tempo escoado entre o estado de uma esfera incandescente em fusão e o estado atual. O resultado foi um período excessivamente curto em comparação com as provas oferecidas pela geologia; daí as divergências. Quando Rutherford analisou o calor fornecido pelas substâncias radioativas existentes na Terra, resolveu-se o problema. Rutherford, orgulhoso dessa constatação, descreveu da seguinte forma a divulgação de sua descoberta:

"Entrei na sala, que estava meio às escuras, e logo consegui distinguir Lorde Kelvin em meio à platéia; percebi que teria problemas com a última parte de minha palestra relativa à idade da Terra, pois minhas opiniões conflitavam com as dele. Para meu alívio, Kelvin logo adormeceu, mas, quando fui-me aproximando do ponto importante, dei-me conta de que aquela velha raposa estava acordada, com um olho aberto e lançando sobre mim um olhar de desdém! De repente, veio-me a inspiração, e eu afirmei que Lorde Kelvin tinha conseguido identificar a idade da Terra, visto que a partir de então não se havia descoberto nenhuma outra fonte. Essa declaração profética refere-se ao que estamos examinando esta noite: o rádio! E, vejiam só! O velhote estava sorrindo para mim!" (Eve, p. 107).

Em 1903, Rutherford foi eleito para a Royal Society de Londres e, em maio de 1904, pronunciou a Conferência Baker sobre "Sucessão de Mudanças em Corpos Radioativos". A Conferência Baker tinha sido criada por um microscopista amador do século XVII, que deixara uma doação especial para sua realização. O conferencista é chamado para fazer uma apresentação de sua obra e tal convite é uma das mais elevadas honras que a ciência britânica pode conferir. Rutherford fez uma outra Conferência Baker em 1920.

Na Conferência Baker de 1904, ele relacionou os itens de suas descobertas:

1. Nomenclatura.
2. Taxa de desintegração espontânea da atividade excitada do tório e do rádio em diferentes períodos de exposição à emanação e para diferentes tipos de radiação.
3. Teoria matemática das mudanças sucessivas.
4. Aplicação da teoria para explicar as mudanças no (a) tório, (b) actínio e (c) rádio.
5. Questão do baixo ritmo de mudança produzido pelo rádio: comparação da matéria com o rádio-telúrio de Marckwald.
6. Radioatividade aparente da matéria ordinária, devida em parte a um depósito ativo de taxa de mudança lenta na atmosfera.
7. Comparação das mudanças sucessivas no urânio, tório, actínio e rádio.
8. Exposição sobre o significado das mudanças "sem raios" nos radioelementos.

9. Radiações dos produtos ativos. Significado do aparecimento dos raios beta e gama na última mudança rápida nos radioelementos.
10. Diferença entre transformações radioativa e química.
11. Exposição sobre as experiências feitas para medir a carga dos raios alfa.
12. Magnitude das mudanças que ocorrem nos radioelementos.
13. Origem dos radioelementos.

Trata-se de um resumo da obra de Rutherford realizada até aquela época. Ele tinha bons motivos para ficar circulando pelo laboratório e cantando em voz alta: "Avante, soldados de Cristo!"

Mas a fase de Rutherford no Canadá estava chegando ao fim. Seu retorno à Inglaterra coincidiu com um novo período de atividades. Agora devemos deixá-lo de lado por um instante, para não perturbar a seqüência histórica dos acontecimentos.