então as diferenças regulares nos valores do peso atômico entre dois elementos vizinhos e torna evidente a originalidade do método de Mendeleev. No que respeita aos seus precursores, ao procurarem encontrar a genealogia dos elementos, ocuparam-se, acima de tudo, em ordenar os elementos análogos em famílias prováveis. Ser-lhes-ia muito difícil fazer algo mais do que identificar alguns grupos isolados enquanto que Mendeleev foi capaz de enfrentar o problema da classificação de uma maneira mais geral.

A distinção conceptual entre elemento e substância simples foi outra chave do sucesso. Dado que os químicos se ocupavam dos corpos empiricamente simples, apenas poderiam fazer colecções e nunca verdadeiras classificações. Seriam forçados a considerarem todas as propriedades observadas e não poderiam seleccionar um único padrão. Além disso, se escolhessem a valência química teriam de enfrentar o problema das valências múltiplas. Mas uma vez que Mendeleev definiu claramente o elemento químico pelo seu peso atômico, foi capaz de ordenar os elementos de acordo com o padrão constante dos seus valores crescentes e descobriu a função periódica entre as propriedades químicas e os valores do peso atômico.

É certo que este padrão revelou algumas deficiências: por vezes tornou pouco visíveis fortes analogias químicas — entre Li e Mg, Be e Al, B e Si, por exemplo; outras vezes induziu vizinhanças imprevistas (por exemplo no oitavo grupo); finalmente, não permitiu que as terras raras fossem classificadas. Mendeleev estava bem ciente destas deficiências e fez o que pôde para melhorar a localização dos elementos duvidosos e para revelar o maior número de analogias naturais.

Contudo, nunca duvidou da validade deste padrão porque o seu novo conceito de elemento mostrou ser muito fecundo. Não poderiam ter sido feitas as brilhantes previsões de três elementos desconhecidos — mais tarde denominados gálio, escândio e germânio — com uma muito boa aproximação das suas propriedades, sem a clara distinção entre “substância simples” e “elemento”. Apenas os elementos poderiam ser previstos. Os corpos simples, sendo por definição empíricos, não poderiam ser considerados existentes antes de terem sido descobertos pela experiência. Pelo contrário, um sistema firmemente baseado num conceito abstracto de elemento, como o apresentado por Mendeleev, torna possível prever resultados experimentais.

Podemos assim perceber que a grande descoberta de Mendeleev não foi o resultado de uma súbita revelação. O planeamento do sistema começou no início da década de 1860 a partir de um interesse pedagógico e amadureceu durante um longo período de tempo envolvendo uma teoria filosófica precisa da matéria assim como definições conceptuais. Mendeleev superou todos os sistemas rivais porque compreendeu perfeitamente que uma classificação sistemática exigia um conceito abstracto claro e um único padrão. Mas o seu sistema não pode ser encarado como uma antecipação profética do atomismo moderno. Com a sua forte crença nos elementos individuais, Mendeleev foi um homem do seu século. Foi muito menos um precursor do que foram os apoiantes da hipótese de Prout, seus rivais e inimigos. Isto é tanto mais surpreendente quanto o seu sistema veio a ser tão extraordinariamente fecundo ao longo do século XX.

REFERÊNCIAS

- (1) J.W. van Spronsen, “The periodic system of chemical elements. A history of the first hundred years”, Elsevier (1969).
- (2) Beguyer de Chancourtois, *Comptes-rendus de L'Académie des Sciences*, 54, 842 (1862).
- (3) Para um relato detalhado do método de descoberta, veja B.M. Kedrov, “Filosofski Analiz Peruych Troedov D.I. Mendeleev o Perioditseskom Zakone (1869-1871)”. Moscow (1969); e o artigo sobre Mendeleev no *Dictionary of Scientific Biography*.
- (4) D.I. Mendeleev, “The relation between the properties and the atomic weight of the elements”, *Journal of the Russian Chemical Society*, 60-67 (1869); e a sua “Faraday lecture”, proferida no dia 4 de Junho de 1889, *Journal of Chemical Society*, 55, 634 (1889), reeditada em D.M. Knight, *Classical Scientific Papers in Chemistry*, 2.^a série, 322-334, Mills and Boon (1970).
- (5) D.I. Mendeleev, *The Principles of Chemistry* (1869-72); London, (1891), 2 vol.

Os elementos transuranianos *

G.T. Seaborg ^a

A adição de 17 elementos transuranianos à herança natural dos elementos levou a sua expansão de aproximadamente 20% nos blocos feitos a partir dos elementos que existem na Natureza. A investigação destes elementos feitos pelo homem para além do urânio levou a uma tremenda expansão do nosso conhecimento da estrutura atômica e nuclear. Cada um destes elementos tem um número de isótopos conhecido, todos radioactivos, por isso leva a um total de aproximadamente 200. Sintéticos na origem, eles são produzidos numa variedade de reacções de transmutação produzidas por neutrões ou partículas carregadas, incluindo iões pesados (2 dos elementos estão também presentes na Natureza em muito pequenas concentrações). Muitos deles são produzidos e isolados em grandes quantidades através do uso de reactores de fissão nuclear: plutónio (n.º atómico 94) em massas expressas em tonelada; neptúnio (n.º 93), amerício (n.º 95) e cúrio (n.º 46) em massas expressas em quilograma; o berkélio (n.º 97) em massas de 100 miligramas; califórnia (n.º 98) em massas expressas em grama; e einsteinio (n.º 99) em

^a Lawrence Berkeley Laboratory, 1, Cyclotron Road Berkeley, Califórnia, 94720, U.S.A.

* Tradução de M. Otilia Santos.

СТОЛЕТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА
Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

miligrama. De particular interesse para os químicos é o pouco uso químico e impacto na Tabela Periódica (Fig. 1) destes elementos mais pesados. O seu impacto prático, particularmente o do plutónio, foi extraordinário.

LANTANÍDEOS

ACTINÍDEOS

Figura 1: Tabela Periódica Moderna. Os números atômicos dos elementos não descobertos estão entre parêntesis

A descoberta do primeiro elemento transurânico resultou de experiências feitas com o fim de perceber o processo de fissão. E.M. McMillan e P.H. Abelson em 1940, trabalhando no ciclotrão de 60 polegadas da Universidade da Califórnia Berkeley, deduziram por processos químicos que um dos produtos do bombardeamento por neutrões do urânio era um isótopo do elemento 93, obtido por decaimento da partícula beta ^{239}U . Ao elemento 93 era dado o nome de neptúncio (Np) por estar para além do urânio, tal como o planeta Neptuno está para além do Urano.

Por esta altura, a possibilidade de uma reacção nuclear em cadeia e a produção de elementos transurânicos para usos militares começou a ser reconhecida. Com a 2.ª Guerra Mundial já em progresso, trabalho ulterior nos elementos transurânicos e assuntos relacionados foi conduzido por físicos e químicos sob sigilo, imposto primeiro informalmente e por fim como um programa organizado. Os elementos plutónio, amerício e cúrio foram sintetizados e identificados (i.e. descobertos) no tal trabalho no tempo da guerra no projecto da bomba atómica antes e durante a organização do Projecto Plutónio do Manhattan Engineer District.

Os elementos transurânicos mais pesados foram “descobertos” na continuação das experiências de síntese e identificação nos anos seguintes estendendo-se até ao presente. Assim, os 17 elementos transurânicos conhecidos (n.º 93 a 109 inclusivé) apareceram num período de cerca de 44 anos, a uma velocidade média de um elemento em cada 2 ou 3 anos. Actualmente, as descobertas têm sido feitas aos pares, isto é, um par de elementos em cada cinco anos.

A chave da descoberta dos elementos transurânicos foi a sua posição na Tabela Periódica. Antes da descoberta dos elementos transurânicos, a semelhança dos elementos que ocorrem naturalmente — tório (n.º atómico 90), protactínio (n.º 91) e urânio (n.º 92) — na Tabela Periódica não foi claramente percebida. O reconhecimento do facto de que os elementos transurânicos representam a nova família dos actínidos (“como o actínio” — n.º atómico 89) elementos análogos para os lantanídeos (terra rara) séries de elementos (n.º atómico 59 até 71) permitiram aos investigadores prever as

propriedades químicas dos elementos transurânicos desconhecidos. Uma vez previstas estas propriedades foi possível descobrir os novos elementos separando-os quimicamente, seguindo a síntese nuclear, a partir de todos os outros elementos na Tabela Periódica.

A analogia entre os lantanídeos e os actínidos formou a base para dar o nome a partir do primeiro. Plutónio, é claro, foi chamado assim a partir do nome do planeta Plutão — seguindo o padrão usado para dar o nome a neptúncio — o qual é o segundo e o último planeta conhecido além do Urânio. O nome “amerício” foi sugerido para o elemento 95, a partir de América, por analogia com o nome da sua terra rara correspondente ou homóloga európio, a partir de Europa; e o nome “cúrio” foi sugerido para o elemento 96 segundo Pierre e Marie Curie, por analogia com o nome do seu homólogo, gadolínio, segundo do químico finlandês J. Gadolin. O elemento 97 foi chamado berkélio a partir da cidade Berkeley, Califórnia, onde tinha sido descoberto tal como à sua terra rara análoga, térbio, foi dado um nome derivado de Ytterby, Suécia, onde tantas das terras raras minerais tinham sido encontradas. Califórnio (n.º 98) assim chamado devido à universidade e estado onde a sua descoberta ocorreu. Os elementos transurânicos mais pesados levaram nomes derivados dos de cientistas eminentes: einsteinio (n.º 99) segundo Albert Einstein; férmio (n.º 100) de Enrico Fermi; mendelévio (n.º 101), segundo Dmitri Mendeleev; nobélio (n.º 102) segundo Alfred Nobel; e laurêncio (n.º 103) segundo Ernest O. Lawrence. Conflitos nos nomes apareceram nos casos dos elementos transactínidos 104, 105 e 106 porque em cada caso dois grupos reclamaram a descoberta e o tradicional direito de sugerir nomes. O grupo dos E.U.A.N. sugeriu para o elemento 104, rutherfordio, segundo Ernest Rutherford e para o elemento 105, hânio, segundo Otto Hahn, enquanto o grupo soviético na base da duvidosa evidência da sua descoberta, sugeriu para o elemento 104, kurchatovio, segundo Igor Kurchatov, e para o elemento 105, nielsbório, segundo Niels Bohr. Os dois grupos adiaram sugerir o nome para o elemento 106. Os investigadores alemães dos elementos 107, 108 e 109 adiaram sugerir nomes, possivelmente esperando a confirmação das suas descobertas noutros laboratórios.

O maior efeito imediato da descoberta de um elemento transurânico foi trazer ao mundo o uso do plutónio na manufactura de armas nucleares. O maior benefício prático do uso do plutónio é como combustível nuclear. Além disso, três outros nuclídeos actínidos (plutónio — 238, amerício — 241 e califórnio — 252) demonstraram aplicações práticas reais. Um grama de plutónio-238 produz aproximadamente 0,56 watt de

СТОЛЕТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА
Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

potência térmica, principalmente a partir do decaimento de partículas alfa e as suas propriedades têm sido aproveitadas na exploração espacial para abastecer energia a pequenas unidades de potência termoelétrica, tais como geradores termoelétricos radioisotópicos na Lua. O amerício 241 tem um tempo de meia-vida longo (433 anos) por decaimento (por emissão de partículas alfa) e os raios gama predominantes (energia 60 keV) tornam este isótopo particularmente útil numa gama de aplicações industriais e no diagnóstico de irregularidades da tiróide: quando misturado com berílio, o amerício-241 gera neutrões e utiliza-se um grande número de tais fontes em operações de pesquisa em poços de petróleo (isto é, para determinar a quantidade de petróleo que o poço produz num dado instante). O califórnio-252 é uma intensa fonte de neutrões: um grama emite $2,4 \times 10^{12}$ neutrões por segundo. Este isótopo está a ser testado para aplicações de análise de neutrões activados; radiografia por neutrões e fontes portáteis para uso no campo em prospecção mineral e de poços de petróleo. Tanto o plutónio-238 como o califórnio-252 estão a ser estudados para possíveis apli-

cações médicas: o primeiro como uma fonte de calor para uso nos "pacemakers" do coração e em bombas para o coração; e o último como uma fonte de neutrões para irradiação de certos tumores para os quais o tratamento com raios gama é relativamente ineficaz.

СТОЛЕТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА
Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

SOPOEQUIP

PRODUTOS E EQUIPAMENTOS PARA A INDÚSTRIA E LABORATÓRIOS LDA

DINAMISMO - QUALIDADE - SERVIÇO

ESCOLHA - EFICIÊNCIA

PEÇA-NOS A LISTA DAS NOSSAS REPRESENTADAS
ALGUMA LHE INTERESSARÁ!

Estamos à distância do seu telefone...

QUINTA DA PIEDADE, LOTE 12-1.º
TEL. 259 44 62

2625 PÓVOA ST.ª IRIA
TELEX 43926 DISO-P