
Pesquisa de Novos Elementos

GIL MÁRIO DE MACEDO GRASSI
Mestre em Química Nuclear

RESUMO

Neste trabalho estuda-se, teoricamente, a descoberta de novos elementos sintetizados pelo homem. Na introdução apresentamos um apanhado geral sobre as teorias a respeito da transmutação nuclear, que é o método utilizado nestas sínteses. Em seguida, mostramos a importância da Tabela Periódica, pois é através dela que se chega à previsão dos novos elementos e de suas propriedades. As descobertas dos transurânicos, já realizadas com êxito, juntamente com os dados de suas primeiras preparações são tabelados. A estabilidade destes novos elementos também é discutida, e apresentadas futuras especulações.

ABSTRACT

The present study deals with the discovery of new elements synthesized by man. The introduction discusses in general the theories about nuclear transmutation, which is the method employed in these syntheses. The study shows the importance of the Periodical Table since it is through this table that one can reach a prevision of new elements and its properties. The discoveries of the transuranic elements, together with the data of their first preparations are also tabulated. The stability of these elements is also discussed, and future speculations are showed.

Os elementos transurânicos seriam aqueles cujos números atômicos são superiores ao do urânio, elemento de maior número atômico encontrado na natureza.

Eles representam a realização dos sonhos dos antigos alquimistas, pois são todos obtidos através de sínteses ou transmutações.

A síntese de um elemento novo normalmente parte de outros elementos pré-existentes na natureza.

É através de um adequado processo de transmutação nuclear, que os átomos iniciais são convertidos nos átomos de um novo elemento.

Diversos foram os modos utilizados para a obtenção de tais sínteses, ora através dos reatores nucleares, ora através de aceleradores de partículas, ora nas explosões nucleares.

Tanto nas explosões nucleares, como nos reatores nucleares, o núcleo dos átomos dos elementos iniciais sofrem um

bombardeio com nêutrons. Sendo os nêutrons desprovidos de carga elétrica penetram com facilidade nos núcleos, indo ligar-se, através das fortes forças nucleares, a outros prótons e nêutrons, sendo então absorvidos.

A captura somente de um nêutron, em um núcleo, não altera o seu número de prótons, e por isso mesmo, não é um novo elemento que surge, mas sim um novo isótopo* do elemento inicial.

TABELA PERIÓDICA

O principal segredo para descoberta de novos elementos é a sua posição na tabela periódica, visto que a periodicidade com que as propriedades químicas e físicas se repetem, possibilita prever, "a priori", as propriedades do novo elemento a ser encontrado, tornando assim, possível o planejamento de métodos químicos de separação, que os isolam dos demais elementos químicos.

A tabela periódica foi inicialmente elaborada com posições para noventa e dois elementos. Em meados da década de 30, sobravam apenas quatro lugares referentes aos elementos dos números atômicos 43, 61, 85 e 87.

Seus lugares vagos foram preenchidos inicialmente com nomes supostos tais como: masúrio para o elemento 43, ilínio para o elemento 61, e alabamínio para o elemento 85, e ainda virgíno para o elemento 87.

O estágio do conhecimento a respeito do núcleo atômico permitia, já naquela época, prever que estes elementos ainda não identificados eram todos radioativos, com meias-vidas muito curtas para que pudessem ser encontrados em apreciáveis concentrações na crosta terrestre.

Os elementos 43, 85 e 87 (tabela 1) foram obtidos por meios artificiais, através de reações nucleares. Os elementos 85 e 87 foram encontrados na natureza logo após suas aquisições artificiais, na quantia de traços, em algumas ramificações das séries naturais de decaimento radioativo.

O elemento 61 (tabela 1) foi obtido somente mais tarde, como fragmento da fissão do urânio.

A separação radioquímica de quantidades microscópicas desses quatro elementos foram baseadas exclusivamente nas suas propriedades químicas, preditas de acordo com sua posição na tabela periódica.

O sistema periódico também representou um papel central no isolamento dos elementos transurânicos, cujas sínteses expandem as velhas fronteiras do sistema por treze elementos.

Até o início da segunda guerra mundial acreditava-se que os três elementos mais pesados então conhecidos, o tório, o proto-actíneo e o urânio, estavam relacionados ao háfnio, tântalo e tungstênio, respectivamente, na tabela periódica. Portanto, o elemento seguinte, 93, se existisse, deveria ter propriedades químicas semelhantes as do rênio.

A descoberta, no entanto, de dois novos elementos mais pesados que o urânio, netúnio e plutônio, de números atômicos 93 e 94, por McMillan e seus colaboradores em 1940, e as seqüentes investigações químicas levadas a cabo para separá-los e identificá-los, demonstraram que suas propriedades químicas assemelhavam-se muito mais às do urânio, do que às do rênio ou ósmio.

Durante um certo tempo, o urânio, netúnio e plutônio, foram considerados como uma espécie de "primos", na Tabela Periódica, visto que as relações reais entre eles ainda não eram perfeitamente claras.

Julgou-se, inclusive, que os possíveis elementos seguintes teriam suas propriedades químicas muito semelhantes, formando uma nova família, designada por urânídeos.

Em 1944, Seaborg, elaborou a teoria de que todos os elementos conhe-

cidos e mais pesados do que o actínio estariam colocados erroneamente na Tabela Periódica, e que eles deveriam pertencer a uma nova série de elementos semelhantes à série dos lantanídeos ou terras raras.

Se esta teoria fosse verdadeira, significava que estes elementos deveriam vir logo após o Rádío, na Tabela Periódica, constituindo-se num grupo a parte, da mesma forma que os lantanídeos encaixavam-se entre o bário e o háfnio.

Realmente, após prolongada discussão, esta nova série de elementos é reconhecida como resultante da adição de elétrons numa coroa interna, 5 f, e não na última coroa, como seria de se supor.

Identificava-se, assim, esta nova família de elementos, que eram formados pela adição de elétrons na coroa 5 f.

Os elementos actinídeos são bastante semelhantes entre si e aos respectivos correspondentes lantanídeos. Em geral, eles apresentam as seguintes propriedades comuns: os cátions são trivalentes e formam íons complexos bem como quelatos orgânicos; seus sulfatos, nitratos, halogenetos, percloratos e sulfetos são solúveis; os fluoretos e oxalatos são insolúveis.

Quanto à semelhança de suas propriedades às dos lantanídeos, diferem apenas no que diz respeito ao comportamento diante do fenômeno de oxidação ou redução.

Com isto, ficou sabido que os possíveis novos elementos, do 95 ao 103, deveriam ter suas propriedades semelhantes às do actíneo, o que facilitou enormemente o trabalho para descobri-los, sendo que os elementos 104, 105 e 106, quando descobertos, passarão a ocupar os lugares anteriormente pertencentes ao Th, Pa, e U.

Tabela 1 - Principais dados a respeito da obtenção dos elementos 53, 61, 85 e 87.

Elementos e seus símbolos	Meios de obtenção	Ano da descoberta	Descobridor e País
43 Tecnécio (Tc)	${}^A\text{Mo} (d, n) {}^{A+1}\text{Tc}$	1937	Segré e Perrier (USA)
61 Promécio (Pm)	Fissão do U (Pm - entre os fragm.)	1947	Marinski (USA)
85 Astató (At)	${}^{209}\text{Bi} (\alpha, 2n) {}^{211}\text{At}$	1940	Segré (USA)
87 Frâncio (Fr)	${}^{227}\text{Ac} \xrightarrow[1,2\%]{\alpha} {}^{223}\text{Fr}$	1939	M. Perey (France)

DESCOBERTA DOS TRANSURÂNICOS

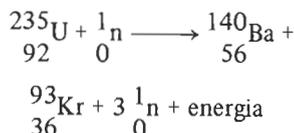
Descreveremos apenas a descoberta do 1o. transurânico, tendo em vista a impossibilidade da descrição da descoberta dos demais transurânicos, pois prolongaria por demais este trabalho, tornando-o fastidioso. No entanto, para suprir esta nossa falha, preparamos uma tabela com os principais dados da descoberta de cada elemento transurânico. (tabela 2).

As primeiras tentativas científicas para produção de elementos de número atômico superior ao do Urânio foram realizadas em 1934, em Roma, pelo grupo liderado por Enrico Fermi e Emilio Segrè logo depois da descoberta dos nêutrons por Chadwick, em 1932.

Eles tentaram inserir nêutrons nos átomos de Urânio, bombardeando-os com nêutrons lentos, e o resultado foi a obtenção de diversos produtos radioativos que, nos anos seguintes, comprovou-se tratar-se de isótopos de elementos já conhecidos, tais como: bário, lantânio, iodo, telúrio e moleibdênio.

A descoberta da fissão nuclear por Otto Hahn e F.S. Strassmann, em dezembro de 1938, descoberta essa que, no dizer de Seaborg, "abriu a idade atômica", veio comprovar que os isótopos formados eram frutos do arrebatamento dos átomos de urânio, através da fissão, em duas partes aproximadamente iguais.

Diversos pares de produtos de fissão radioativos, emissores geralmente de partículas beta, ocorrem conforme o seguinte exemplo:



Passaremos à descoberta do primeiro elemento transurânico. Antes, porém, devemos salientar a distinção entre a descoberta propriamente dita de um novo elemento, isto é, a primeira prova nuclear e química de sua existência, e a primeira separação deste elemento, ou seja, a junção de uma porção ponderável e em estado puro.

NETÚNIO:

Na Universidade da Califórnia, em Berkeley, em 1940, E.M. McMillan e P.H. Abelson, tentaram medir as energias dos dois principais fragmentos produzidos pela fissão do Urânio, induzido por nêutrons.

Tabela 2 – Dados da descoberta dos novos elementos.

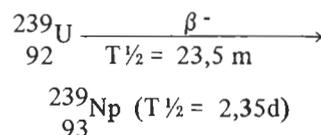
ELEMENTOS E SEUS SÍMBOLOS	PRIMEIRA PREPARAÇÃO	ANO	DESCOBRIDOR E PAÍS
93 Netúncio (Np)	${}_{92}^{238}\text{U} (n, \gamma) \rightarrow {}_{92}^{239}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} {}_{93}^{239}\text{Np}$	1940	E. MacMillan e P. Abelson (USA)
94 Plutônio (Pu)	${}_{92}^{238}\text{U} (d, 2n) \rightarrow {}_{93}^{238}\text{Np} \xrightarrow{\beta^-} {}_{94}^{238}\text{Pu}$	1940	G. Seaborg, MacMillan e colaboradores (USA)
95 Amerício (Am)	${}_{94}^{239}\text{Pu} (n, \gamma) \rightarrow {}_{94}^{240}\text{Pu} \xrightarrow{\beta^-} {}_{95}^{241}\text{Am}$	1944	G. Seaborg, R. James e colaboradores (USA)
96 Cúrio (Cm)	${}_{94}^{239}\text{Pu} (\alpha, n) \rightarrow {}_{96}^{242}\text{Cm}$	1944	G. Seaborg, R. James e A. Ghiorso (USA)
97 Berkélio (Bk)	${}_{95}^{241}\text{Am} (\alpha, 2n) \rightarrow {}_{97}^{243}\text{Bk}$	1949	S. Thompson, K. Street e colaboradores (USA)
98 Califórnio (Cf)	${}_{96}^{242}\text{Cm} (\alpha, n) \rightarrow {}_{98}^{245}\text{Cf}$	1950	S. Thompson, K. Street, G. Seaborg (USA)
99 Einstênio (Es)	${}_{92}^{238}\text{U} + 15n \longrightarrow {}_{92}^{253}\text{U} \xrightarrow{7\beta^-} {}_{99}^{253}\text{Es}$ (separado dos produtos de fissão)	1952	A. Ghiorso e colaboradores (USA)
100 Férmio (Fm)	${}_{92}^{238}\text{U} + 17n \longrightarrow {}_{92}^{255}\text{U} \xrightarrow{8\beta^-} {}_{100}^{255}\text{Fm}$ (separado dos produtos de fissão)	1953	A. Ghiorso e colaboradores (USA)
101 Mendelévio (Md)	${}_{99}^{253}\text{Es} (\alpha, n) \rightarrow {}_{101}^{256}\text{Md}$	1955	A. Ghiorso, B. Harvey e colaboradores (USA)
102 Nobélio (No)	Bombardeando ${}_{96}^{244}\text{Cm}$ com ions de ${}_{6}^{13}\text{C}$	1957	Swedish - English American Group
	Bombardeando o ${}_{94}^{239}, {}_{94}^{241}\text{Pu}$ com ions de ${}_{8}^{16}\text{O}$	1958	G. Flerov e colaboradores (URSS)
	Bombardeando o ${}_{96}^{246}\text{Cm}$ com ions de ${}_{6}^{12}\text{C}$	1958	A. Ghiorso e colaboradores (USA)
103 Laurêncio*** (Lw)	Bombardeando o ${}_{98}^{245}\text{Cf}$ com ions de ${}_{5}^{10}\text{B}$ e ${}_{5}^{11}\text{B}$	1961	A. Ghiorso e colaboradores (USA)
104 Rutherfordio***(Rf)	Bombardeando o ${}_{94}^{242}\text{Pu}$ com ions de ${}_{10}^{22}\text{Ne}$	1964	G. Flerov e colaboradores (URSS)
	Bombardeando ${}_{98}^{243}\text{Cf}$ com ions de ${}_{6}^{12}\text{C}$ e ${}_{6}^{13}\text{C}$	1969	A. Ghiorso e colaboradores (USA)
105 Hahnio	Bombardeando ${}_{95}^{243}\text{Am}$ com ions de ${}_{10}^{22}\text{Ne}$	1967	G. Flerov e colaboradores (URSS)

McMillan colocou uma fina camada de óxido de urânio numa folha de papel, e envolveu esta folha em outras folhas de papel justapostas, que se destinavam a coletar os possíveis fragmentos formados na fissão do urânio.

No decorrer dos trabalhos observaram que um produto radioativo diferente, havia se formado durante a reação, e que não sofreu recuo suficiente para escapar da fina camada de óxido de Urânio, como ocorria com os produtos normais de fissão.

Inicialmente, suspeitaram ser aquela nova espécie radioativa formada, consequência da captura de nêutrons pe-

lo isótopo mais abundante de urânio, que é relativamente não físsil, ou seja, o urânio-238. Baseados nas pesquisas químicas, demonstram tratar-se de um isótopo do elemento 93, batizado como netúncio-239, que era formado pela captura de um nêutron e subsequente decaimento beta, com uma meia-vida de 23,5 minutos:



As experiências de McMillan e Abelson foram realizadas utilizando um cíclotron de 60 polegadas existente no laboratório de Radiação Crocker, na Universidade da Califórnia, em Berkeley, que forneceu os nêutrons para o bombardeio do Urânio.

ESTABILIDADE DOS ELEMENTOS

É difícil prever o número de isótopos dos elementos transurânicos com meias-vidas suficientemente longas para permitir uma identificação química, pois pode ocorrer que alguns tenham decaimentos mais lentos, conferindo-lhes meias-vidas mais longas do que as previstas.

Supunha-se, de início, que os elementos muito pesados, a partir de um certo número atômico, sofreriam um colapso na estrutura eletrônica externa, vindo seus elétrons precipitar-se dentro do núcleo, devido ao excessivo acúmulo de cargas positivas neste núcleo.

No entanto, J.A. Wheeler mostrou ser falsa tal teoria, pois mesmo nos átomos mais pesados, os elétrons extranucleares comportam-se como de costume, devido ao tamanho finito do núcleo.

Após a descoberta dos primeiros transurânicos, mais de uma centena de isótopos, na região transurânica foram identificados. Estes núcleos, entretanto, são instáveis, pois são todos radioativos, decaindo através dos processos alfa e beta, e também por fissão espontânea.

Desde que as formas de instabilidade são independentes umas das outras, um determinado núcleo, pode desintegrar-se particularmente por qualquer um dos três processos, dependendo das respectivas taxas relativas de desintegração. Há uma mudança uniforme de elemento para elemento, do tipo característico de desintegração, possibilitando a previsão das propriedades radioativas dos isótopos de elementos ainda não descobertos.

DESINTEGRAÇÃO ALFA: Todos os elementos actínídeos deveriam ser instáveis ao decaimento alfa, no entanto, alguns decaem por emissões beta ou através de fissão espontânea, devido a ocorrência bem mais rápida destes processos.

Os núcleos chamados par-par, isto é, com números pares de prótons e de nêutrons, apresentam uma dependência regular das meias-vidas com relação as energias das partículas alfa. Já os nú-

cleos par-ímpar ou ímpar-par, ou ainda ímpar-ímpar sofrem um decaimento alfa com taxa muito mais lenta do que os anteriores, possibilitando meias-vidas mais longas para tais núcleos.

Normalmente os núcleos com radioatividade alfa situam-se na região acima do chumbo na Tabela Periódica. Porém, descobriu-se alguns, na maioria de origem sintética, sobretudo na região das terras raras que também decaem por partículas alfa. A explicação para possível inexistência do decaimento alfa, na região próxima do chumbo, deve-se a sua estrutura nuclear muito estável, apresentando todas as coroas nucleares fechadas, pois tanto seu número de prótons como o de nêutrons são "números mágicos".

DECAIMENTO BETA: Nem todos os núcleos pesados são instáveis diante do decaimento beta. Por exemplo, os isótopos do plutônio de número de massas 236, 238, 239, 240, 242 e 244 são todos beta estáveis.

As regularidades das energias de decaimento beta e as meias-vidas dos elementos pesados não guardam a mesma proporcionalidade que no decaimento alfa, tornado muito mais difícil as previsões para os isótopos ainda não observados.

FISSÃO ESPONTÂNEA: Quando nenhuma influência externa é necessária para estimular a reação de fissão, ela é dita espontânea.

Como no caso do decaimento alfa, a meia-vida do elemento, que decai por fissão espontânea, depende muito da carga e da massa do núcleo, sendo que, tal uniformidade possibilita novamente prever as propriedades radioativas de núcleos ainda não descobertos.

A fissão espontânea constitui, juntamente com o decaimento alfa, o fator limitante na produção de elementos cada vez mais pesados.

Novamente, os núcleos com núclídeos ímpares apresentam meias-vidas maiores do que os núcleos par-par. Sendo que, a taxa de decaimento é controlada pela barreira de potencial, que deve ser ultrapassada através da "tunelidade" ***, semelhante ao decaimento alfa.

Os núcleos pesados possuem uma instabilidade inerente, devida ao grande número de prótons que se repelem mutuamente no núcleo. Estas forças repulsivas devem ser balanceadas por forças

nucleares atrativas. Tais forças atrativas crescem quando os núcleons estão bem próximos uns dos outros, mas à medida que os núcleons são separados, isto é, quando se inicia o processo de fissão do núcleo em dois fragmentos, as forças atrativas decrescem, e as forças repulsivas passam a dominar.

A energia repulsiva dos prótons, dentro do núcleo, é proporcional ao fator $Z^2/A^{1/3}$, ao passo que a energia associada com as forças atrativas é proporcional à $A^{2/3}$. É de se esperar que uma alta taxa de fissão espontânea surja sempre que a barreira potencial for muito baixa, isto é, quando a relação entre a energia repulsiva e a energia associada é grande. Verifica-se, portanto, que a meia-vida do processo de fissão espontânea deve decrescer à medida que aumenta a relação:

$$\frac{Z^2}{A^{1/3}} ; A^{2/3} = \frac{Z^2}{A}$$

Este modo de decaimento compete favoravelmente com o decaimento alfa, a partir das proximidades do elemento 98. Do mesmo modo que no caso do decaimento alfa, os desvios serão maiores no caso dos elementos mais pesados, onde as diferenças entre forças atrativas grandes e forças repulsivas grandes, são pequenas. Nesta região, o comportamento de núcleons individuais tem um efeito grande nas meias-vidas do processo de fissão espontânea.

ESPECULAÇÕES FUTURAS

Com o elemento 104, nós damos entrada numa região relativamente inexplorada do sistema periódico.

Os elementos actínídeos caracterizados como uma série de transição interna, formados pelo preenchimento do subnível eletrônico 5f, ocupam os lugares desde o 90 até o 103. Já o elemento 104 e seguintes seriam homólogos do háfnio, tântalo, tungstênio, e assim por diante, até o 118, quando um novo gás nobre, homólogo ao radônio deverá surgir.

Seaborg, na tabela apresentada na figura n. 1, tabela esta que foi proposta por ele e sua equipe, em abril de 1969, no Simpósio realizado em Minneapolis, nos Estados Unidos, em comemoração do centenário do Sistema Periódico proposto por Mendeleev, sugere

a adição de uma nova série de transição interna de elementos, partindo com número atômico acima de 122 e estendendo-se até o número atômico 153.

O próprio Seaborg, batizou este grupo, como a série dos "superactínídeos", apesar de cada elemento desta nova série não corresponder, um a um, aos elementos das conhecidas séries, de lantanídeos e actínídeos, uma vez que ela é postulada para conter 32 elementos e não 14, como as anteriores.

Seguem, a esta possível série de transição dos superactínídeos, os elementos 154 e seguintes, até o 168, que são vistos como futuros homólogos dos elementos 104 ao 118, sendo o elemento 168 possivelmente um novo gás nobre.

Entretanto, deve-se salientar que cálculos recentes demonstram a enorme complexidade existente no preenchimento das camadas eletrônicas destes elementos super-pesados, sobretudo na faixa dos elementos 154 ao 164, tornando imprudente, segundo o próprio Seaborg, a colocação destes elementos na Tabela Periódica.

Por outro lado, sérios esforços experimentais estão sendo desenvolvidos para sintetizar novos elementos, sobretudo nas proximidades do elemento 114, e em diversos lugares pesquisas estão se efetuando com o fito de obter na própria natureza os elementos eka-platina-110 e o ekachumbo-114, pois recentes cálculos teóricos demonstram que estes elementos deverão possuir isotopos de meias-vidas relativamente elevadas.

NOTAS

- * Elemento de mesmo número atômico, porém de massa atômica diferente.
- ** Elemento de mesma massa atômica, podendo apresentar número atômico diferente.
- *** Os elementos, 103 e 104, foram batizados pelos russos como Joliotio e Kurcatóvio, respectivamente.
- **** Processo através do qual as partículas alfa escapam do núcleo atravessando a barreira de potencial existente no próprio núcleo.

BIBLIOGRAFIA

- GOL'DANSKII, V.I. — "The periodic system of D. I. Mendeleev and problems of nuclear chemistry". *J. Chem. Ed.*, 47, 1970.
- KARRAKER, D.G. — "Coordination of trivalent lanthanides ions". *J. Chem. Ed.*, 47, 1970.
- MARINOV et alii — "Evidence for the possible existence of superheavy element with atomic number 112". *Nature*, 229, 1971.
- — "Spontaneous fission previously observed in a mercury source". *Nature*, 234, 1971.
- MOELLER, Theral — "Periodicity and the lanthanides and actinides". *J. Chem. Ed.*, 47, 1970.
- SEABORG, Glenn T. — *Man-made transuranium elements*. New York, Prentice-Hall, s.d.
- — "Prospects for further considerable extension of periodic table". *J. Chem. Ed.*, 46, 1969.
- WAHL, A.C. & BONNER, N.A. — *Radioactivity applied to chemistry*. New York, John Wiley, s.d.