

POLÔNIO

Júlio Carlos Afonso

Recebido em 29/01/10, aceito em 29/09/10



Número atômico	Z = 84
Massa molar (isótopo mais estável)	M = 208,98 g/mol
Ponto de fusão:	Tf = 254 °C
Ponto de ebulição:	Te = 962 °C
Densidade:	9,398 g/cm ³ (forma beta); 9,496 g/cm ³ (forma alfa)

Numa comunicação à Academia de Ciências de Paris em abril de 1898, Marie Sklodowska Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906) citavam que dois minerais de urânio – a pechblenda (óxido de urânio) e a calcolita (fosfato de cobre e uranila) – eram mais radioativos que o próprio urânio. A calcolita sintética era menos radioativa do que o mineral natural. Eles supuseram que havia naqueles minerais um elemento mais radioativo do que o urânio. Ao processar a pechblenda, o casal Curie obteve duas frações radioativas. Uma delas continha bismuto e uma radioatividade 400 vezes maior que a do urânio. O casal Curie concluiu, com base nessa radioatividade, que havia ali um novo elemento. Marie Curie propôs o nome polônio, relativo à Polônia, sua terra natal (a outra fração radioativa levou à descoberta do rádio logo depois). Na época, a Polônia era partilhada entre os impérios russo, alemão e austro-húngaro. Embora não fosse novidade denominar elementos químicos com base em nomes de países, regiões ou cidades, a escolha de Marie Curie talvez espelhasse pela primeira vez uma controvérsia política, pois ela desejava com isso tornar público que seu país não era independente. O polônio foi o terceiro elemento radioativo identificado (depois do urânio e do tório) e foi um dos motivos que levou Marie Curie a receber o Prêmio Nobel de Química em 1911.

Existe aproximadamente 0,1 mg de polônio em equilíbrio com o urânio por tonelada de minério deste último. Isso torna difícil isolar o polônio a partir de fontes naturais, o que realça o trabalho empreendido pelo casal Curie para isolá-lo com os precários recursos que dispunham. Na natureza, há sete isótopos do polônio: ²¹⁶Po e ²¹²Po (série do decaimento do nuclídeo ²³²Th); ²¹⁵Po e ²¹¹Po (série do decaimento do nuclídeo ²³⁵U); e ²¹⁸Po, ²¹⁴Po e ²¹⁰Po (série do decaimento do nuclídeo ²³⁸U). Salvo o isótopo ²¹⁰Po ($t_{1/2} = 138,376$ dias), os demais têm meias-vidas muito curtas. Estima-se a abundância do polônio na crosta terrestre em 2×10^{-10} mg/kg (0,2 ng/t) e $1,5 \times 10^{-14}$ mg/L (15 fg/m³) na água do mar. O polônio aparece no ar, em partículas aerossóis, devido à desintegração do radônio e após a calcinação de rochas fosfáticas contendo urânio e tório. Todos os

isótopos desse elemento desintegram-se por emissão de partículas alfa, produzindo isótopos de chumbo (Z = 82). A energia dessas partículas alfa é muito elevada (4,9-5,3 MeV, milhões de *elétron-volt*, sendo um elétron-volt – $1,6 \times 10^{-19}$ J – a quantidade de energia cinética ganha por um elétron quando acelerado por uma diferença de potencial de 1 V no vácuo). Assim, 1 mg de ²¹⁰Po emite o mesmo número de partículas alfa que 5 g de rádio (²²⁶Ra) e gera 140 W (J/s). Um recipiente contendo 500 mg de ²¹⁰Po pode atingir temperaturas acima de 500 °C. A elevada energia das partículas alfa emitidas pelo polônio permite a identificação de diminutas quantidades desse elemento em uma amostra por meio de uma técnica denominada espectroscopia alfa.

O polônio é produzido artificialmente por bombardeio do isótopo ²⁰⁹Bi com nêutrons em um reator nuclear. Produz-se o isótopo ²¹⁰Bi ($t_{1/2} = 5$ dias), emissor beta, convertendo-se em ²¹⁰Po. Este é separado do bismuto por sublimação fracionada (o mesmo processo usado pelo casal Curie) e por deposição sobre uma superfície metálica, geralmente a prata. Este é o isótopo normalmente usado nos estudos com o elemento. Os isótopos ²⁰⁹Po ($t_{1/2} = 102$ anos) e ²⁰⁸Po ($t_{1/2} = 2,898$ anos), que não pertencem às séries naturais de decaimento radioativo, são os de meia-vida mais longa e são preparados mediante bombardeio de chumbo ou bismuto com partículas alfa, prótons ou dêutrons em reator nuclear ou acelerador de partículas (ciclotron), mas o custo de produção é muito elevado. A produção de polônio é da ordem de 100 g/ano e concentrada na Rússia.

O polônio elementar possui brilho metálico parecido com o do chumbo e possui duas formas alotrópicas: alfa (cúbica simples) e beta (romboédrica). A forma alfa é o único caso conhecido de substância simples que cristaliza com essa estrutura (os átomos ocupam apenas os vértices do cubo). Sua condutividade elétrica é comparável à de muitos metais. É mole o bastante para ser pulverizado com facilidade. Sob aquecimento no vácuo, o polônio sublima com facilidade. O vapor de polônio é composto de moléculas Po₂, similares ao oxigênio (O₂).

A química do polônio ilustra bem a variação das propriedades químicas dos elementos de cima para baixo em um grupo da Tabela Periódica. O polônio se dissolve em ácidos diluídos, inclusive não oxidantes, produzindo soluções contendo íons Po²⁺. Seu homólogo imediatamente acima

A seção "Elemento químico" traz informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade, destacando seu papel no contexto de nosso país.

no grupo 16 (calcogênios) da Tabela Periódica, o telúrio (Te), não é atacado por ácidos não oxidantes e não forma cátions simples. Os ácidos oxidantes concentrados levam o polônio ao número de oxidação +4, conhecido em solução na forma de Po^{4+} e PoO_3^{2-} (polonito). O polônio reage lentamente com soluções alcalinas, mesmo a quente. Ele se oxida lentamente ao ar e mais rapidamente a 250-300 °C, produzindo o óxido PoO_2 . Combina-se com os halogênios, produzindo haletos dos tipos PoX_2 , PoX_4 (X = F, Cl, Br, I) e ainda PoF_6 . A oxidação do polônio ao estado +6 é difícil. Além do PoF_6 , conhece-se o trióxido (PoO_3), forte agente oxidante: o potencial padrão para a reação $\text{PoO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PoO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 1,51 \text{ V}$. Existe também a possibilidade de o polônio adquirir a configuração do gás nobre radônio. Os potenciais das reações $\text{Po} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Po}^{2-}$ ($E^\circ = -1,4 \text{ V}$) e $\text{Po} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PoH}_2$ ($E^\circ = -1,0 \text{ V}$) indicam que o íon poloneto é um poderoso agente redutor, bem mais do que o íon telureto (H_2Te ou Te^{2-}). Os polonetos são preparados mediante aquecimento de polônio com um metal a 200-400 °C. O hidreto PoH_2 é um líquido muito volátil ($T_f = -36,1 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_e = 35,3 \text{ }^\circ\text{C}$), sendo de difícil preparação e decompõe-se com extrema facilidade em seus elementos ou via oxidação pelo oxigênio atmosférico.

É muito difícil manipular compostos de ^{210}Po , mesmo em escala de micrograma, devido à intensa radiação alfa e à temperatura a que chega o recipiente que o contém. Por isso, equipamentos e meios de proteção especiais são adotados nos trabalhos com esse isótopo. Há pouco risco quando o polônio está fora do corpo, pois as partículas alfa têm pouco poder de penetração (inclusive pela epiderme). Todavia, sua introdução no organismo se constitui num problema extremamente grave de saúde. Calcula-se que 50 a 90% do polônio ingerido é eliminado pelas fezes, ficando o restante acumulado principalmente nos rins (60%), fígado, baço e medula óssea. A meia-vida do polônio no organismo humano é de cerca de 50 dias. O polônio inalado ou produzido no decaimento do radônio concentra-se nos pulmões, levando ao câncer pulmonar com o tempo. A quantidade máxima admitida para ingestão de ^{210}Po é 1.100 Bq (Bq = becquerel, uma desintegração por segundo), equivalente a uma massa de 6,8 pg ($6,8 \times 10^{-12} \text{ g}$). Em locais de trabalho, a concentração máxima admitida de ^{210}Po no ar é 10 Bq/m³. O polônio é muito mais tóxico que o HCN (cianeto de hidrogênio). O assassinato, em novembro de 2006 em Londres, do dissidente russo Alexander Litvinenko, ex-espião da KGB (polícia secreta russa), foi devido ao envenenamento por ^{210}Po . Suspeita-se que a filha do casal Curie, Irène Joliot-Curie (1897-1956), morreu devido ao polônio. Dez anos antes de sua morte (leucemia), uma cápsula contendo polônio explodiu numa bancada de seu laboratório, expondo-a ao elemento.

A ocorrência de polônio nas faunas e floras terrestre e marinha vem sendo estudada há mais de 30 anos. É nesse contexto que se inserem os trabalhos feitos no Brasil envolvendo esse elemento. Sua presença na biosfera desperta interesse pela possibilidade de bioacumulação em espécies vegetais e animais. Suspeita-se que certos microorganismos podem metilar o polônio, como no caso do selênio, telúrio



Figura 1: O casal Marie e Pierre Curie, descobridores do polônio.

e mercúrio, produzindo compostos organometálicos. Ele é absorvido da água por algas marinhas. Nos vegetais (como o fumo), o polônio pode provir do ar (decaimento do radônio) ou da absorção pelas raízes, concentrando-se principalmente nas folhas mais novas. A presença de polônio em cigarros é bem conhecida desde o início dos anos 1960. Estudos demonstraram que mais de 70% do polônio presente no cigarro vai para o tecido pulmonar. Não é por acaso que se observa uma maior quantidade desse elemento nos pulmões de fumantes em relação aos não fumantes, sendo apontado como uma das causas de câncer pulmonar nos primeiros.

O isótopo ^{210}Po é empregado para eliminação de eletricidade estática em equipamentos da indústria na fabricação de papel, filmes plásticos e fibras sintéticas. Por meio da liberação das partículas alfa do polônio, o ar é ionizado e este neutraliza a eletricidade estática presente nas superfícies em contato com ele. Esse mesmo isótopo (impregnado em um pincel) serve para remoção de poeiras aderidas em filmes fotográficos e lentes de câmeras e tem potencial aplicação como fonte de calor para dispositivos termoelétricos em aplicações espaciais (como satélites artificiais).

Júlio Carlos Afonso (julio@iq.ufrj.br), graduado em Química e Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pelo IRC/CNRS (França), é professor associado do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Referências

- BAGNALL, K.W. The chemistry of polonium. In: EMELÉUS, H.J.; SHARPE, A.G. (Eds.). *Advances in inorganic chemistry and radiochemistry*. v. 4. Nova Iorque: Academic Press, 1962. p. 197-229.
- FERNELIUS, W.C. Polonium. *Journal of Chemical Education*, 1982, n. 59, p. 741-742.
- LANGE, R.C. *The chemistry of selenium, tellurium and polonium*. Nova Iorque: Elsevier, 1966.
- KHATER, A.E.M. Polonium 210. Budget in cigarettes. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2004, n. 71, p. 33-41.
- POLONIUM. Argonne National Laboratory, Human Health Fact Sheet. August 2005. Disponível em: <http://www.evsnl.gov/pub/doc/polonium.pdf>. Acessado em: ago. 2010.