



SEARA DA CIÊNCIA

CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Efeito Meitner-Auger.

Em verbete desta série, vimos que o físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922), em 1913, propôs o **modelo atômico** segundo o qual o átomo é constituído pelo núcleo Rutherfordiano, envolvido por elétrons girando em órbitas circulares, com energias quantizadas, dadas [em elétrons-volts (eV)] por: $E_n = -(13,6/n^2) \text{ eV}$, com $n=1,2,3,\dots$. Ainda segundo esse modelo, a diferença entre dois desses níveis de energia era dada pelo **quantum de energia Planckiano**: $E_n - E_m = h \nu_{nm}$. Desse modo, um elétron poderia ir de um nível de energia mais baixo para um mais alto (excitação), recebendo esse quantum de energia, ou devolver esse mesmo quantum quando voltasse do estado mais alto para o mais baixo (desexcitação). Esses níveis de energia receberam a denominação de camadas ("shells"): **K, L, M, ...**, com as respectivas energias: E_K, E_L, E_M, \dots . Registre-se que essa notação foi introduzida pelo físico inglês Sir Charles Glover Barkla (1877-1944; PNF, 1917), em 1911 (vide verbete nesta série).

Por outro lado, um átomo pode ser ionizado (perder um elétron) ao receber um quantum de luz de energia $h\nu$ maior que a energia de ligação desse elétron em uma dada camada. Este é, em geral, denominado efeito fotoelétrico (vide verbete nesta série), um caso particular quando o elétron é arrancado das camadas mais externas do átomo. Contudo, pode também haver esse efeito para camadas mais internas do átomo, quando este é espalhado com raios-X (vide verbete nesta série). Desse modo, fala-se nos *fotoelétrons* **K, L, M** ... ionizados, respectivamente, das camadas **K, L, M** ...

A ionização referida acima é acompanhada, também, da emissão de raios-X. Esse processo, conhecido como **fluorescência de raios-X**, em analogia com a fluorescência óptica, é traduzido pelo **rendimento de fluorescência** r , cujo valor é calculado por: $r = (n_x/n_e)$, onde n_x e n_e representam, respectivamente, o número de quanta-X emitidos e o número de **fotoelétrons**.

Diversos métodos para medir esse rendimento têm sido utilizados, sendo um deles a **câmara de Wilson** (vide verbete nesta série). Para maiores detalhes sobre essa fluorescência, ver os textos: Robert Benjamin Leighton, **Principles of Modern Physics** (McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959); Marcel Rouault, **Física Atômica** (Ao Livro Técnico Ltda., 1959); F. K. Richtmyer, E. H. Kennard e John N. Cooper, **Introduction to Modern Physics** (McGraw-Hill Book Company, Inc., 1969); Edouard Chpolski, **Physique Atomique, Tome II** (Éditions Mir, Moscou, 1978).

Na primeira metade da década de 1920, alguns pesquisadores perceberam um fenômeno novo ao medirem a energia dos **fotoelétrons**. Por exemplo, o físico francês Louis-César-Victor Maurice, Duque de Broglie (1875-1960), em suas experiências com os **fotoelétrons** arrancados da camada **K** de prata (Ag) ao receber um feixe raios-X [oriundo do tungstênio (ou wolfrâmio W_K)], percebeu que havia traços de **fotoelétrons** arrancados das camadas **L** e **M** da prata utilizada. É oportuno relatar que as experiências realizadas sobre **fluorescência-X** por Maurice de Broglie foram registradas no livro **Les Rayons**, publicado em 1922, em Paris. É ainda oportuno observar que, em 1909, o físico inglês Charles Albert Sadler (1878-1955), um dos colaboradores de Barkla, já havia registrado esse fenômeno. (Richtmyer, Kennard e Cooper, op. cit.)

Esse novo fenômeno ficava mais evidente quando observado na câmara de Wilson, pois os **fotoelétrons** são visíveis quando esse dispositivo é atravessado por um feixe de raios-X. Eles se

originam sobre o trajeto desses raios. Contudo, em 1923, o próprio Wilson (Rouault, op. cit.) e a física austríaca Lise Meitner (1878-1968) (*Zeitschrift für Physik* 17, p. 54) observaram que havia um pequeno entumescimento na origem dessas trajetórias. Essa mesma observação foi registrada pelo físico francês Pierre Victor Auger (1899-1993), em 1925 (*Le Journal de Physique et le Radium* 6, p. 205; *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* 180, p. 65). Com efeito, usando a câmara de Wilson, Auger estudou a ejeção de *fotoelétrons*, por parte do argônio (**A**), um dos gases componentes desse dispositivo, quando este era atravessado por raios-X. Ele percebeu que 90% dos longos traços dos *fotoelétrons* era acompanhado de um traço curto. Para estudar com mais detalhes esse fenômeno, Auger diluiu o argônio com hidrogênio (**H**) para aumentar o que hoje se denomina de *traços de Auger*. Ele observou, então, que esse "traço" tem a mesma origem do *fotoelétron* e cujo comprimento independe da direção dessa mesma partícula, bem como da frequência dos raios-X utilizados. (Rouault, op. cit.; Richtmyer, Kennard e Cooper, op. cit.)

Para interpretar esse fenômeno, Auger apresentou a seguinte explicação. O átomo de argônio ionizado na camada **K** sofre uma redistribuição na qual um dos elétrons da camada **L** ocupa o lugar vago da **K**. No entanto, a energia liberada, $E_K - E_L$, não é emitida na forma de radiação-X, como no caso da *fluorescência-X*, mas provoca uma ionização na camada **L**. Portanto, se E_L é a energia desta segunda ionização (ou auto-ionização), suposta igual à primeira, a energia cinética **K**, comunicada ao *elétron Auger*, será dada por: $K = (E_K - E_L) - E_L = E_K - 2E_L$, que apenas depende do átomo emissor. Registre-se que pode haver novas redistribuições de elétrons sem emissão de radiação. É oportuno destacar que, como Meitner já havia apresentado, em 1923, no trabalho referido acima, uma explicação análoga a essa de Auger, esse efeito também passou a ser conhecido como efeito Meitner-Auger. Para maiores detalhes sobre os trabalhos de Meitner relacionados com esse efeito, ver: Ruth Lewin Sime, *Lise Meitner: A Life in Physics* (University of California Press, 1996).



ANTERIOR

SEGUINTE