

Fluorescência e Estrutura Atômica: Experimentos Simples para Abordar o Tema



Ana Luiza Petillo Nery e Carmen Fernandez

O fenômeno da luminescência é visualmente atraente e desperta a curiosidade das pessoas de todas as idades. Trata-se da emissão de luz resultante de um processo de excitação eletrônica, que pode ocorrer na forma de fluorescência (onde a emissão de luz cessa quando a fonte de energia é desligada) ou como fosforescência (que pode durar horas mesmo depois de desligada a fonte de luz). Neste artigo propomos a utilização do fenômeno de fluorescência como estratégia de ensino para desenvolvimento do tema estrutura atômica; mais especificamente, do modelo atômico de Bohr. O fenômeno da fluorescência pode ser facilmente demonstrado através da utilização de materiais acessíveis como água tônica, espinafre ou hortelã, vitamina B2, sabões em pó e casca de ovo marrom.

► fluorescência, estrutura atômica, modelo de Bohr ◀

Recebido em 4/8/03, aceito em 13/4/04

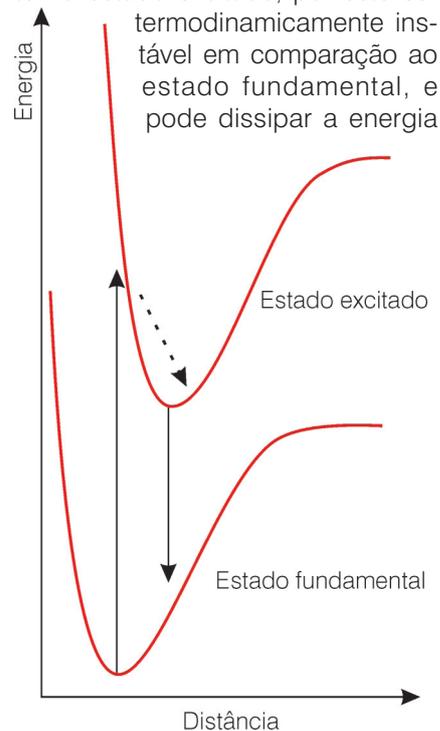
O tópico “Estrutura Atômica” é de difícil abordagem em sala de aula, por exigir um alto nível de abstração dos alunos, sendo, muitas vezes, apresentado precocemente nos cursos de Química do Ensino Médio. Por outro lado, é um tema de extrema importância, por ser básico nas explicações de todos os fenômenos químicos. Uma dificuldade extra na compreensão desses conceitos é a raridade de experimentos nesse tema, o que torna o assunto ainda mais inacessível e, não raro, sem significado para os alunos. Um bom panorama desse tema pode ser obtido com a leitura dos artigos de Santos (2001), Almeida e Santos (2001), Duarte (2001), Oliveira (2001) e Rocha (2001), todos publicados no *Caderno Temático* sobre estrutura da matéria.

No modelo de Bohr, a idéia central é a quantização que estabelece que os elétrons nos átomos podem apresentar somente certos valores definidos de energia. Isto implica que, no estado fundamental os elétrons dos átomos de um determinado elemento possuem valores de energia característicos, relacionados às órbitas às quais pertencem. Para que ocorra uma transição eletrônica, isto é, para que os elétrons passem de um estado funda-

mental para um estado excitado, de maior energia, eles precisam absorver uma quantidade de energia certa, correspondente à diferença entre os níveis de energia inicial e final. Por outro lado, ao retornar às órbitas de menor energia os elétrons podem emitir a energia correspondente na forma de radiação eletromagnética - luz de determinada frequência, isto é, monocromática (Tolentino e Rocha-Filho, 1996). No caso de certas substâncias, a excitação dos elétrons de suas moléculas pode produzir emissão de luz por fluorescência ou por fosforescência, conforme discutiremos na seqüência.

Neste artigo, propomos a utilização de substâncias fluorescentes para abordagem do tema estrutura atômica. Luminescência é o nome do fenômeno mais genérico que engloba a fluorescência e a fosforescência. A luminescência é definida como a emissão de luz na faixa do visível (400-700 nm) do espectro eletromagnético como resultado de uma transição eletrônica. O primeiro passo de um processo fotoquímico ou fotofísico envolve a absorção de um quanta de luz (fóton) por uma molécula e, conseqüentemente, a produção de um estado eletronicamente excitado (vide esquema ao lado). Isto significa dizer que a molécula absor-

veu uma quantidade discreta de energia, suficiente para promover um elétron de um nível inferior para um nível superior de energia. A energia do fóton deve coincidir com aquela correspondente à transição eletrônica. Diz-se que a molécula foi do estado fundamental para o excitado. A molécula não pode permanecer indefinidamente no estado excitado, por este ser



absorvida através dos processos descritos a seguir.

Fluorescência - emissão de um fóton de luz e retorno ao estado fundamental.

Fosforescência - o elétron excitado decai para um nível intermediário de energia a partir do qual ocorre emissão de radiação ao retornar ao estado fundamental. Neste caso também pode ocorrer uma desativação térmica.

Transição vibracional ou não radiativa - a molécula retorna ao estado fundamental emitindo energia térmica através de uma série de transições vibracionais.

Reação fotoquímica - a molécula sofre algum tipo de reação no estado eletronicamente excitado.

Tanto no fenômeno da fluorescência como no de fosforescência, a energia da radiação emitida é normalmente menor (comprimento de onda maior) do que aquela utilizada para gerar o estado eletronicamente excitado. Isto porque a emissão sempre ocorre a partir do estado excitado de menor energia. Assim, se a molécula absorver um fóton de luz suficiente para promover um elétron a um nível eletrônico, cuja energia seja superior à do primeiro estado excitado, a molécula dissipará parte da energia absorvida vibracionalmente, retornando ao primeiro estado excitado e, a partir dele, ocorrerá a emissão de energia. Para que possamos entender, em termos energéticos, como selecionamos a fonte de luz adequada, precisamos recorrer a alguns conceitos físicos.

A energia da radiação eletromagnética pode ser calculada através da equação de Planck: $E = hc/\lambda$ (h = constante de Planck, c = velocidade da luz no vácuo, λ = comprimento de onda), também expressa em termos de frequência (ν): $E = h\nu$. A energia da radiação eletromagnética depende apenas de sua frequência: quanto maior, menor o comprimento de onda e maior a energia. A luz visível compreende uma faixa de comprimento de onda que abrange de 400 nm a 700 nm; já a radiação infravermelha (IV), invisível, cai em comprimentos de onda mais longos (700 nm

a 200.000 nm); a ultravioleta (UV), do lado oposto do espectro, cai entre 10 nm e 400 nm. De acordo com suas propriedades físicas e efeitos biológicos, parte da radiação UV é dividida em três sub-regiões: UV-A (320-400 nm), UV-B (290-320 nm) e UV-C (200-290 nm). Dentre elas, a radiação UV-A, também chamada de ultravioleta próximo, é a menos nociva, sendo que fontes suas podem ser adquiridas comercialmente com o nome de luz negra. A radiação UV-B é a responsável pelo câncer de pele e a UV-C não chega a atingir a superfície terrestre (Costa e Silva, 1995). Assim, para que uma dada emissão de luz seja observada a olho nu, a excitação eletrônica deve ocorrer em uma faixa de comprimento de onda próximo ou superior ao da região do UV. A coloração da luz emitida depende da variação de energia envolvida na transição eletrônica; assim, uma emissão avermelhada deverá ocorrer em uma faixa de energia associada a comprimentos de onda próximos de 700 nm.

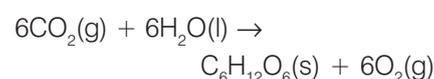
Na fluorescência, os elétrons excitados retornam instantaneamente ao estado fundamental emitindo luz. Neste caso, tanto o estado excitado quanto o fundamental possuem a mesma multiplicidade de *spin*. Os vegetais verdes, a água tônica, a vitamina B2, a casca dos ovos marrons e até mesmo os sabões em pó têm em comum o fato de possuírem compostos fluorescentes em sua composição. Já os mostradores de relógios e enfeites de quartos exibem o fenômeno da fosforescência. Na fosforescência, a multiplicidade de *spin* do estado excitado é diferente da do estado fundamental. Para retornar ao estado fundamental deve ocorrer um processo de inversão de *spin*; por isso o processo de fosforescência ocorre em intervalos de tempo superiores. De uma forma bastante simplificada, pode-se distinguir os fenômenos com relação ao tempo de emissão de radiação: enquanto na fluorescência a emissão é instantânea e cessa quando a fonte de energia é desligada, na fosforescência esta pode durar horas, depois de desligada a fonte de excitação.

Materiais necessários

- Acetato de etila (ou removedor de esmaltes, mistura de acetona e acetato de etila, entre outros componentes. Em geral as diferentes composições disponíveis no mercado apresentam resultados satisfatórios)
- Ácido clorídrico 10% (ácido muriático, adquirido em lojas de materiais de construção). **Cuidado:** corrosivo, deve ser manuseado com cuidado. Em contato com a pele, lavar com água corrente
- Água tônica
- Ovo de galinha de casca marrom
- Folhas de vegetais verdes (hortelã ou espinafre)
- Comprimido de vitaminas do complexo B
- Almofariz e pistilo (ou amassador para caipirinha e copo)
- Filtro de papel (pode ser o utilizado para café)
- Béqueres de 250 mL (ou copos de vidro)
- Fonte de excitação UVA: lâmpada de luz negra de 28 W, adquirida em lojas de iluminação, ou através da Internet. Custam em torno de R\$ 40,00 (dado coletado em janeiro de 2004). Material necessário para montagem do dispositivo inclui a lâmpada, soquete, fios de cobre e um interruptor. O dispositivo pode ser montado dentro de uma caixa de madeira com abertura frontal, que permite observação da emissão de luz. Evite olhar diretamente para a lâmpada, pois a radiação pode causar danos à retina.

Emissão de fluorescência da clorofila

A clorofila é um pigmento natural encontrado em folhas de vegetais verdes. É esse pigmento que absorve energia luminosa do sol para a fotossíntese, energia esta utilizada pela planta para a síntese de glicose a partir de dióxido de carbono e água:



Procedimento

Triture as folhas verdes usando o almofariz e o pistilo. Adicione a seguir o acetato de etila. Então, filtre a solução num copo. Em uma sala escura ilumine o filtrado com a luz negra e observe emissão vermelha (Figura 1).

Atenção: a fluorescência é melhor observada em soluções diluídas.

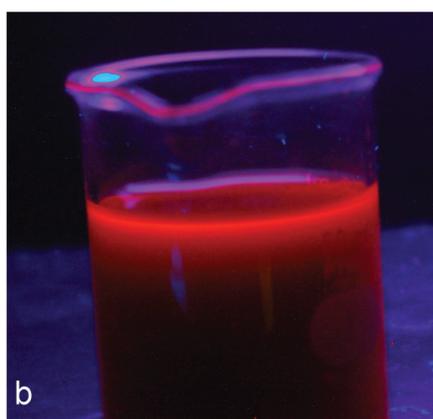


Figura 1: Extrato de folhas verdes em acetato de etila, na ausência (a) e na presença (b) de radiação UV, quando apresenta fluorescência.

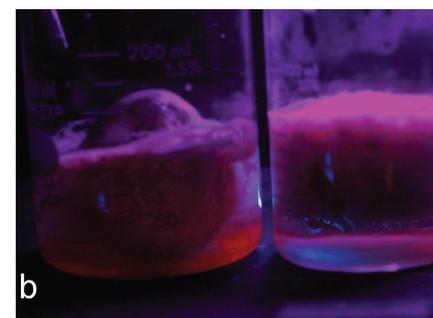
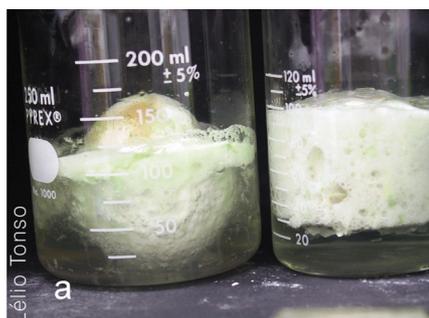


Figura 2: Solução aquosa de protoporfirina IX, obtida a partir de casca de ovo marrom, na ausência (a) e na presença (b) de radiação UV, quando apresenta fluorescência.

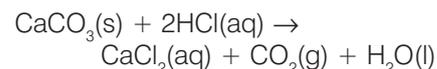


Figura 3: Água tônica, que contém o íon quinino, na ausência (a) e na presença (b) de radiação UV, quando apresenta fluorescência.

Emissão de fluorescência da casca de ovo marrom

A cor marrom da casca do ovo deve-se à presença da protoporfirina IX, um intermediário da síntese do grupo heme do sangue, responsável pelo transporte de oxigênio. Quando adicionamos ácido clorídrico sobre a casca do ovo, que é constituída de

carbonato de cálcio (CaCO_3), ocorre a seguinte reação química:



À medida que a casca do ovo é dissolvida, a protoporfirina IX é liberada para a solução e, sob luz UV-A, a emissão de fluorescência aumenta gradativamente, disseminando pela solução uma tonalidade púrpura intensa (Figura 2).

Procedimento

Em uma sala escura ilumine diretamente a casca de um ovo marrom com a luz UV-A. Após, quebre o ovo, lave as cascas e transfira-as para um béquer contendo aproximadamente 50 mL de acetato de etila. Ilumine novamente com a luz UV-A. Adicione aproximadamente 15 mL de solução de ácido clorídrico 10%. Observe. Após a dissolução da casca do ovo, ilumine o béquer novamente e observe.

Emissão de fluorescência da água tônica

O ingrediente ativo da água tônica, que lhe confere o sabor amargo, é a quinina, um alcalóide fluorescente acrescentado à bebida sob a forma de sulfato de quinino.

Procedimento

Numa sala escura, ilumine com a lâmpada UV-A uma amostra de água tônica e observe a emissão azul (Figura 3).

Emissão de fluorescência da vitamina B2

A riboflavina (vitamina B2) é encontrada em vários alimentos, entre eles leite e ovos, e emite fluorescência esverdeada.

Procedimento

Triture um comprimido de complexo B, dissolva-o em água e ilumine a mistura com a lâmpada UV-A (Figura 4).

Comentários

A introdução ao tema “Estrutura Atômica” é sempre uma transição difícil para o estudante, acostumado a observar fenômenos experimentais

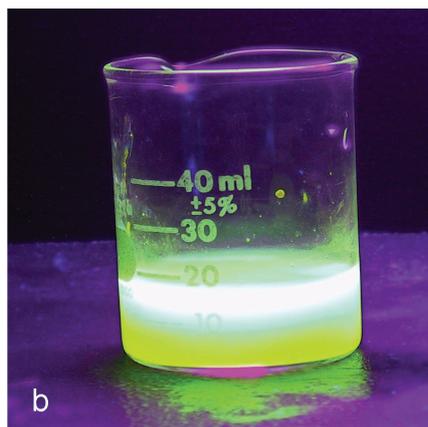
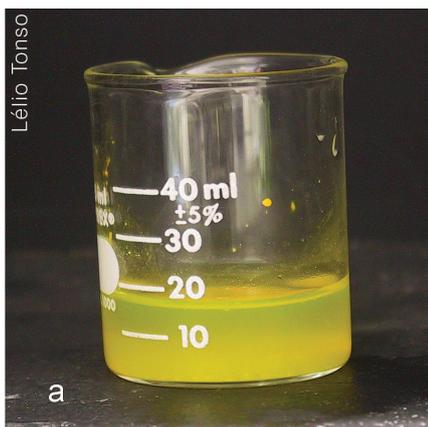


Figura 4: Solução aquosa de vitaminas do complexo B, na ausência (a) e na presença (b) de radiação UV, quando apresenta fluorescência.

da Química até então. Considerando-se um programa tradicional de ensino, esse tópico costuma ser abordado na 1ª série do Ensino Médio, atingindo um aluno, via de regra, muito imaturo e com sérias dificuldades de raciocínio abstrato. Por outro lado, os materiais de apoio tradicionais não apresentam ao professor estratégias de ensino que venham auxiliá-lo no desenvolvimento do tema de forma eficaz dentro do espaço da sala de aula, incentivando a participação e motivação dos alunos.

Considerando a fluorescência um fenômeno atraente e rotineiramente

presente na vida dos estudantes, espera-se que os experimentos propostos provoquem discussões em sala de aula, que venham a facilitar a mediação do professor, tornando a estrutura da matéria um tópico mais compreensível e significativo. Os experimentos fornecem ao professor também uma possibilidade de trabalhar de forma interdisciplinar com a disciplina de Física, uma vez que os conceitos abordados permitem extensas discussões em ambas as áreas.

Questões para discussão

1. Por que, sob a luz negra das

discotecas (luz UV-A), as roupas brancas parecem brilhar com uma tonalidade azulada?

2. Compare os experimentos realizados com a emissão de luz observada em interruptores elétricos e enfeites de parede.

3. Por que a Ciência necessita de modelos para explicar os fenômenos?

4. Os modelos atômicos de Dalton e Thomson podem explicar o fenômeno da luminescência? Explique.

5. Quais evidências experimentais não podiam ser explicadas com os modelos atômicos anteriores ao de Bohr?

6. Em que medida o modelo de Bohr explica a luminescência?

Agradecimentos

Agradecemos a Lélío Tonso pela realização das fotos deste artigo.

Ana Luiza Petillo Nery (ananery@estadao.com.br), licenciada e bacharel em Química, doutora em Ciências (Química Orgânica) pela USP, é professora da Escola Vera Cruz, na cidade de São Paulo. **Carmen Fernandez** (carmen@iq.usp.br), licenciada e bacharel em Química, mestre e doutora em Ciências (Química Orgânica) pela USP, é professora do Instituto de Química da USP.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, W.B. Introdução à estrutura da matéria. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 3, 2001.

ALMEIDA, W.B. e SANTOS, H.F. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 6-13, 2001.

COSTA, M. L. e SILVA, R. R. da. Ataque à pele. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 3-7, 1995.

DUARTE, H.A. Ligações químicas: ligação iônica, covalente e metálica. Em:

Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 14-23, 2001.

OLIVEIRA, L.F.C. Espectroscopia molecular. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 24-30, 2001.

ROCHA, W.R. Interações intermoleculares. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 31-36, 2001.

SANTOS, H.F. O conceito da modelagem molecular. Em: Amaral, L.O.F. e Almeida, W.B. de (Eds.). *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (Estrutura da Matéria: Uma Visão Molecular)*, n. 4, p. 4-5, 2001.

TOLENTINO, M. e ROCHA-FILHO, R.C. O átomo e a tecnologia. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 4-7, 1996.

Para saber mais

AS DESCONHECIDAS aplicações da luminescência. *Ciência Hoje*, v. 31, n. 185, p. 2, 2002.

ATKINS, P.W. *Physical Chemistry*. 5ª ed. Oxford: Oxford University Press, 1994. cap. 17: Spectroscopy 2: electronic transitions.

GOUVEIA-MATOS, J.A. Mudança nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 6-10, 1999.

STRATHERN, P. *Bohr e a teoria quântica em 90 minutos*. Trad. M.H. Geordane. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.

Abstract: Fluorescence and Atomic Structure: Simple Experiments to Treat the Theme – The phenomenon of luminescence is visually attractive and arouses of people of all ages. That is the emission of light resulting from an electronic excitation process, which can occur in the form of fluorescence (where light emission ceases when the energy supply is turned off) or as phosphorescence (which can last for hours even after the energy supply was turned off). In this paper, the use of the fluorescence phenomenon as a strategy for teaching the theme atomic structure is proposed, more specifically, Bohr's atomic model. The fluorescence phenomenon can be easily demonstrated through the use easily accessible materials such as tonic water, spinach or mint, vitamin B2, powder soap and brown eggshell.

Keywords: fluorescence, atomic structure, Bohr's model