

Figura 1 – Representação do Bico de Bunsen [1].

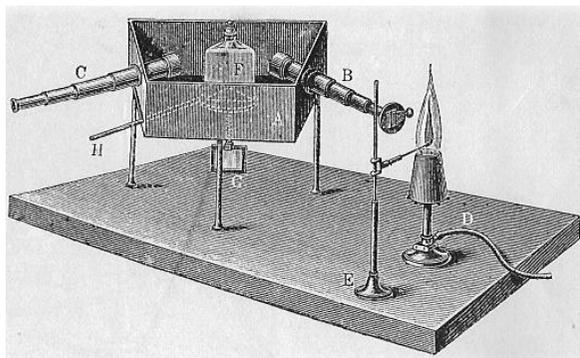


Figura 2 – O espectrógrafo de Bunsen-Kirchhoff [2]

### O dia internacional da mulher

O dia 8 de março foi escolhido pelas Nações Unidas como o dia internacional da mulher em referência à greve de mulheres russas no prenúncio da revolução de 1917. Atualmente, cerca de setenta nações adotam esta data, incluindo o Brasil. Na área de física, o Conselho da SBF criou em 2003 a Comissão de Relações e Gênero (CRG-SBF), que tem como atribuição “a identificação e a busca de soluções a obstáculos para que as atividades em física sejam conduzidas independentemente de gênero e etnia. Essas dificuldades, que contam como exemplo clássico o número reduzido de mulheres atuando na área de física, são usualmente atributos da discriminação e do desconhecimento”. Neste sentido, a CRG-SBF vem promovendo um conjunto de ações de interesse a todos. Vale destacar:

1) A CRG enviou uma solicitação ao CNPq e à Capes para estenderem a licença maternidade, já existente para as bolsistas de doutorado, às diversas modalidades de bolsa. Como resposta a esta demanda, o CNPq incluiu na bolsa de produtividade em pesquisa uma ano adicional de bolsa para as bolsistas no ano em que tiverem um filho ou uma filha

2) Está em elaboração o livro *Mulheres na Física*, com destaque ao papel de mulheres físicas pioneiras no Brasil, assim como para os achados fundamentais para a física contemporânea de outras mulheres na história universal.

3) *I Conferência Brasileira de Mulheres na Física*: dias 3 e 4 de Junho, no CBPF-Rio

Mais informações: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br)

### Expediente

**Editor:** Ademir E. Santana, **Editores de Redação:** Adriana Ibaldo, Clovis Maia **Editores Associados:** Amílcar Queiroz, Antony Polito, Marco Amato, Sebastião William **Diagramação:** Denise Ribeiro **Colaboração:** Maria de Fátima Verdeaux e Vanessa Andrade **Diretor do IF:** Geraldo Magela **Vice-diretor do IF:** Geraldo Silva **Coordenação de Graduação:** Olavo L. Silva & José Eduardo Martins **Coordenação de Extensão:** Deise Amaro Agrello **Coordenação de Pós-Graduação:** Demétrio Filho **Diretor do Centro Internacional de Física da Matéria Condensada:** Tarcísio Marciano da Rocha Filho **Boletim da Física:** Instituto de Física, Universidade de Brasília, 70910-900, Brasília DF, **Edição online:** [www.boletimdafisica.com](http://www.boletimdafisica.com) **Contatos:** [boletimdafisica@gmail.com](mailto:boletimdafisica@gmail.com) Tel: (61) 3307-2900.



# Boletim da Física

Informativo do Instituto de Física

Universidade de Brasília

Ano II, Número 2, março de 2013

## MNPEF: nota 4 na CAPES

Boas novas: O Mestrado Nacional Profissionalizante em Ensino de Física foi aprovado pela CAPES e recebeu, com excepcionalidade, nota 4. O Instituto de Física da UnB participa como um dos 21 polos com 9 docentes permanentes e 7 colaboradores. Na região Centro-Oeste os outros pólos são: UFG-Catalão e UFMT-Barra do Garça. A Comissão de Pós-Graduação – SBF é composta dos seguintes professores: Marco Antônio Moreira (UFRGS) (Coordenador), Eliane A. Veit (UFRGS), Iramaia Jorge Cabral (UFMT), Laércio Ferracioli (UFES), Olival Freire Júnior (UFBA), Silvania Nascimento (UFMG). A nota da CAPES é por certo um reconhecimento da notoriedade e importância do Projeto.

No IF-UnB, a liderança do Programa está a cargo da Professora Maria de Fátima Verdeaux (Coordenadora) e José Joaquim Neto (Vice-Coodenador); o processo agora tramita para a aprovação definitiva pela CPP. O Programa deve então iniciar suas atividades no segundo semestre de 2013.

### Ensaio

## O bico de Bunsen e a introdução da Análise Espectroscópica

Adriana Pereira Ibaldo,  
professora do IF/UnB

Boa parte das grandes descobertas e invenções apresenta uma história interessante e curiosa por trás – seja devido ao trabalho árduo de anos a fio realizado por diversos cientistas, seja por meio de descobertas acidentais, completamente inesperadas. Existe uma invenção em particular que deixou sua marca indelével por permitir o estabelecimento de uma ferramenta de investigação experimental de materiais e fenômenos físico-químicos, a Espectroscopia. A Espectroscopia consiste em um conjunto de técnicas experimentais baseadas na interação da energia radiante com a matéria. Em 1860, Robert Bunsen (1811–1899) e Gustav Kirchhoff (1824–1887), no qual descrevem o primeiro espectrógrafo, que consistiu em “um prisma, uma caixa de cigarros, duas objetivas de telescópios velhos e um bico de Bunsen”. O bico de Bunsen, esta invenção genial e elegante, consiste em um aparato muitas vezes injustamente atribuído como material secundário e restrito aos laboratórios de Química. Mas como seu projeto trouxe inovação? Como um aparato tão simples e prosaico nos dias de hoje levou à proposição de uma das técnicas experimentais mais utilizadas por todo o mundo?

Originalmente a Espectroscopia definia a interação entre luz e matéria. A introdução da palavra espectro foi feita por Isaac Newton (1642-1727) em 1655, quando demonstrou que, ao fazer a luz do Sol passar por um prisma, esta pode ser dispersa em um espectro de sete cores, que hoje conhecemos como a região visível do espectro eletromagnético. Quase dois séculos depois, já no século XIX, em 1800 W. Herschel (1738-1822) e em 1801 J. W. Ritter (1776-1810) mostraram que o espectro solar se estendia para regiões no infravermelho e no ultravioleta, respectivamente. Thomas Young

(1733-1829), em seus experimentos de interferência (1801), pôs argumentos a favor da luz apresentando caráter ondulatório. Em 1802, W. H. Wollaston (1766–1828) observou que, ao passar a luz solar primeiramente por uma fenda e depois por um prisma, o espectro solar apresentava linhas negras em meio ao espectro colorido contínuo, que ele atribuiu erroneamente aos limites das cores do espectro solar. Anos depois, em 1814, um dos melhores fabricantes mundiais de vidros especiais para Óptica chamado J. von Fraunhofer (1787–1826) redescobriu as linhas independentemente de Wollaston, e iniciou seu estudo sistemático, tendo catalogado 570 linhas até 1820, nomeando aquelas mais intensas com letras maiúsculas e as menos intensas com letras minúsculas. Fraunhofer também fez medições para as estrelas Castor, Pólux, Sírius, Betelgeuse, Procyon e Capella, inaugurando a Astrofísica. Mais ainda, ele criou a rede de difração, que permitiu a determinação experimental dos comprimentos de onda das linhas espectrais.

Apesar da descoberta das linhas negras no espectro solar, não se entendia por que este fenômeno acontecia. Até que uma explicação razoável para as linhas negras fosse proposta, é necessário avaliar como a Química e a Física se desenvolveram em termos de novos conhecimentos ao longo de aproximadamente 30 anos. Nos idos de 1852, um jovem químico chamado Robert E. Bunsen fora chamado para ocupar a vaga por ocasião da aposentadoria do prof. Leopold Gmelin (1788-1853) na Universidade de Heidelberg. Bunsen convidou seu amigo Gustav Kirchhoff (sim, o da Lei das Malhas e dos Nós, aplicadas a circuitos elétricos) para também se estabelecer em Heidelberg. Lá Bunsen iniciou sua pesquisa em dispositivos para iluminação, quando foi capaz de obter metais puros via eletrólise. Mais ainda, descobriu que o magnésio prensado em combustão consistia em excelente componente para iluminação. Na mesma época, intrigado com reações fotoinduzidas, ele também iniciou seus estudos em Fotoquímica juntamente com Kirchhoff e Sir Henry Roscoe (1833–1915). Já eram conhecidas desde 1839 reações eletroquímicas fotoinduzidas nas interfaces eletrodo/solução (Edmond Becquerel (1820–1891)). Para ajudar no trabalho experimental, Roscoe, ao retornar de suas férias em 1854-55, trouxe ao laboratório de Bunsen um queimador de Argand, que consistia em um cone de cobre o qual podia ser deslizado ao longo do tubo por onde passava o gás a ser queimado, na extremidade composta por uma gaze metálica. A chama resultante apresentava diversas limitações: era de difícil regulação, a chama era muito grande, oscilante, luminosa, com fuligem e apresentava baixa temperatura, e Bunsen se recusou a utilizá-lo.

Em suas investigações, Bunsen percebeu que o problema com os queimadores residia no fato que o gás apresentava baixa concentração de oxigênio ( $O_2$ ) atmosférico para que a combustão fosse completa. A mistura gás e ar era obtida fora do queimador, sendo alimentada pelo ar em sua extremidade. Bunsen então sugeriu uma solução simples e elegante: obter a mistura gás e ar *antes* da combustão no queimador. Juntamente com Peter Desaga, mecânico da Universidade de Heidelberg, foi projetado o queimador conhecido como Bico de Bunsen. O desenho do primeiro bico de Bunsen é exibido na figura 1. Na base do bico, representado pela cubo *cccc*, há uma cavidade *b* de mesma altura do cubo, que se comunica com o ar externo por meio de quatro buracos *d*. O queimador *a* está localizado no centro do espaço cilíndrico *b*. O tubo *ee* é encaixado na base *cccc*, onde no topo é obtida a chama desejada. A grande sacada de Bunsen e Desaga foi exatamente incluir as quatro aberturas na base do aparato: por estas o ar é sugado e misturado em proporção adequada, sendo então obtida chama não-luminosa, de elevada temperatura e livre de fuligem. Nos bicos de Bunsen comercializados atualmente as quatro aberturas foram substituídas por duas grandes aberturas em um anel giratório perfurado. O uso do bico de Bunsen alastrou-se rapidamente por todos os laboratórios de Química e Física na Europa, e apesar de não ter trago retorno financeiro a Bunsen e Desaga por não depositarem patente, logo trouxe retorno científico incalculável a Bunsen e seus colaboradores. Além de ter se tornado equipamento essencial nos estudos em Fotoquímica, foi com o auxílio deste queimador que foi elaborado o primeiro espectrógrafo.

No ano de 1859, Bunsen e Kirchhoff abruptamente descontinuaram seu trabalho com Roscoe em Fotoquímica. Os dois primeiros estavam empolgados com o fato que, a partir da análise espectral, talvez fosse possível determinar a composição química de estrelas com a mesma acurácia que se determina compostos químicos por meio de reações específicas. Ao colocar um composto ou elemento químico na chama de um bico de Bunsen, as cores observadas se deviam ao composto em questão, já

que a chama resultante era de alta temperatura e baixa luminescência. Kirchhoff sugeriu então utilizarem um prisma para distinguir as cores, e então observaram linhas brilhantes, que eram específicas para cada material. Desta maneira, empregando as técnicas experimentais de Fraunhofer e o bico de Bunsen, aliado à investigação sistemática, Bunsen e Kirchhoff puderam atribuir espectros aos elementos e compostos químicos, estabelecendo assim a Espectroscopia como uma nova área de Análise Quali- e Quantitativa. O primeiro espectrógrafo é exibido na fig. 2. De maneira resumida, a caixa de cigarros (A) acomoda um prisma (F) e duas objetivas (B e C). A haste (H) permite girar o prisma e o espelho (G). A haste (E) contém um fio fino de platina no qual pode ser colocada amostra a ser analisada. O bico de Bunsen está em (D), que fornece uma chama não-luminosa e elevada temperatura.

As linhas observadas nos espectros de Bunsen-Kirchhoff eram brilhantes, enquanto que aquelas observadas por Wollaston e Fraunhofer eram escuras. Kirchhoff trabalhou na relação entre emissão e absorção de calor e luz por corpos aquecidos, ocasião em que propôs as Leis da Radiação e da Espectroscopia, baseadas nas descobertas de Anders J. Ångström (1814-1874) e David Alter (1807-1881) e nas suas próprias. Assim, ele propôs: (i) um corpo opaco aquecido emite luz, apresentando um espectro contínuo; (ii) um gás tênue apresenta espectro discreto, ou seja, com linhas de emissão em comprimentos de onda definidos, os quais são função da composição química do gás em questão e (iii) Um corpo opaco em elevada temperatura rodeado por um gás tênue apresenta espectro contínuo com linhas escuras nos comprimentos de onda correspondentes aos comprimentos de absorção do gás.

Com esta invenção, Bunsen e Kirchhoff descobriram os elementos cério e rubídio, e outros elementos químicos já previstos por Dmitri Mendeleev (1834-1907) em sua Tabela Periódica, como tálio, índio, gálio, germânio, dentre outros, foram descobertos por meio do mesmo método. Interessante lembrar que naquela época que a explicação correta tanto para os espectros como para a periodicidade da tabela periódica não era conhecida. A explicação das raízes nos espectros só foi feita no início do século XX por Niels Bohr (1885-1962) em seu modelo atômico (1913). Mendeleev organizou os elementos em grupos e períodos em ordem crescente de massa atômica e por semelhança de propriedades físico-químicas, e fez algumas inversões, como entre o telúrio e o iodo. Com a descoberta da lei de Moseley por meio da espectroscopia de raios X, os números atômicos obtidos explicavam que Mendeleev estava correto no ordenamento dos elementos na tabela, ainda que não por todos os motivos corretos.

Além disso, a composição de corpos celestes também pode ser efetuada a partir de então. Kirchhoff, Ångström e diversos outros cientistas identificaram, por meio das linhas negras no espectro do Sol, que este contém elementos como o hidrogênio, hélio, oxigênio, etc. A espectroscopia aplicada ao estudo de objetos estelares permite obter diversas informações como composição química, temperatura, densidade e movimento relativo a partir dos deslocamentos de Doppler. O estudo dos espectros estelares levou à criação de uma classificação espectral em função da temperatura e da cor, e em 1910 foi proposto por E. Hertzsprung e H. N. Russel o chamado Diagrama de Hertzsprung-Russel (HR), que consiste em um gráfico que representa a distribuição entre a magnitude ou luminosidade versus o tipo espectral ou a classificação estelar e temperatura de superfície. As linhas num espectro de uma estrela refletem a composição da estrela, mas mais importante ainda é a temperatura de superfície. O diagrama HR também é útil na determinação da distância entre um aglomerado estelar e a Terra. Porém, sua maior contribuição reside na explicação do processo de evolução estelar.

Em suma, a análise espectroscópica permite estudar materiais e processos físico-químicos por meio da interação de um material (núcleos, átomos, moléculas, cristais e outros sistemas estendidos) com um tipo de energia radiante (eletromagnética, partículas, acústica e mecânica), mediante diferentes tipos de interação (absorção, emissão, espalhamento, etc). Diversas técnicas. Tudo viabilizado graças a um bico de Bunsen.

#### Referências

- [1] R. E. Bunsen, H. E. Roscoe, *Ann. Physik* **176** (1857) 43-88.
- [2] R. E. Bunsen, G. Kirchhoff, *Poggendorffs Ann. Physik* **186** (1860) 161-189.