



O que é uma "Raia" Espectral?

.....
Francisco Catelli

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre e
Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul
e-mail: fcatelli@ucs.br

.....
Jane Herber, José Carlos Menegotto e Sérgio Luis Kessler

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
.....

Decompor a luz branca em suas cores componentes: esta é uma incrível ferramenta para físicos, químicos e engenheiros das mais diversas áreas. Newton¹, em sua obra *Óptica*, dedicou-se a estudá-la com o recurso de prismas. Dentre os diversos fatos da história da ciência ligados à decomposição da luz, ou seja, à espectroscopia, talvez um dos mais curiosos seja o da descoberta do hélio. Um astrônomo francês, P. Janssen, em 1868, ao observar a coroa solar durante um eclipse, encontrou uma raia amarela, que não correspondia a nenhum elemento conhecido. Apenas em 1895 Ramsay isolou-o, aqui na Terra, a partir de um mineral². A idéia da espectroscopia é levada então aos alunos a partir desta história, na qual um novo elemento é descoberto fora da Terra, exclusivamente a partir da luz emitida por outro astro.

No decorrer de uma aula, na qual era estudado o espectro do mercúrio, ocorreu uma pequena "descoberta" que se revelou muito útil na compreensão do que é uma "raia espectral". O experimento era montado com uma lâmpada germicida montada em um suporte, como mostra a Fig. 1. Um aluno, ao efetuar observações (importante: leia a nota 3!) através de um CD gravável sem sua película protetora⁴, exclamou: *Olhem só: estou vendo várias cópias da mão do professor!* (Fig. 2). Percebemos imediatamente que havia aí uma excelente oportunidade para explicar o que era uma "raia espectral".

Não entraremos aqui nos detalhes de como uma rede de difração decompõe a luz visível; há vários excelentes

textos a respeito⁶. Para que os estudantes pudessem compreender o que é uma raia (ou linha) espectral, procedemos da seguinte maneira:

Em primeiro lugar, foi pedido aos estudantes que observassem, através da rede de difração, um anteparo branco, iluminado pela lâmpada de mercúrio. O resultado, que pode ser visto na Fig. 3, mostra algo com



Figura 1. Lâmpada germicida (Ecolume ZW15W), montada em um suporte de madeira. Apesar de ser uma lâmpada certificada para uso corrente, o fabricante alerta para evitar olhar diretamente para sua luz. A lâmina de acrílico transparente que aparece na foto elimina praticamente toda a radiação UV de comprimentos de onda inferiores a 400 nm, tornando o uso da lâmpada bastante seguro³. De qualquer maneira, todos os experimentos descritos aqui envolvem apenas observações de objetos por ela iluminados, e nunca a observação direta desta.

Ao observar, através de uma rede de difração, "cópias" da mão do professor que ajustava um equipamento, um estudante abre o caminho para que sejam desenvolvidas estratégias didáticas poderosas que levem à compreensão do que é uma raia espectral. A reprodução das etapas descritas neste trabalho envolve apenas a adaptação de uma lâmpada germicida, de fácil obtenção, e o uso de redes de difração, que podem ser improvisadas sem nenhuma dificuldade com CDs graváveis. Esta incursão ao mundo da espectroscopia permite "visitas" a vários campos do conhecimento. A Física, é claro, é um deles, mas estarão aí presentes a Química e mesmo a Biologia.

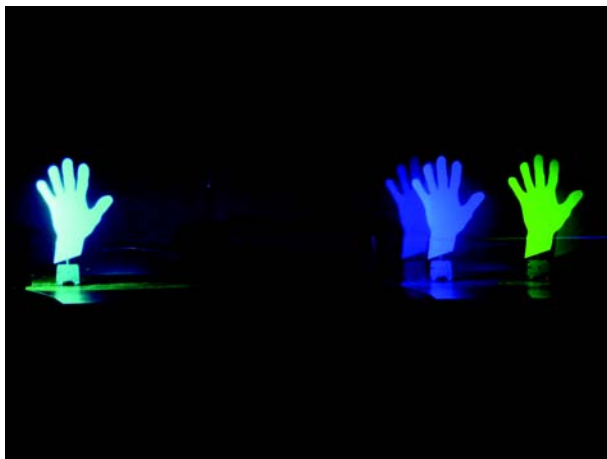


Figura 2. A mão, à esquerda, iluminada pela lâmpada da Fig. 1, e suas "cópias". A foto foi realizada com uma câmara digital e em frente à objetiva desta foi colocada uma rede de difração⁵ de 600 linhas por mm. Na foto pode-se ver claramente duas cópias, e outras duas, mais apagadas; estas cópias aparecem nitidamente em uma observação visual com uma rede ou mesmo um CD gravável sem a película protetora (ver nota 4).

vários anteparos confundidos.

Em seguida, foi sugerida aos estudantes a mesma observação, porém desta vez o objeto iluminado era uma espécie de bastão branco, como pode ser visto na Fig. 4. Assim, "cópias" separadas do bastão podem ser identificadas no espectro de primeira ordem; com o anteparo mais largo, estas cópias se superpõem, e fica mais difícil distingui-las, ou "resolvê-las".

Chega-se então à resposta da pergunta que é o título deste trabalho: uma raia (ou linha) espectral é uma "cópia" de uma "linha": a fonte de luz. Esta deve ser a mais estreita possível;

assim, duas cópias que eventualmente estejam muito próximas uma da outra não se confundirão. É claro que a separação entre as cópias depende do número de linhas da rede de difração e de outros fatores geométricos, mas depende também (e depende bastante) da largura da fenda que em geral é colocada em frente ao objeto que emite luz.

Entretanto, a maior parte das fontes de luz (incluindo aí a luz do Sol) emitem praticamente todas as cores do espectro visível. Neste caso, por mais estreita que seja a fonte de luz, não será possível identificar nenhuma cópia, já que todas ficam "coladas" umas às outras. Trata-se aí de um

"espectro contínuo", em oposição ao espectro discreto, o da lâmpada de mercúrio, por exemplo, descrito neste trabalho. A lâmpada da Fig. 1 só "sabe" emitir algumas cores na faixa do visível, daí o efeito interessante aqui descrito.

A visualização de um espectro contínuo é bastante simples: basta projetar em uma parede clara ou tela, com o auxílio de um retroprojetor, a imagem de uma fenda estreita, de aproximadamente 20 cm de comprimento por 0,5 cm de largura. Esta pode ser recortada com um estilete, centralizada em uma lâmina de papelão de 30 cm por 30 cm. Ao observar esta imagem da fenda com uma rede de difração ou um CD preparado

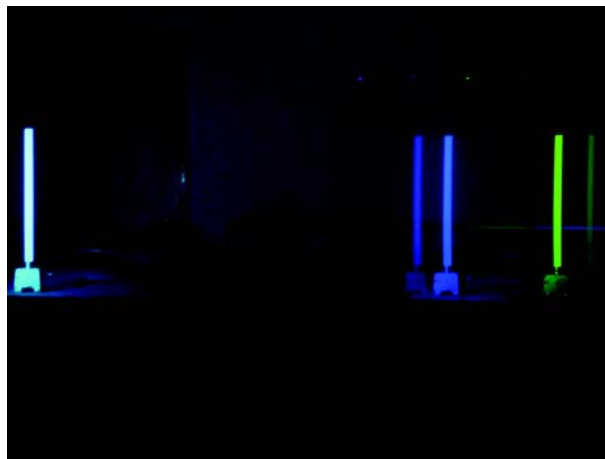


Figura 4. Pode-se perceber na foto superior quatro "cópias" do anteparo estreito (à esquerda), quando iluminado pela lâmpada descrita na nota 3. Estas "cópias" já começam a se parecer com raios (ou linhas) espectrais.

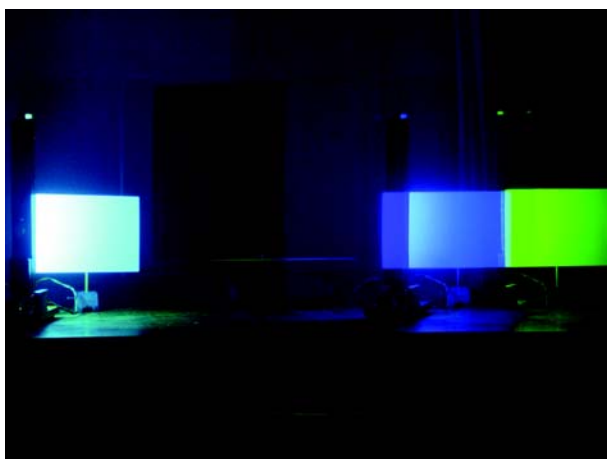


Figura 3. Um anteparo branco (à esquerda), iluminado pela lâmpada de mercúrio e visto através de uma rede de difração. A luz direta da lâmpada fica obstruída pelo próprio suporte desta.

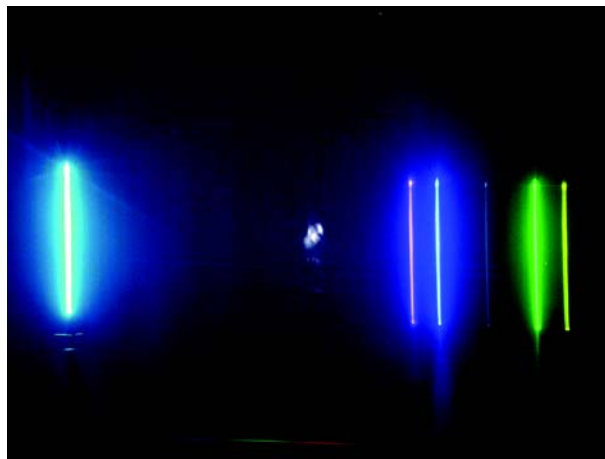


Figura 5. As raios espectrais do mercúrio, fotografadas com uma câmara digital (sem nenhum ajuste especial). Em frente à objetiva foi novamente colocada uma rede de difração de 600 linhas por mm.

como descrito na nota 4, pode-se ver um belo espectro contínuo.

Por fim, uma fenda é colocada em frente à lâmpada, e desta vez pode-se observar realmente as linhas espectrais do mercúrio (Fig. 5). Não é possível ver claramente na foto, mas a olho nu é possível identificar que a linha laranja (mais à esquerda) consiste na verdade de duas “cópias”, muito próximas uma da outra.

Conclusão

São vários os “dividendos” que podem ser extraídos de um episódio como este. O primeiro deles: as aulas “abertas”, propensas à investigação,

invariavelmente levam a pequenas (por vezes nem tão pequenas...) descobertas, ou re-descobertas. Estas re-descobertas certamente têm um papel importante na motivação dos jovens estudantes.

Outro aspecto relevante na formação de jovens que ainda não optaram por nenhuma carreira específica no curso superior, é o da possibilidade de interpretar um mesmo evento à luz de diversas disciplinas. No caso do trabalho aqui apresentado, o foco parece ser (e é) a Física. Mas a menção à descoberta de um novo elemento, ou a possibilidade de realizar identificações de elementos tendo acesso

apenas à luz que eles emitem, parece muito mais do domínio da Química. Já o estudo das bandas de absorção da clorofila⁷ - por exemplo - poderia nos levar ao mundo da Biologia.

Finalmente, a “entrada em cena” de objetos do cotidiano que pareceriam não ter nenhuma relação com a Física, a Química ou a Biologia, como é o caso do CD gravável, certamente dá uma dimensão mais ampla ao ensino de qualquer um destes campos do conhecimento. Certamente, há aí alguma chance de os estudantes se convencerem de que, afinal de contas, a Física e a Química são “deste mundo”.

Notas

¹A decomposição da luz por um prisma é detalhada por Newton em seu livro *Óptica* (Livro I, parte I, prop. 2, teorema 2: “A luz do sol consiste de raios de diferentes refrangibilidades”).

²Ver, por exemplo, <http://em.wikipedia.org/wiki/Helium#Discoveries>. (Acessado em 9 de maio, 2006).

³Verificamos esta absorção por meio de um espectrofotômetro Beckman DU 530; o espectro de absorção não mostrou praticamente nenhuma transmitância na lâmina de acrílico de 3 mm de espessura, abaixo dos 400 nanômetros, justamente a faixa onde as lâmpadas de mercúrio emitem os UV mais perigosos. De qualquer maneira, como medida de segurança (talvez até um pouco exage-

rada), evitamos situações nas quais a lâmpada possa ser visualizada diretamente. Na foto da Fig. 5, por exemplo, os estudantes são alertados para olhar através da rede apenas para o espectro de primeira ordem, e nunca para o máximo central, apesar de a lâmpada estar protegida pela lâmina de acrílico acima referida.

⁴Para preparar um CD gravável como rede de difração por transmissão, proceda da seguinte forma: cole, junto à borda externa deste, e sobre a superfície da etiqueta, um pedaço de fita isolante de aproximadamente 1,5 cm por 1,5 cm. Aperte bem a fita contra o CD; risque, por meio da ponta de um estilete, o contorno da fita isolante. Retire a fita com cuidado: a etiqueta sai colada na fita. A “janela” assim obtida é uma excelente rede de difração por transmissão. Os melhores resultados

são obtidos com CDs graváveis cuja superfície de gravação tem tonalidade mais clara.

⁵Excelentes réplicas de redes de difração podem ser obtidas no mercado nacional, por exemplo, <http://www.cidepe.com.br> ou no mercado internacional, <http://www.pasco.com>, sob número de catálogo SE 9361.

⁶Ver, por exemplo, D. Halliday, R. Resnick e J. Walker, *Fundamentos de Física, Volume 4* (Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 1996) 4ª ed. Um tratamento mais fenomenológico pode ser encontrado em P. Hewitt, *Física Conceitual* (Bookman, Porto Alegre, 2002), 9ª ed, cap. 29.

⁷Catálogo de experimentos da Leybold Heraeus: Absorption spectra of liquids, in *Physics Leaflets* (Leybold Heraeus, Colônia, 1959).



Caricatura de Santos-Dumont feita por seu amigo "Sem", para o Jornal Le Cri de Paris, 11 de agosto de 1901.