

Francisco Catelli

Depto. de Física e Química, CCET
Universidade de Caxias do Sul
Caxias do Sul, RS

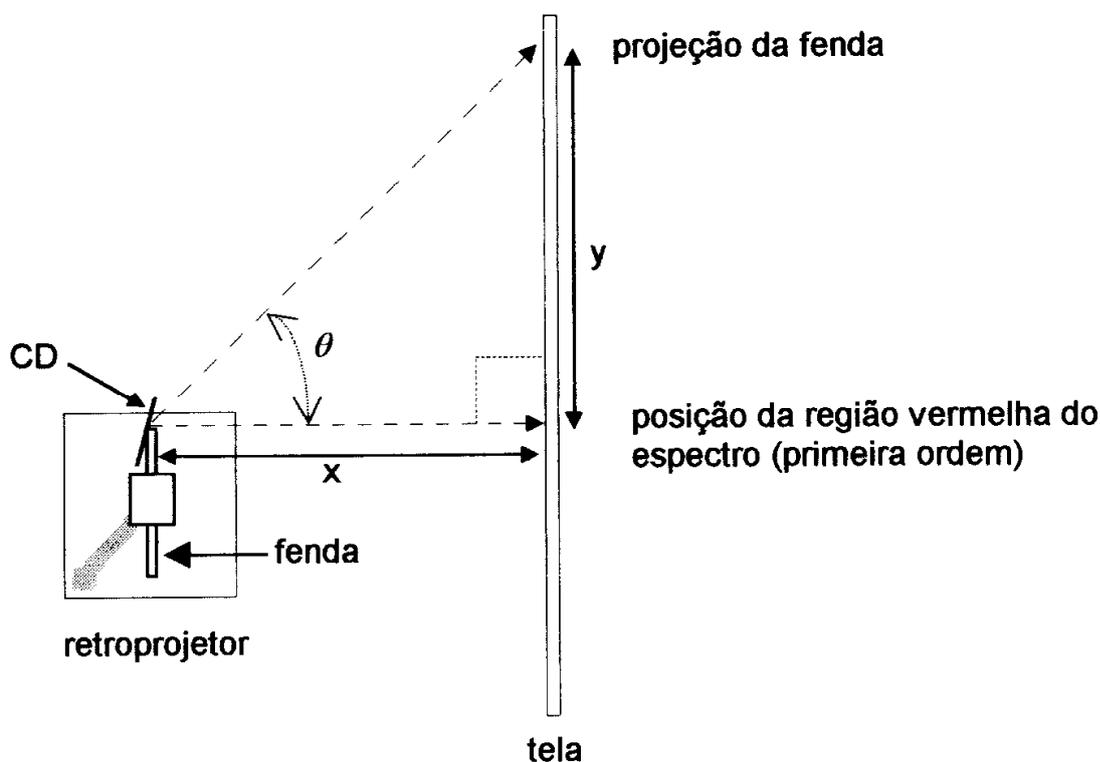
Resumo

É descrita uma técnica simples de obtenção de espectros de difração com o uso de um retroprojektor e um CD através da qual espectros contínuos e de absorção podem ser observados por uma grande audiência. O cálculo aproximado da “constante de rede” do CD é efetuado e o valor obtido concorda, dentro da margem de imprecisão, com valores encontrados na literatura e com o resultante da medição com o apontador a laser, descrita sumariamente.

Em artigo recente¹, Burman sugere a projeção de espectros usando uma rede de difração e um retroprojektor. A técnica consiste em recortar, em cartolina ou outro material opaco de 26 cm por 26 cm, uma fenda de aproximadamente 20 cm por 1 cm. Esta fenda, colocada sobre um retroprojektor, é focalizada numa parede ou tela. Coloca-se em seguida a rede de difração imediatamente à frente do espelho que desvia a luz da lente projetora (na extremidade da haste do retroprojektor). O espectro, bastante brilhante, pode ser visto por uma grande audiência. O número de ordens dependerá das características da rede.

O custo de boas redes de difração e a dificuldade em adquiri-las faz com que estas demonstrações tornem-se, via de regra, privilégio dos laboratórios das universidades. Entretanto, versões didáticas (réplicas) de tais redes já podem ser adquiridas a um custo moderado². Uma outra alternativa, descrita a seguir, permite que esta limitação possa ser superada, com a vantagem adicional de ser possível trabalhar com um objeto tecnológico do cotidiano : espectros bastante brilhantes são projetados com o uso de um disco CD³ comum e um retroprojektor. A diferença básica da técnica descrita por Burman e a aqui proposta consiste na substituição da rede por um CD, o qual se constitui numa excelente rede de reflexão. Para a projeção do espectro é necessário, além do retroprojektor e da cartolina munida de uma fenda como descrito acima, um disco CD (a demonstração não o danificará!). O procedimento é o seguinte :

coloque a fenda sobre a superfície de projeção, focalize-a numa tela ou parede, e em seguida gire o retroprojektor de aproximadamente 90 graus. Use em seguida o CD como se ele fosse um espelho, colocando-o em frente ao espelho do retroprojektor ; a imagem da fenda será refletida na tela ou parede. A primeira ordem do espectro de difração aparecerá projetada em cores que variam continuamente do violeta até o vermelho. O ajuste do ângulo do CD e o deslocamento deste para cima e para baixo permitirá obter um espectro de primeira ordem nítido e com pouca distorção (ver figura), sendo possível identificar até a segunda ordem deste. Esta montagem permite também demonstrar espectros de absorção (Sadler, ref. 1) através da colocação de filtros de cores diferentes sobre a fenda : apenas os comprimentos de onda transmitidos pelo filtro serão visíveis.



Montagem básica para a projeção de espectros usando um CD e um retroprojektor (vista de cima).

É possível quantificar, apenas com o uso de uma trena, a distância “d” entre duas “pistas” contíguas do CD. Para isto, basta ajustar o ângulo deste de modo que (por exemplo) a região vermelha do espectro seja projetada na tela sob um ângulo de aproximadamente 90 graus (como na figura). A teoria⁴ prevê que os máximos ocorrerão sob ângulos θ dados pela expressão

$$m\lambda = d \text{ sen } (\theta),$$

onde m é o número de ordem do máximo (neste caso, $m = 1$). Um valor aproximado para o comprimento de onda λ do vermelho é de $(0,67 \pm 0,05) \mu\text{m}$, com a medida tomada aproximadamente na metade da região vermelha do espectro. Fazendo

$$\text{sen}(\theta) = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}},$$

o espaçamento d poderá ser assim expresso :

$$d = \frac{\lambda \sqrt{x^2 + y^2}}{y} = \lambda \sqrt{1 + \frac{x^2}{y^2}}.$$

Em medições realizadas foram encontrados valores de $(187 \pm 10)\text{cm}$ para x e de $(111 \pm 10) \text{cm}$ para y , o que dá um espaçamento “ d ” calculado⁵ de $(1,3 \pm 0,3) \mu\text{m}$, valor que pode ser comparado, dentro da faixa de imprecisão, ao encontrado na literatura⁶. Uma outra maneira de obter o valor de d (para o mesmo CD) é através do uso de um apontador a laser (“laser pointer”) : a geometria é essencialmente a mesma (em vez da luz do retroprojetor usa-se o feixe retilíneo do laser), sendo as fórmulas de cálculo idênticas às apresentadas acima. O valor de λ fornecido por um fabricante destes apontadores é de $(0,67 \pm 0,01) \mu\text{m}$. Efetuadas as medições (para o mesmo CD) foi encontrado o valor de $(1,7 \pm 0,5) \mu\text{m}$, o qual também coincide, dentro da faixa de imprecisão, com o valor fornecido na referência 6.

Referências Bibliográficas

¹BURMAN, G.A. Overhead Spectroscopy The Physics Teacher, p.470,1991. Ver também, no mesmo número, SADLER, P. Projecting Spectra for Classroom Investigations, p. 423-427.

²Um fornecedor desta redes no Brasil é a Maxwell Metalúrgica e Equipamentos Científicos LTDA., Avenida das Indústrias, Cachoeirinha, RS, CEP 94930-230, Cx. P. 1080, Fone/ Fax (051) 470 66 90. O custo unitário destas réplicas, de 750 linhas por milímetro e montadas em molduras de diapositivos, fica por volta de 20 reais.

³A fabricação de espectroscópios com o auxílio de CDs foi objeto de artigo recente publicado por Garcia (GARCIA, N.M.D. “Um espectroscópio simples para uso individual”. Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 11, no. 2, p.134-140,

agosto, 1994). O uso de CDs como redes de difração também é discutido em GARCIA, Nilson Marcos Dias e Hypólito José Kalinowski. “Uma alternativa econômica para redes de difração no laboratório de ensino”. Caderno Catarinense de Ensino de Física, vol. 7, no. 1, p.64-72, 1990.

- ⁴Veja, por exemplo, HALLIDAY, David, Robert Resnick e Jearl Walker. “Fundamentos de Física. Volume 4 : Óptica e Física Moderna”, página 102 e seguintes, 4a. edição. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos (1993). Outros experimentos de difração, incluindo redes improvisadas com telas de serigrafia, podem ser encontrados em CATELLI, Francisco. “Física Experimental II - Ondas, Acústica e Óptica”, página 126 e seguintes. Caxias do Sul : Editora da Universidade de Caxias do Sul - EDUCS, 1985. Para uma excelente abordagem não técnica, feita por um dos pais da física quântica moderna, ver FEYNMAN, R. P. “QED – A estranha teoria da luz e da matéria”, p. 57 a 68. Lisboa : Gradiva, 1992.
- ⁵A imprecisão na medida de “d” foi calculada de maneira simplificada, tal como descrito por ROBERTS, Dana. “Errors, discrepancies and the nature of physics”. The Physics Teacher, pg. 115, vol. 21, no. 3, março, 1983. A idéia básica consiste em somar as imprecisões absolutas quando duas grandezas são somadas ou subtraídas, e somar as incertezas relativas quando se tratar de um produto ou divisão. Por exemplo: (111 ± 10) cm exprime uma grandeza e sua incerteza absoluta ; $111 \text{ cm} \pm 10/111$, ou $111 \text{ cm} \pm 0,09$ exprime a mesma grandeza e sua incerteza relativa. Para obter, num texto em português, detalhes adicionais, ver por exemplo CATELLI (1986)– apêndice A–2–3 (referência 4).
- ⁶O valor padrão para a separação entre as pistas de um CD comum, fornecido na reportagem “Conheça por dentro o DVD [...]” (Revista Informática Exame, Dezembro de 1996, p. 91 e 92) é de $1,6 \mu\text{m}$, coincidindo portanto com o valor calculado considerada sua faixa de imprecisão.