

Uma Caixinha para Estudo de

ESPECTROS

.....
Marisa Almeida Cavalcante

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

<http://mesonpi.cat.cbpf.br/marisa>

E-mail: marisac@pucsp.br
.....

Cristiane R.C. Tavoraro

GoPEF: Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP

E-mail: cris@pucsp.br
.....

As primeiras observações da luz solar passando por um prisma e se decompondo em várias cores tiveram grande importância no desenvolvimento da Física. Estava aberta a possibilidade de se analisar a composição da luz emitida por outros processos, como por uma vela, por descargas elétricas em gases etc. Isso levou à descoberta de novos elementos químicos a partir da análise da luz por eles produzida quando aquecidos ao rubro. A observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos. Construir um dispositivo que permita fazer a observação e análise do espectro luminoso de uma fonte de luz pode ser simples e barato, como veremos a seguir.

O prisma tem capacidade de separar as diversas cores porque o seu índice de refração é uma função da frequência da luz incidente. Desta forma a luz com diferentes frequências irá se propagar com diferentes velocidades dentro do prisma, sofrendo diferentes desvios.

A luz também pode ser decomposta quando atravessa uma rede de difração. A difração ocorre quando uma onda contorna um ou mais obstáculos, mudando sua direção de propagação. Ondas luminosas, ao sofrerem difração, invadem a zona de sombra geométrica após contornarem os obstáculos e ao atingirem um anteparo produzem interferências construtivas e destrutivas.

Se um feixe de luz monocromática (fonte F) atravessar a rede de difração da Figura 1, cujas fendas estão separadas pela distância d , a luz espalhada atingirá o anteparo, colocado a uma distância L da rede. Para que no ponto P ocorra uma interferência construtiva caracterizada por uma franja de luz, as ondas luminosas que se espalharam a partir das fendas A e B devem estar em fase, isto é, "crista com crista". No entanto, essas ondas caminham distâncias diferentes, como mostram os raios que partem das fendas na Figura 1. Então, para que estejam em fase, a diferença de caminhos percorridos, Δ , deve ser múltipla inteira de λ , o comprimento de onda da luz, isto é, $\Delta = n\lambda$, onde $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

Para $n = 0$, a franja de luz é produzida por ondas luminosas que caminham a mesma distância, produzindo uma franja de interferência construtiva exatamente no eixo de incidência da luz. Chamamos essa franja de máximo central.

O ângulo θ corresponde ao ângulo de desvio do ponto P onde aparece a franja de luz em relação ao máximo

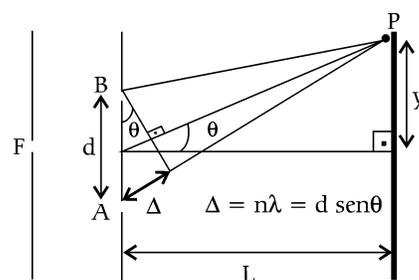


Figura 1. Diferença de caminhos percorridos por ondas luminosas que sofreram difração em uma rede cujas fendas são espaçadas pela distância d .

Este artigo mostra como pode-se construir um espectrômetro de baixo custo a partir de materiais simples e realizar experimentos com materiais facilmente encontráveis no mercado.

central. Vemos na Figura 1 que $\Delta = d \sin\theta$ e então podemos escrever que

$$n\lambda = d \sin\theta \quad (1)$$

Logo, escolhida a rede de difração (escolhido d), para um feixe de luz de comprimento de onda λ , teremos franjas de interferência construtiva em pontos diferentes do anteparo, pois para cada valor de n teremos um ângulo θ de desvio em relação ao máximo central, e simétricos a ele (Figura 2).

No entanto, nos interessa usar a rede de difração para decompor a luz policromática e determinar o comprimento de onda de suas componentes. Ao incidir luz policromática na rede, observaremos que quanto maior o comprimento de onda da componente, maior será o ângulo de desvio, isto é, cada cor de luz aparecerá em um ponto diferente do anteparo dependendo de seu comprimento de onda λ . Ao conjunto de componentes da luz chamamos 'espectro'. Esse espectro se repete para $n = 2, 3$ etc e o fator 'n' é chamado ordem do espectro (Figura 3).

Aqui cabe uma observação importante: para que o espaçamento entre as franjas de luz seja perceptível, isto é, para que ocorra uma boa dispersão da luz, é necessário que a distância d entre as fendas seja da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz, como mostra a Eq. 1. A luz visível tem comprimentos de onda aproximadamente entre 400 nm e 700 nm. Certamente as empresas que produzem equipamento de laboratório de Física e Química disponibilizam

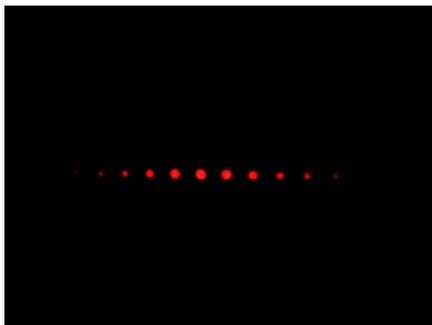


Figura 2. Feixe de laser (luz monocromática) projetado após atravessar uma rede de difração. Podemos ver as franjas de interferência em diferentes ângulos em relação ao eixo e simetricamente a ele.

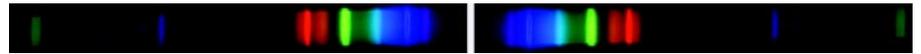


Figura 3. Espectro da luz policromática emitida por uma lâmpada de mercúrio.

redes de difração para espectrometria com cerca de 500 a 600 fendas/mm ($d = 6600$ nm, aproximadamente). No entanto nossa proposta é construir um dispositivo com material de fácil acesso de modo que professores e alunos possam reproduzir em casa.

Um CD pode ser utilizado como rede de difração. Em um primeiro momento podemos dizer que a luz refletida na película existente sobre as trilhas do CD sofre interferência, resultando no mesmo efeito descrito anteriormente. As cores que vemos no CD são consequência desse fenômeno. Um modo de otimizar o CD como rede é retirando a película refletora (CDs graváveis têm a película exposta podendo ser retirada com a ajuda de uma fita adesiva). Neste caso teremos uma rede de difração em potencial já que o CD tem cerca de 600 trilhas/mm, como as redes comerciais para espectrometria.

Vamos à construção do nosso espectrômetro caseiro. Corte o CD transparente em pequenos pedaços, cerca de 2×2 cm (um único CD renderá vários espectrômetros). Pegue uma caixa de papelão pequena, como uma caixa de disquetes, por exemplo. Em uma das tampas (aba móvel) recorte um quadrado pouco menor que sua rede de difração. Esta janela deve ser feita próximo à lateral da tampa (Figura 4a). A rede será encaixada nesta janela e presa com fita adesiva.

Na outra tampa precisamos produzir uma fenda de largura variável para a entrada de luz e um anteparo com uma escala graduada. Numa tira de papelão da mesma largura e comprimento da tampa, cole um pedaço de papel milimetrado, cobrindo totalmente a tira.

Recorte totalmente a tampa e cole-a na caixa transversalmente como mostra a Figura 4b. Desse modo a tampa funcionará como trilho suporte para o anteparo com a escala. Introduza o anteparo com a escala voltada para dentro e deixe um vão (fenda) do mesmo lado da rede de difração,

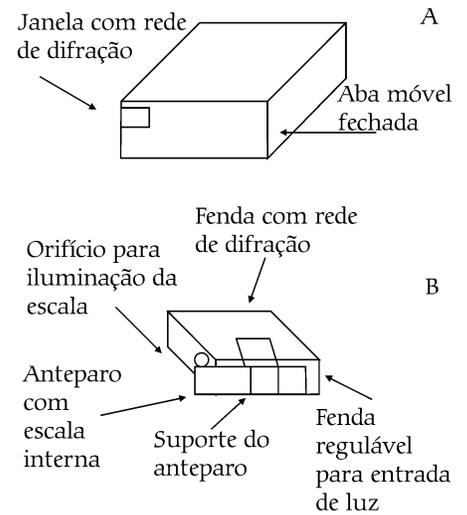


Figura 4. Montagem da caixa.

para a entrada de luz.

Pronto! Agora é só experimentar! Direcione a fenda para uma lâmpada qualquer e olhe através da rede. Ajuste a largura da fenda (cerca de 2 a 3 mm) até que seja possível ver o espectro projetado no anteparo.

Para determinar o comprimento de onda das diferentes radiações emitidas pela lâmpada, é necessário observar simultaneamente o espectro projetado e a escala graduada. Para isso vamos iluminar a escala através de uma abertura lateral (um furo de 1 cm de diâmetro na lateral oposta à fenda).

Dessa forma é possível medir a distância 'x' (Figura 5) entre a franja central (na posição da fenda) e a franja cujo λ se quer determinar. Dependem-

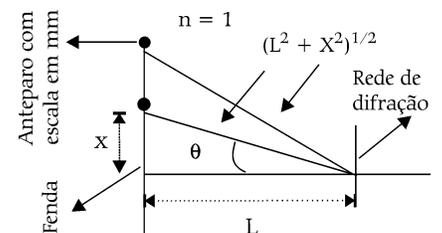


Figura 5. A distância 'x' corresponde à distância entre a fenda e cada uma das franjas de luz, sendo medida diretamente na escala do anteparo.

do do tamanho da caixa é possível observar também o espectro de segunda ordem ($n = 2$). Escolha $n = 1$ e determine $\sin\theta$ fazendo $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$, sendo L o comprimento da caixa e então $\lambda = d \sin\theta$, onde $d = 1/600$ trilhas/mm.

Lâmpadas incandescentes produzem espectros contínuos, isto é, os comprimentos de onda emitidos por um sólido incandescente são tão próximos que não percebemos separação entre eles. Já as lâmpadas luminescentes, que têm gases em seu interior (muitas vezes mercúrio), emitem um espectro discreto característico do gás,

isto é, alguns comprimentos de onda bem distintos. Use seu espectroscópio para estimar os comprimentos de onda do mercúrio e discuta com seus alunos a natureza discreta dos espectros gasosos. Esta é uma sugestão para introduzir um tema tão importante na Física e Química quanto ao modelo atômico de Bohr.

Referências Bibliográficas

1. Cavalcante, M.A.; Jardim, V. e Barros, A.A.J. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe de laser. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 2, 1999.

2. Cavalcante, M.A. e Benedetto, A. Intrumentação em Física Moderna para o Ensino Médio: Uma nova técnica para a análise quantitativa de espectros. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 21, n. 3, setembro de 1999.

3. Vuolo, J.H.; Mammana, V.P. e Martins, J.M.V. Fendas micrografadas para experiências

de difração de luz. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 22, n. 1, março de 2000.

4. Cavalcante, M.A. e Tavolara, C.R.C. Uma abordagem experimental e interdisciplinar da Física Moderna no Ensino. In: Prática de Ensino: Ações e reflexões. Ração, D. (org). Ed. Articulação Universidade/Escola, 1ª ed., p. 87-107, 2000.



Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora

Organizado por Maurício Pietrocola, Editora da UFSC, Florianópolis, 2001, 236 pp.

Este livro é o resultado de três anos de atuação de vários professores da UFSC no projeto Pró-Ciências/CAPES e versa sobre vários temas de interesse do Ensino de Física buscando a integração entre seus aspectos de conteúdo, epistemológicos e metodológicos. Esta bem sucedida experiência pode ser imitada em outros projetos de formação continuada de professores e os ensaios desta compilação podem fornecer subsídios relevantes na prática de ensino no nível médio.

Leituras de Física

Grupo de Re-elaboração do Ensino de Física (GREF), IFUSP. Quatro cadernos: Mecânica, Física Térmica. Óptica e Eletromagnetismo

Após a bem sucedida coleção *Física*, destinada aos professores de Física do Ensino Médio, a equipe do GREF lança, numa versão preliminar, os cadernos de *Leituras*. São textos curtos,

bem ilustrados, em linguagem acessível, com exemplos do cotidiano, enfatizando os conceitos e fenômenos físicos e atendendo aos parâmetros curriculares nacionais definidos em legislação recente. Uma boa indicação aos professores de Física.

O Sol, o Genoma e a Internet: Ferramentas das Revoluções Científicas

Freeman Dyson, Cia. das Letras, São Paulo, 2001, 140 pp.

O físico Freeman Dyson, do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, retoma os seus ensaios, extraídos de palestras para o grande público, discutindo como surgem as revoluções científicas e o papel desempenhado pelos novos conceitos e ferramentas. O autor especula acerca do modo como novas tecnologias podem ser desenvolvidas em busca de maior justiça social e a preservação de nosso planeta. Leitura obrigatória para professores que buscam inserir um contexto multidisciplinar às suas aulas.

O Ano Miraculoso de Einstein: Cinco Artigos que Mudaram a Face da Física

Organizado por John Stachel, tradução de Alexandre Tort, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 2001, 222 pp.

O livro traz, pela primeira vez em português, os cinco artigos de Einstein

publicados em nos *anni mirabiles* de 1905: a sua tese de doutorado sobre as dimensões moleculares – por muito tempo, um dos seus trabalhos mais citados –, a formulação da hipótese do *quantum* de luz – reduzido equivocadamente ao “paper do efeito fotoelétrico” –, a teoria da relatividade especial que mudou as nossas concepções sobre espaço e tempo, as suas descobertas sobre o movimento browniano e aquele trabalho em que deriva a sua mais famosa equação, $E = mc^2$. Os textos são comentados por John Stachel, um historiador dedicado aos estudos einsteinianos. Os professores poderão admirar no original os profundos e consistentes *insights*, hipóteses e deduções de Einstein em variados temas que produziram um impacto incomensurável na nossa compreensão da Física.

Origens e Evolução das Idéias da Física

Organizado por José Fernando Rocha, EDUFBA, Salvador, 2002, 372 pp.

Uma coleção de ensaios de seis professores da UFBA que pretende “tratar os fatos científicos não com fatos isolados, mas, sobretudo, como consequência natural e lógica de circunstâncias sócio-culturais e econômicas bem definidas”. Os temas abordados são a Mecânica Newtoniana, a Termodinâmica e Mecânica Estatística, o Eletromagnetismo, a Relatividade Especial e as origens da Física Moderna.