



Universidade de Brasília

Física Experimental 4

Experimento V

Espectroscopia Ótica

12 de Julho de 2013

Professora Nadia Maria de Liz Koche

Alunos:

Juarez A.S.F	11/0032829
Sérgio Fernandes da Silva Reis	11/0140257
Jedhai Pimentel	09/0007883



Conteúdo

1	Objetivos	3
2	Materiais	3
3	Introdução	4
4	Procedimentos	7
5	Dados	9
5.1	Caracterização da difração em fenda única	9
5.2	Caracterização da difração em fenda dupla	9
5.3	Caracterização de fendas múltiplas	10
5.4	Caracterização de redes de difração	10
5.5	Determinação de espectros	11
5.6	Dispersão por um prisma	11
6	Análise de Dados	12
6.1	Caracterização da difração em fenda única	12
6.2	Caracterização de fendas duplas	12
6.3	Caracterização de fendas múltiplas	15
6.4	Redes de difração	15
6.5	Determinação de espectros	16
6.6	Dispersão em um prisma	16
6.7	Discutindo o erro	17
7	Conclusão	18



1 Objetivos

Estudar difração de luz monocromática em fendas simples, duplas múltipla e rede de difração. Determinar os comprimentos de ondas presentes no espectro de lâmpada de Mercúrio.

2 Materiais

Para o experimento utiliza-se:

- Fonte de Laser He-Ne
- Lâmpada de vapor de Hg
- Diafragma
- Slide de fenda dupla de largura 0.1mm e espaçamentos 0.175mm
- Slide de fenda dupla de largura 0.1mm e espaçamentos 0.150mm
- Slide de fenda dupla de largura 0.1mm e espaçamentos 0.300mm
- Slide de múltiplas fendas de densidade 80 fendas/cm
- Slide de múltiplas fendas de densidade 100 fendas/cm
- Slide de múltiplas fendas de densidade 300 fendas/cm
- Rede de difração 600 fendas/mm
- Suporte para slides
- Anteparo fixo com papel milimetrado
- Banco ótico,
- Espectroscópio,
- Régua milimetrada.



3 Introdução

Difração é o efeito que ocorre quando a luz ao passar por um obstáculo tem a sua trajetória desviada. Pontos que não seriam iluminados caso a luz passasse em linha reta pelo obstáculo passam a ser devido a esse efeito. O fenômeno pode ser explicado pelo princípio de Huygens que diz que cada ponto de uma frente de onda funciona como uma fonte pontual de mini-ondas. A figura 1a ilustra como o princípio é usado para achar a nova frente de onda.

Além do espalhamento outro efeito interessante ocorre. Ao colocarmos uma tela após a fenda não só observamos que a área iluminada é maior que a fenda mas também o padrão como a intensidade de luz se distribui não é constante nem é um máximo central que decai com a distância ao centro como poderia se esperar. A figura 1b ilustra o padrão observado, nela vemos a tela em branco e os picos de luz em escuro. Notamos um máximo central ladeado de máximos secundários separados por regiões de intensidade nula. A distribuição lembra o padrão de gerado por interferência de duas fendas e não é coincidência, a origem dos efeitos é a mesma: a interferência. Voltando ao princípio de Huygens cada ponto da fenda funciona como uma fonte pontual e a luz de cada um desses pontos deve interferir com a luz dos outros pontos da fenda na tela. Onde essa interferência for construtiva vemos os máximos, quando destrutiva vemos os mínimos.

Análise detalhada de como essa interferência ocorre num caso mais geral é complicada mas se a tela de captura for tomada muito distante algumas simplificações são válidas e observamos o padrão de difração de Fraunhofer. Considerando as grandezas indicadas na figura 1c pode-se mostrar que a posição angular dos mínimos θ_{dark} é tal que:

$$a \sin \theta_{dark} = m\lambda \quad , m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1)$$

Pode-se ainda mostrar que para a difração em fenda única nos critérios de Fraunhofer a distribuição de intensidade segue a fórmula:

$$I(\theta) = I_{max} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}\right)}{\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}} \right]^2 \quad (2)$$

O estudo da difração em fenda dupla deve levar com conta a interferência da luz difratada em uma fenda com a outra e a interferência entre os pontos da própria fenda segundo o princípio de Huygens. A figura 1d mostra as grandezas importantes para o processo. A interferência entre as duas fendas separadas por d nos dá a posição dos máximos em:

$$d \sin \theta_{max} = m\lambda \quad , m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (3)$$



Vale a pena notar que esse é o resultado dos máximos previstos levando em consideração apenas a interferência de uma fenda com a outra. O estudo do padrão de intensidade em fendas duplas levando em consideração também a interferência entre os pontos de uma mesma fenda nos dá:

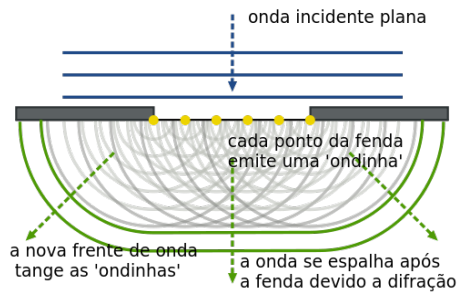
$$I(\theta) = I_{max} \underbrace{\left[\frac{\sin\left(\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}\right)}{\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}} \right]^2}_{\text{fator de difração}} \cdot \underbrace{\cos^2\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)}_{\text{fator de interferência entre as fendas}} \quad (4)$$

Note que o efeito final é uma composição do efeito de interferência de duas fendas com a difração em fenda única, sendo a segunda um envelope para a primeira. A figura 1e ilustra a curva de interferência. Veja que existem máximos previsto pela fórmula 3 que são achatados pelo envelope da difração e aparecem como mínimos.

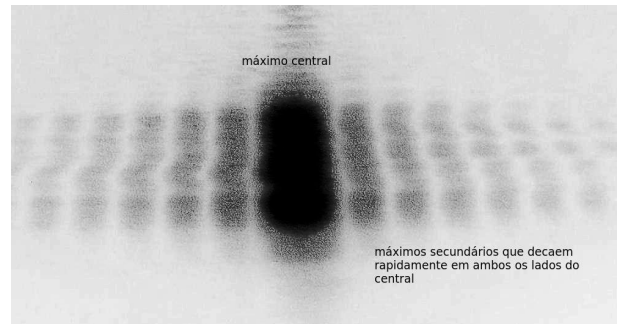
Temos ainda a interferência em redes de difração. Quando tivermos múltiplas fendas cada uma irá interferir em todas as outras produzindo um padrão de difração que é caracterizado pela densidade de fendas N . O padrão observado é mostrado na figura 1f. Como pode ser visto na figura temos estreitos e poucos máximos principais e numerosos máximos secundários. Os máximos principais podem ser achados pela fórmula:

$$d \sin\theta = m\lambda \quad , m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (5)$$

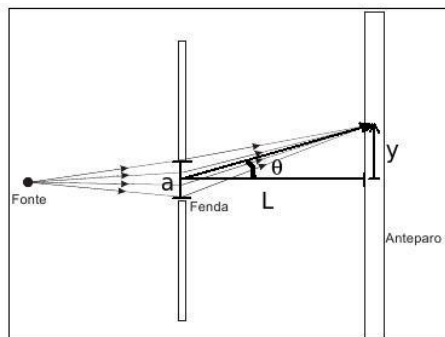
Onde d é a distância entre duas fendas adjacente e pode ser determinado por $d = \frac{1}{N}$. Vemos que os ângulos nos quais os máximos são observados dependem do comprimento de onda λ da luz incidente. Caso um feixe incidente contenha vários comprimentos de onda, estes serão divididas ao passarem por uma rede de difração. Esse comportamento é utilizado para determinar o material atômico que produziu um dado feixe de luz. Sabe-se que as frequência emitidas por um átomo estão relacionadas com os saltos quânticos sofrido pelos seus elétrons. Pelo modelo atômico de Bohr esses saltos estão restritos a determinados valores de energia e são característicos de cada átomo. Uma análise do espectro da luz emitida por um dado material pode então nos dizer que material é este. É assim que podemos saber, por exemplo, o material constitutivo das estrelas ou ainda de um gás a baixa pressão preso em um recipiente sobre o qual se aplica tensão elétrica.



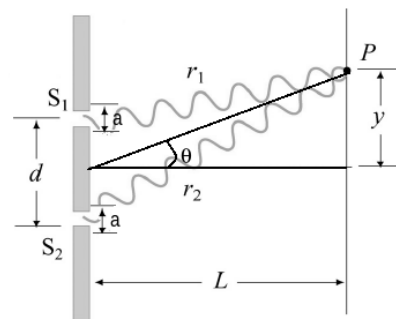
(a) Princípio de Huygens para explicar a difração



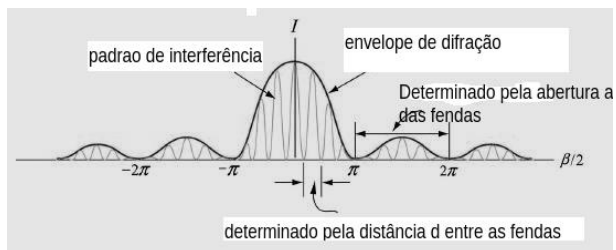
(b) Padrão experimental de difração em fenda simples



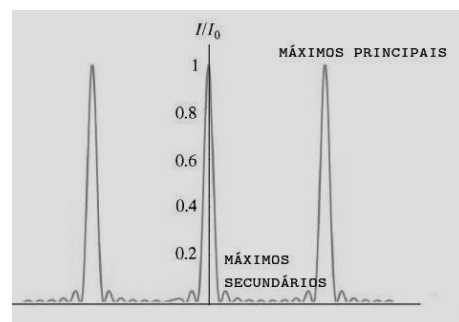
(c) grandezas importantes para a difração em fenda simples



(d) grandezas importantes para a difração em fenda dupla



(e) Padrão de intensidade em fenda dupla



(f) Padrão de intensidade em múltiplas fendas (N = 10)

Figura 1: Difração em diferentes tipos de fenda



4 Procedimentos

Fenda Simples Monta-se o banco ótico como na figura 2a primeiramente utilizando o diafragma na montagem. Liga-se o laser de He-Ne e ajusta-se a posição do suporte e da tela para que se obtenha um padrão nítido de difração. Anota-se a distância D entre a fenda e a tela. Um papel milimetrado é preso à tela de captura para que os padrões possam ser anotados. Variando-se a abertura do diafragma os padrões obtidos são desenhados no papel milimetrado tomando-se atenção para representar a posição, largura e intensidade das franjas luminosas.

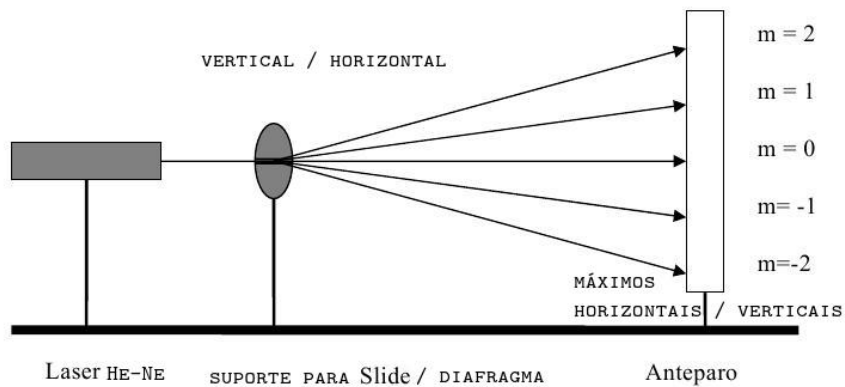
Fenda dupla A montagem é feita agora usando slides de fenda dupla. Ajusta-se o sistema para que o laser incida sobre as duas fendas e para que a imagem obtida na tela seja nítida. O padrão obtido na tela é então anotado no papel milimetrado. Procedimento é repetido para três diferentes slides cada um com uma distância entre fendas diferente. Anotam-se os valores nominais de abertura de fenda e distância entre fendas de cada slide.

Fenda múltiplas A montagem é feita utilizando-se agora slides com diferentes densidade de fendas. As densidades utilizadas são da ordem de dezenas de fendas por cm. Os padrões obtidos são desenhados no papel milimetrado novamente prestando-se atenção para a posição, largura e intensidade dos máximos.

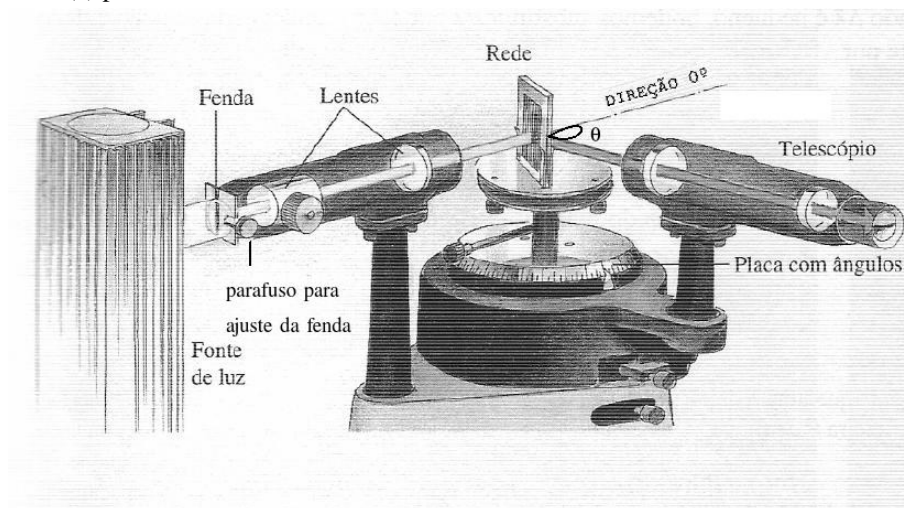
Redes de Difração O procedimento é feito novamente mas utilizando-se densidade de fendas da ordem de centenas de fendas por mm. Mede-se as 'alturas' dos máximos para que se possa determinar os ângulos de máximo e posteriormente a densidade de ranhuras experimentalmente.

Determinação de espectros Passamos agora para a montagem do espectroscópio na figura 2b. A lâmpada utilizada é de mercúrio a baixa pressão e a rede de difração possui densidade nominal de 600 linhas/mm. O foco do telescópio e a abertura da fenda são ajustados para que se tenha uma imagem nítida da fenda. Fazendo o telescópio alinhado com a fonte mede-se o ângulo marcado na mesa, esse será o zero nas nossas medidas. Varia-se então a posição angular do telescópio e anotam-se as posições onde a fenda volta a aparecer e a sua respectiva cor nessa condição. Os ângulos medidos são anotados com os valores em que aparecem na mesa, após a coleta de dados subtrai-se o valor do ângulo para a posição 0 definida inicialmente para obter a variação angular a ser utilizada nos cálculos.

Dispersão em um prisma O procedimento anterior é refeito mas colocando um prisma no lugar da rede de difração. O prisma é colocado de forma que sua base triangular fique apoiada sobre a mesa e que o feixe colimado incida sobre sua ponta. Isso é feito para que a dispersão da luz ocorra horizontalmente e não verticalmente.



(a) procedimentos em banco ótico



(b) procedimento em espectroscópio de rede

Figura 2: montagem dos procedimentos

Com o telescópio procura-se as posições angulares em que o feixe é visível e a sua cor.



5 Dados

Os papéis milimetrados em anexo ao relatório nos mostram os padrões obtidos experimentalmente. Os dados dessa seção foram obtidos a partir de medidas retiradas destes papéis.

5.1 Caracterização da difração em fenda única

Observamos que a intensidade da fenda principal diminui na proporção em que a sua largura aumenta, e as intensidades caem também com o número, m , da franja. Estas coisas acontecem de forma proporcional a redução do tamanho da fenda, assim, quanto menor a fenda for, maior a largura da franja e menor a intensidade.

Para os três padrões anotados a tabela a seguir mostra a largura L_n dos máximos centrais:

$L_1 = 2.30 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$
$L_2 = 1.50 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$
$L_3 = 3.70 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$

Tabela 1: Largura dos máximos centrais

Aqui a distância D medida da fenda ao anteparo é:

$D = 213.0 \text{ cm} \pm 0.2 \text{ cm}$

5.2 Caracterização da difração em fenda dupla

Diferente da fenda simples, os pontos observados são menos achatados. Notamos que a distância entre os máximos aumentam e a sua largura diminui a medida que a distância entre as duas fendas diminui. A largura, diferente do primeiro caso onde aumentava a medida que as franjas se distanciavam, aqui elas diminuem a medida que as franjas se afastam.

Neste procedimento usou-se slides de fendas duplas todas com abertura a de:

$$a = 0.1 \text{ mm}$$

A tabela a seguir mostra a distância y ao máximo central para alguns m 's para os 4 pares de fendas utilizados com suas respectivas distância entre fendas D :



Dupla	$y_{max1} \pm 0.5mm$	$y_{max2} \pm 0.5mm$	$y_{max3} \pm 0.5mm$	$y_{max4} \pm 0.5mm$
1ª (D = 0.150mm)	5.5mm	13.0mm	26.0mm	33.5mm
2ª (D = 0.175mm)	5.5mm	12.5mm	18.5mm	25.5mm
3ª (D = 0.200mm)	5.5mm	15.0mm	25.0mm	-
4ª (D = 0.300mm)	3.5mm	6.5mm	13.5mm	16.5mm
5ª (D = 2.000mm)	10.0mm	-	-	-

Tabela 2: alguns máximos para os pares de fendas estudados

Para as 4 primeiras duplas de fendas a distância do slide até o anteparo foi de $L = 2.000m \pm 0.025m$. Para o último caso precisou-se aproximar a tela da fenda para que os pontos pudesse ser marcados. Nesse caso mediu-se $L = (84.0 \pm 0.1)cm$. Os erros nas medidas dos L's se deve a dois motivos: no primeiro caso precisou-se usar 3 réguas milimetradas para se medir a distância e a medida foi feita de forma indireta subtraindo-se duas posições; no segundo caso usou-se apenas uma, mas novamente a medida foi feita indiretamente pela subtração da medida de duas posições, a do anteparo e a do suporte para slide.

5.3 Caracterização de fendas múltiplas

Aqui, quase não se nota a diferença de intensidade nos máximos medidos e nas larguras de fendas e elas são mais igualmente espaçadas.

Medimos no papel milimetrado a distância do primeiro máximo ao máximo central. Os valores obtidos foram:

densidade de fendas (fendas/cm)	$(y_1 \pm 0.5)mm$
80	10.5 mm
100	13.5 mm

Tabela 3: primeiros máximos para fendas múltiplas

5.4 Caracterização de redes de difração

Os máximos observados no procedimento com rede de difração de densidade de ranhuras nominal 600 linhas/mm são listados na tabela a seguir:

ordem n	$y_{mxn} \pm 0.5mm$
0	0.0 mm
1	35.0mm
2	99.5mm

Tabela 4: máximos para rede de difração 600 l/mm



A distância do slide a tela L é:

$$L = (9.00 \pm 0.05)cm$$

5.5 Determinação de espectros

O ângulo marcado na mesa quando o telescópio está alinhado com a fonte é:

$$\theta_0 = (55.50 \pm 0.05)^\circ$$

Os ângulos marcados pela mesa θ_{medido} e a variação do ângulo $\Delta\theta$ em relação ao inicial quando a fenda volta a aparecer e as respectivas cores observadas são:

$\theta_{medido} \pm 0.05^\circ$	$\Delta\theta \pm 0.1^\circ$	cor
69.50°	14.0°	roxo
70.60°	15.1°	azul
72.60°	17.1°	verde
74.60°	19.1°	verde escuro
75.70°	20.1°	laranja
84.70°	29.2°	roxo
87.00°	31.5°	azul
91.80°	36.3°	verde-azul
96.50°	41.0°	verde
99.40°	43.9°	laranja

Tabela 5: ângulos

5.6 Dispersão por um prisma

Nessa etapa anotamos somente as cores e a ordem em que aparecem. Olhando-se de cima a montagem 2b as cores aparecem ao girarmos o telescópio no sentido horário a partir da posição de 0° definida. Elas aparecem na seguinte ordem: laranja, verde e azul. Nota-se também que nesse procedimento a separação das cores é muito menos eficiente do que no processo com rede de difração, as faixas estão muito mais próximas umas das outras e é difícil diferenciar cores próximas.



6 Análise de Dados

6.1 Caracterização da difração em fenda única

Podemos usar o fato de a largura do máximo central ser duas vezes o y do primeiro mínimo para obter:

$$y_{1_{\min}} = \frac{L_{\max}}{2}$$

Podemos usar a aproximação para pequeno ângulos:

$$\sin \theta \simeq \tan \theta = \frac{y}{D}$$

Conhecendo o comprimento de onda do laser $\lambda = 632.8nm$ podemos determinar a largura da fenda usando a equação 1 da introdução com $m = 1$.

$$a = \frac{m\lambda}{\sin \theta_{\text{dark}}} \simeq 2 \frac{1 \cdot \lambda}{L_{\max}}$$

A abertura da fenda para os três padrões obtidos é:

L máximo	abertura da fenda calculada
$L_1 = 2.30 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$	$55 \pm 1 \mu\text{m}$
$L_2 = 1.50 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$	$84 \pm 3 \mu\text{m}$
$L_3 = 3.70 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$	$34.2 \pm 0.4 \mu\text{m}$

Onda a propagação do erro foi feita utilizando a fórmula:

$$|\Delta a| \leq \left| \frac{2\lambda}{L_{\max}^2} \cdot \Delta L_{\max} \right|$$

6.2 Caracterização de fendas duplas

Vamos calcular o $\sin \theta$ para os 4 primeiros casos e $m = 2$ com os dados da tabela 6. Primeiramente notamos que para esses casos a distância do slide ao anteparo é muito maior que os y 's envolvidos, portanto para os pequenos ângulos formados podemos aproximar $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \frac{y}{L}$. Com $L = (2.000 \pm 0.025)\text{m}$ para esses casos. A tabela a seguir mostra os senos assim calculados:

Onde o erro do cálculo do seno é dado por:

$$|\Delta \sin \theta| \leq \left| \frac{\Delta y}{L} \right| + \left| \frac{y}{L^2} \Delta L \right|$$



Dupla	$y_{max2} \pm 0.5mm$	$\sin \theta_2$	$\frac{1}{D}(\frac{1}{m})$
1 ^a (D = 0.150mm)	13.0mm	0.0065 ± 0.0003	6666
2 ^a (D = 0.175mm)	12.5mm	0.0063 ± 0.0003	5714
3 ^a (D = 0.200mm)	15.0mm	0.0075 ± 0.0003	5000
4 ^a (D = 0.300mm)	6.5mm	0.00325 ± 0.0003	3333

Tabela 6: alguns máximos para os pares de fendas estudados

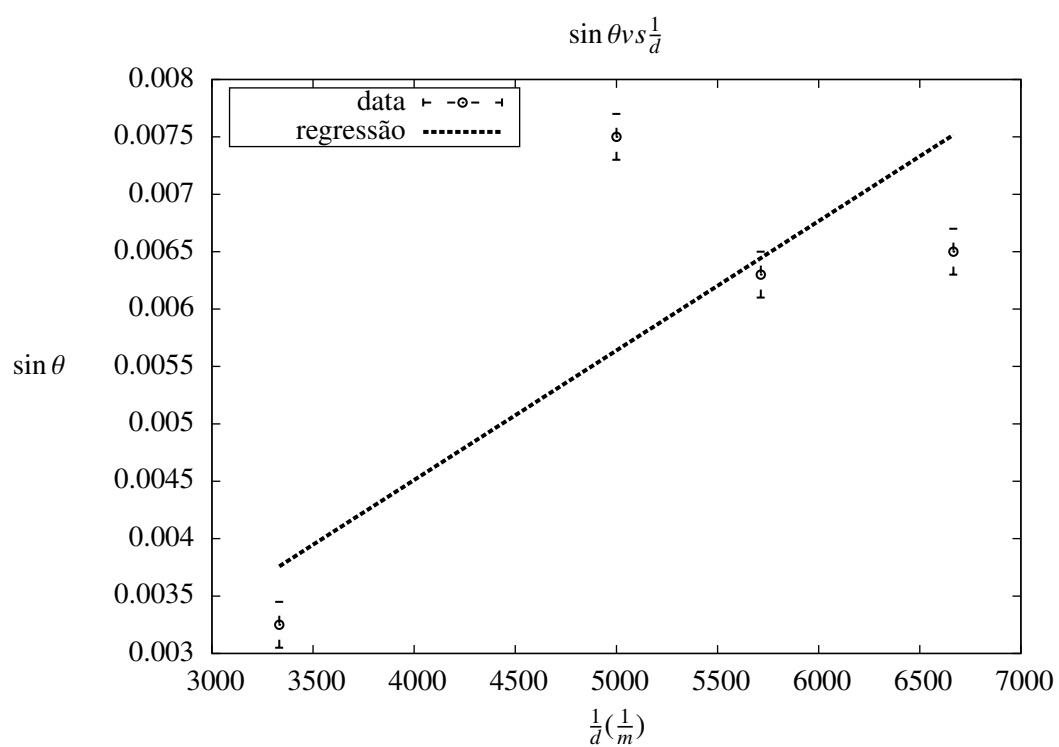
Os dados da tabela são plotados no gráfico 3a. E a regressão obtida é:

$$\sin(\theta) = (0.0000011 \pm 0.0000001) \frac{1}{d} \quad (6)$$

Por construção vemos que o coeficiente angular dessa reta é 2λ . Podemos então achar o λ da fonte como:

$$\lambda = \frac{1.1e-6 \pm 1e-7}{2} = (550 \pm 50)nm$$

Vemos que a margem de erro é muito alta, cerca de 10% da melhor estimativa, ou seja o procedimento não foi preciso. Além disso o valor nominal de 632.8nm está fora da margem de erro e portanto a medida não foi acurada. Vemos no gráfico que um dos pontos ficou distante da regressão, provavelmente ele deve ter tido uma grande influência nessa discrepância. Uma provável fonte de erro nessa etapa é a baixa resolução do padrão de interferência que se obteve na tela. Havia no padrão muito ruído proveniente provavelmente de poeira ou imperfeições no slide. Como a intensidade dos máximos decresce rapidamente, em alguns momentos era difícil decidir se uma certa macha na tela era ruído ou uma franja do padrão de interferência.



(a) gráfico e regressão dos dados de fenda dupla

Figura 3: Gráficos



6.3 Caracterização de fendas múltiplas

Notamos como esperado que o aumento da densidade de fendas aumenta a distância entre as franjas ao mesmo tempo em que torna a intensidade destas mais homogêneas.

6.4 Redes de difração

Para a rede de valor nominal 600 linhas/mm vamos determinar a densidade de linhas experimentalmente. Para isso lembremos da fórmula 5 da introdução. Isolando d obtemos:

$$d = \frac{m\lambda}{\sin\theta} \quad (7)$$

Aqui não podemos fazer a aproximação dos ângulos pequenos que fizemos anteriormente. Fazemos agora $\sin\theta = \frac{y_m}{\sqrt{L^2 + y_m^2}}$

Para $m = 1$ nos dados da tabela 4, $L = (9.00 \pm 0.05)\text{cm}$, $y_1 = (35.0 \pm 0.5)\text{mm}$ e $\lambda = 632.8\text{nm}$ obtemos:

$$d = (1.74 \pm 0.04)\mu\text{m} \quad (8)$$

Onde o erro foi obtido pela fórmula:

$$|\Delta(d)| = |(m\lambda) \left[\left(\frac{-\sqrt{L^2 + y_m^2}}{y_m^2} + \frac{1}{\sqrt{L^2 + y_m^2}} \right) \Delta y_m - \left(\frac{L}{y_m \sqrt{L^2 + y_m^2}} \right) \Delta L \right]| \quad (9)$$

Invertendo d podemos achar N , o número de ranhuras por milímetro:

$$N = (575 \pm 10)\text{ranhuras por mm} \quad (10)$$

Onde o erro foi achado por:

$$|\Delta N| = \left| \frac{\Delta d}{d^2} \right| \quad (11)$$

O valor e a margem de erros calculados não incluem o valor nominal informado pelo fabricante. A margem de erro é de cerca de 1.7% da melhor medida. O procedimento foi portanto preciso mas não acurado.



6.5 Determinação de espectros

Usamos agora o valor de d calculado no procedimento anterior para achar os lambdas que compõe a luz examinada na fonte de mercúrio. A fórmula para o cálculo é $\lambda = \frac{d \sin \theta}{m}$. A tabela a seguir resume os resultados, nas primeiras cinco linhas temos $m = 1$, e nas últimas $m = 2$.

$\theta \pm 0.1^\circ$	λ
14.0°	(421 \pm 10)nm
15.1°	(453 \pm 10)nm
17.1°	(512 \pm 10)nm
19.1°	(569 \pm 20)nm
20.1°	(598 \pm 20)nm
29.2°	(424 \pm 10)nm
31.5°	(453 \pm 10)nm
36.3°	(515 \pm 10)nm
41.0°	(571 \pm 10)nm
43.9°	(603 \pm 10)nm

Onde o erro foi calculado usando a fórmula:

$$\Delta \lambda = \frac{\sin \theta}{m} \Delta d + \frac{d}{m} \cos \theta \Delta \theta \quad (12)$$

*tomou-se o devido cuidado de na fórmula acima usar a variação de θ em radianos e não em graus.

Vemos que todos os valores para $m=1$ coincidem com os valores para $m=2$. Além disso as margens de erro todas abaixo de 4%. As medidas são então precisas. Segundo a referência [5] o espectro do mercúrio contém os seguintes comprimentos de onda(tradução livre):

"435.835 nm (azul), 546.074 nm (verde), e um par em 576.959 nm e 579.065 nm (amarelo-laranja). Existe duas outras linhas azuis em 404.656 nm e 407.781 nm e uma linha fraca 491.604 nm. "

Comparando os valores vemos que tanto os valores de $m=1$ como $m=2$ acertam os comprimentos de 576 e 579 tabelados mas falham nos outros. O procedimento não é portanto acurado.

6.6 Dispersão em um prisma

Nota-se em comparação com a dispersão em rede de difração que no caso do prisma a fenda volta a aparecer somente em uma direção angular(no caso, a horizontal). Na dispersão devido a rede achávamos a fenda ao girar o telescópio nas duas direções. Outra diferença está na ordem em que as cores aparecem. No caso da



dispersão a primeira cor a aparecer ao nos distanciarmos do 0 angular era o azul e a última o laranja, no caso do prisma é justamente o contrário. Outra observação é que o prisma separa muito menos as cores, cores próximas aparecem como um só, sendo possível distinguir apenas 3 faixas, enquanto a rede permite 5.

A diferença no comportamento da sequência de cores se deve a natureza do processo que as separa. No caso da rede a separação ocorre devido a difração e a interferência enquanto no prisma a separação ocorre devido a refrações do feixe na entrada e na saída do material.

6.7 Discutindo o erro

Vemos que tanto o procedimento para se medir a densidade de fendas como para medir o espectro de emissão do mercúrio geram margens de erro baixas e portanto o procedimento é preciso. Os valores achados estão todos na mesma ordem de grandeza que os tabelados mas as margens de erro encontradas não incluem estes, o experimento portanto não foi acurado.

Uma fonte de erro que deve ter gerado essa discrepância dos resultados com os valores esperados é o método de aquisição dos dados. Mais especificamente, a marcação das franjas no papel milimetrado foi feita manualmente e de forma a gerar grandes imprecisões. O papel milimetrado se encontrava fixo ao anteparo por fita adesiva mas o próprio anteparo não estava muito fixo à base, podendo girar em torno de seu eixo. Ao se apoiar sobre a mesa para desenhar a área brilhante sobre o papel diversas vezes não se pôde evitar de que a posição do anteparo fosse modificada ao longo do procedimento. Temos portanto que os dados do papel milimetrado não são tão precisos quanto a divisão desse nos leva a crer. Além claro da dificuldade de se traçar linhas em uma papel apoiado verticalmente.

Outra fonte de erro são as imperfeições nos slides, mais criticamente no slide de fendas duplas. O laser difratado que deveria formar pontos isolados sobre a tela acabava por 'pintar' grande parte da tela, sendo difícil identificar algumas vezes o que era ruído e o que era padrão de difração.

Pode-se concluir da margem de erro achada e da discrepância encontrada que procedimentos que usam o efeito da difração e da interferência podem ser usados para obter medidas muito precisas, da ordem de frações de micrômetros, mas que deve-se ter muito cuidado com o procedimento pois pequenos erros na amostragem dos dados irão gerar resultados errôneos.



7 Conclusão

O experimento permitiu estudar e caracterizar os diferentes padrões de interferência e difração de luz e reforça o caráter ondulatório da luz. Concluiu-se que em fenda simples a largura do máximo central aumenta com a diminuição da abertura da fenda, em fenda dupla o aumento da separação das fendas faz as franjas se aproximarem e em fendas múltiplas o aumento da densidade de fendas distancia as franjas. Foi possível medir a densidade de fendas de um slide em $N = 575 \pm 10 \frac{\text{fendas}}{\text{mm}}$ e esse dado foi usado para se obter o espectro de uma lâmpada de mercúrio. O espectro obtido contém a os comprimentos de onda 421nm, 453nm, 512nm, 596nm, 598nm todos com margem de erro em torno de 4%. As margens de erro obtidas mostram que o procedimento é preciso mas os valores achados divergiram todos dos valores tabelados, o experimento falhou portanto em acurácia. Por fim, foi possível verificar a diferença entre a dispersão causada por difração em rede de fendas e a causada por refração em prisma, observando-se que a primeira é muito mais eficiente para se dividir um espectro do que a segunda.

Referências

- [1] JEWETT, J.W.; SERWAY, R.A. *Física para cientistas e engenheiros* volume 4 : Luz, Óptica e Física Moderna. 8ª ed. São Paulo : Cengage Learning, 2012.
- [2] Autor desconhecido. Huygens–Fresnel principle. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Huygens%E2%80%93Fresnel_principle. Acesso em: 3 de Julho de 2013
- [3] Bill Casselman at UBC: The University of British Columbia. SINGLE SLIT DIFFRACTION PATTERN OF LIGHT Disponível em: <http://www.math.ubc.ca/~cass/courses/m309-03a/m309-projects/krzak/>. Acesso em 4 de Julho de 2013.
- [4] MIT, notas de aula. Electromagnetism, chapter 14: Interference and Diffraction. Disponível em: <http://web.mit.edu/viz/EM/visualizations/coursenotes/modules/guide14.pdf>. Acesso em 4 de Julho de 2013.
- [5] R, Nave. Hyperphysics, Atomic Spectra. Disponível em : <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/atspect2.html#c2> Acesso em 12 de Julho de 2013.