

Instituto de Física “Gleb Wataghin” – UNICAMP
F 809 – Instrumentação para Ensino

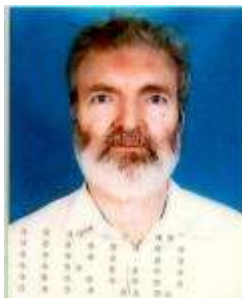
Relatório Final

Lentes Difrativas

Aluna: Maria Clara Igrejas Amon – RA: 024567



Orientador: Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi



Junho / 2006

1- Resumo

O presente trabalho foi resultado de um projeto da disciplina F809 – Instrumentação para Ensino orientado pelo Prof. Dr. José Joaquín Lunazzi. Foram confeccionadas diversas lentes difrativas até obtermos um resultado satisfatório. Este relatório irá descrever todos os procedimentos utilizados e mostrará a análise feita das lentes, bem como discussões sobre dificuldades encontradas pela aluna no decorrer do trabalho.

Também foi realizado um experimento com materiais simples, como uma moeda e uma pequena lâmpada, o qual simulava um eclipse solar. A partir deste experimento foi feita uma discussão sobre o fenômeno da difração presente.

2 – Introdução

A difração é um fenômeno que está associado a desvios da propagação de ondas. Os efeitos da difração são notáveis quando as ondas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da ordem de grandeza do seu comprimento de onda.

No nosso caso iremos estudar a difração da luz (ondas eletromagnéticas).

A primeira publicação sobre o desvio da luz a partir de uma propagação linear foi de Francesco Grimaldi em 1665.

A partir da teoria ondulatória da luz, proposta por Huygens (1678) é que surgiram explicações mais precisas para este fenômeno.

Huygens imaginou cada ponto da frente de onda como centro de uma perturbação, emitindo ondas secundárias. Ele deu uma explicação qualitativa para o fenômeno, porém acreditava que não passava de um problema de múltipla interferência.

Somente no final do século XIX é que foi proposto o primeiro modelo matemático para a difração, conhecido como teoria da difração de Fresnel-Kirchoff. Os resultados descrevem a onda após o anteparo como uma superposição de todas as ondas esféricas pontuais presentes na região da abertura.

Fresnel calculou a distribuição da luz em espectros de difração. Ele ganhou o prêmio da Academia Francesa de Ciências, porém o matemático Poisson, que fazia parte da banca examinadora, discordou da teoria de Fresnel que previa um ponto luminoso no centro da sombra de um objeto circular. Mas Arago, outro membro do comitê, realizou o experimento e confirmou as previsões de Fresnel.

Dennis Gabor, em 1948, propôs uma nova técnica chamada por ele de reconstrução da frente de onda, conhecida hoje como holografia. Quando a luz monocromática está presente ao mesmo tempo com luz difratada ou espalhada por um objeto, então a informação tanto da amplitude quanto da fase da onda difratada (espalhada) podem ser gravadas, independente do fato de o material de gravação responder apenas à intensidade da luz. Ele ganhou o Prêmio Nobel em 1971.

Independentemente, em 1958, Yuri N. Denisyuk também desenvolve a holografia, porém a reconstrução do objeto é feita com luz branca e não monocromática.

A pesquisa em óptica difrativa usa técnicas que modificam um feixe de luz para criar uma nova fonte luminosa. Dessa forma é possível desenvolver tecnologias para fabricar novos microcircuitos optoeletrônicos, como fotodetectores de câmaras fotográficas digitais, fabricação de lentes intra-oculares, além de confeccionar hologramas impressos em cartões de crédito, telas holográficas ou ainda criar imagens artísticas e publicitárias.

As lentes difrativas são usadas focalizar a luz monocromática. Elas são gravadas utilizando o princípio da holografia. Uma lente difrativa consiste em uma série de anéis ou de “zonas radiais” de larguras decrescentes.

Elas também têm uma aplicação recente na astronomia. São utilizadas na fabricação de telescópios espaciais, pois são relativamente insensíveis a imperfeições em superfícies reduzindo distorções e evitando aberrações de imagens.

3 - Descrição do Trabalho e Montagens:

No início do trabalho foi feito um holograma de uma chave, sendo assim introduzido o procedimento de confecção de hologramas e lentes difrativas. Depois deste primeiro contato, o trabalho se direcionou exclusivamente para a confecções de lentes difrativas.

Deve-se seguir o seguinte procedimento:

1) Alinhamento dos elementos da montagem e medição da intensidade de luz que chega no filme holográfico utilizando o fotômetro.

2) Preparação da solução reveladora (50 ml de solução A e 50 ml de solução B)

3) Gravação do filme holográfico

A sala deve estar totalmente escura; pode-se usar um led verde para auxiliar o manuseio, pois este comprimento de onda não interfere na gravação do filme.

O laser deve estar tampado com uma cartolina preta.

O filme é posicionado entre duas lâminas de vidro; prende-se num suporte que está de frente para o espelho 1 (que será especificado melhor adiante)

Faz-se um corte com a tesoura para saber a posição na qual o filme foi colocado no suporte).

Deve-se deixar o filme descansando por 5 min

O filme é exposto por um tempo determinado.

Coloca-se o filme recipiente com as soluções o filme, tampa-se bem, e deixa-se por 5 minutos, mexendo sempre.

Lembrar de se certificar que a caixa com o filme holográfico está fechada antes de acender as luzes!!

4) Revelação

Após os 5 minutos na solução reveladora, coloca-se o filme na água (pode-se passar em água corrente também).

5) Verificação do filme, fazendo a medição da transmissão do filme e após isto que se branqueia o filme.

O holograma é gravado por causa da interferência entre o feixe objeto e o de referência. A lente difrativa é gravada no filme também pela interferência entre o feixe objeto e o de referência, mas agora há uma maior diferença de caminhos ópticos, o que faz com que tenha propriedades de uma lente.

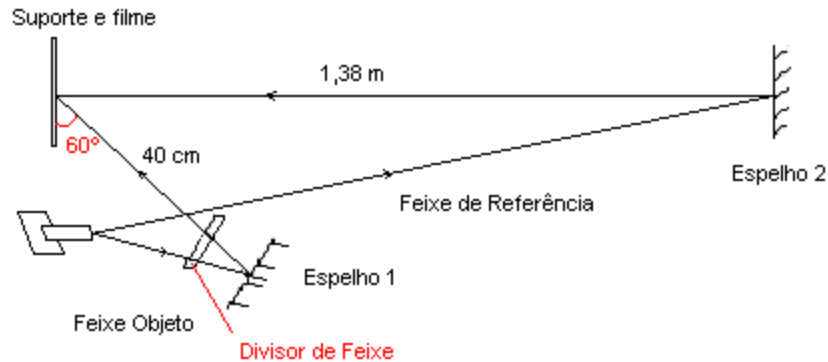
Nas primeiras gravações não obtivemos resultados satisfatórios. Os motivos para isso podem ter sido que não alinhamos direito o aparato, refrações e reflexões nas placas de vidro que estavam na frente e atrás do filme; filme defeituoso; o laser pode não ser muito coerente ou até mesmo o comprimento de coerência do laser pode ser muito pequeno, além de o vidro que ele tem na parte dianteira pode ter interferido. O ar condicionado também interfere na estabilidade do ambiente. Providenciamos então uma placa de vidro pintada de preto para ser posta atrás do filme e toda vez que iria ser feita a gravação, o ar condicionado era desligado.

Ao todo foram confeccionadas 13 lentes difrativas. Até a 4ª lente a gravação foi feita em uma mesa estável, onde os elementos da montagem eram fixados nela. No relatório parcial foi dito que a incidência do feixe provindo do espelho 1 no filme era de 45°, porém cometi um erro. Foi medido novamente o ângulo, e este era de 60°. Dessa forma o cálculo mostrado no relatório parcial da primeira lente foi refeito no presente relatório.

Em algumas lentes fizemos a verificação da eficiência de difração incidindo o laser no filme revelado (com o mesmo ângulo que foi gravado). Conseguimos visualizar a fonte pontual reconstruída; isto ocorre porque o filme está funcionando como uma lente difrativa. Nas primeiras lentes a imagem estava muito fora de foco. A partir da 5ª lente verificamos a eficiência de difração pelo brilho da lente.

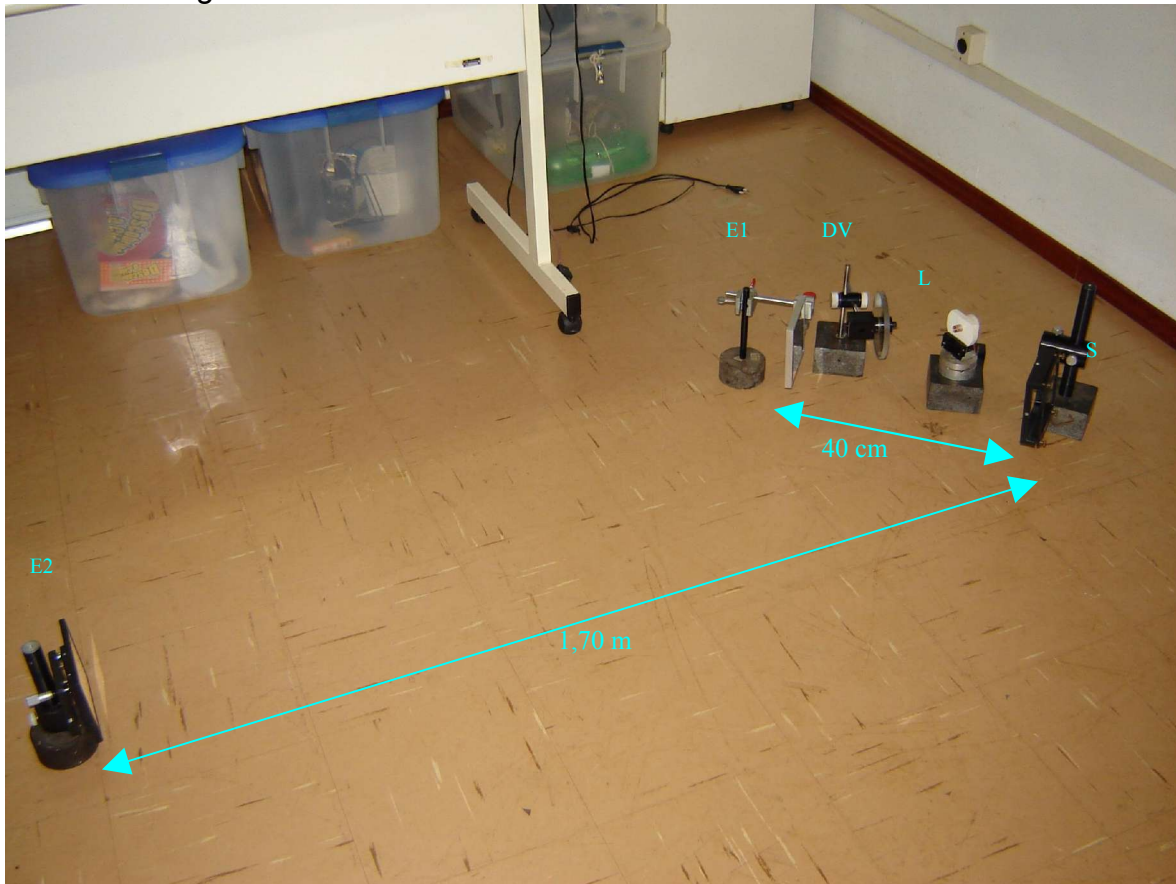
A seguir estão as duas montagens que foram feitas:

- Primeira Montagem (1ª a 4ª lente):



- Segunda Montagem (5ª a 13ª lente):

Agora feita no chão, para que seja possível uma distância maior entre o suporte do filme e o espelho 2. Note que a disposição do suporte(S) foi mudada. Agora o feixe que vem do espelho 2 incide no suporte com um ângulo de 49°, e não mais 60° na montagem anterior.



Abaixo estão outras perspectivas da montagem:



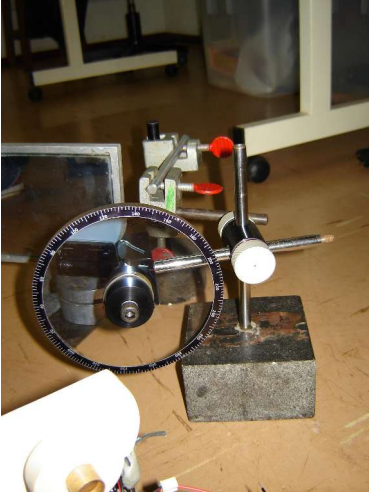
Também foram tiradas fotos de cada elemento da montagem:



Espelho 1(E_1), o qual reflete o feixe objeto



Caneta laser (L) de HeNe com potência entre 1-5 mW da Integraf



Divisor de feixe (DV), o qual divide o feixe do laser em dois. Este é variável, pois pode-se regular o quanto de luz passa e o quanto é refletido.



Espelho 2 (E₂), o qual reflete o feixe de referência



Suporte (S) no qual é colocado o filme holográfico para a realização da gravação

O material utilizado está ilustrado abaixo e com as respectivas descrições:



Temos aqui, da esquerda para a direita e de cima para baixo:

- Recipiente onde se faz a revelação após a gravação do filme
- Tesoura utilizada para cortar uma pontinha do filme, para que se saiba a posição posta no suporte e pinça para manusear o filme
- 2 placas de vidro. O filme fica no meio delas e é fixado no suporte; uma delas está pintada de preto para evitar reflexões
- Caixa onde se encontra o filme



Material para revelação:

Também da esquerda para a direita e de cima para baixo temos:

- Recipiente azul com água e umectante para facilitar a secagem do filme
- Becker
- Pinça
- Recipiente igual ao da figura acima onde se faz a revelação, utilizando soluções A e B
- Recipiente amarelo está com o líquido branqueador
- Recipiente rosa está com água, utilizada após a revelação.

4 - Análise das Lentes Difractivas

Após a gravação de cada lente foi feita toda uma análise que será descrita a seguir:

1ª Lente(20/04/2006) - Tempo de exposição: 7s

- Espelho 1 (E_1 - feixe objeto) : $\Delta V = 41 \cdot \cos 60^\circ = 20,5V$

- Espelho 2 (E_2 - feixe de referência) : $\Delta V = 26V$

$$I_0 = (11,2 \pm 0,1)V$$

$$\bar{I} = 0,2V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,36 |
| 0,22 |
| 0,29 |
| 0,11 |
| 0,12 |
| 0,10 |

• **Cálculo da Transmissão:**

Temos que:

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,20 \pm 0,03)V$$

sendo \bar{I}_1 a média das medidas e I_1 a intensidade que queremos calcular

Este erro acima foi calculado da seguinte forma:

$$\Delta I_{1Total} = \sqrt{(\Delta I_{1S})^2 + (\Delta \bar{I}_1)^2} = \sqrt{(0,01)^2 + (0,03)^2} \Rightarrow \Delta I_{1Total} = 0,03V$$

sendo $\Delta I_s = 0,01V$

Então:

$$T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% = \frac{0,2}{11,2} \times 100\% \Rightarrow T = 1,785\%$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2} = 0,15 \Rightarrow \Delta T = T \times 0,15 = 1,785\% \times 0,15 \Rightarrow \Delta T = 0,3\%$$

$$T = (1,8 \pm 0,3)\%$$

• **Eficiência de difração**

- Intensidade do laser medida com o fotômetro: $(3,9 \pm 0,2) V$
(com filtro azul para não saturar o equipamento)

- Intensidade do pontinho (reconstrução da fonte pontual): $(18,4 \pm 0,2) mV$

• **Cálculo da Energia**

$$\varepsilon = (E_1 + E_2) \cdot t = (20,5 + 26) \cdot 7 \Rightarrow \varepsilon = 325,5.V.s$$

2ª Lente(03/05/2006) - Tempo de exposição: 14s

- Espelho 1 (E_1 - feixe objeto) : $\Delta V = 31,3 \cdot \cos 60^\circ = 15,65V$

- Espelho 2 (E_2 - feixe de referência) : $\Delta V = 20,3V$

$$I_0 = (12,58 \pm 0,03)V$$

$$\bar{I} = 0,18V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,12 |
| 0,21 |
| 0,12 |
| 0,31 |
| 0,21 |
| 0,28 |
| 0,06 |
| 0,12 |

• **Cálculo da Transmissão**

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,18 \pm 0,03)V$$

$$\Delta I_{1Total} = \sqrt{(\Delta I_{1S})^2 + (\Delta \bar{I}_1)^2} = \sqrt{(0,01)^2 + (0,03)^2} \Rightarrow \Delta I_{1Total} = 0,03V$$

Então:

$$T = \frac{I_1}{I_0} \times 100\% = \frac{0,18}{12,58} \times 100\% \Rightarrow T = 1,43\%$$

$$\frac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\frac{\Delta I_1}{I_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2} = 0,17 \times 1,43\% \Rightarrow \Delta T = 0,24\%$$

$$T = (1,43 \pm 0,24)\%$$

• **Cálculo da Energia**

$$\varepsilon = (E_1 + E_2) \cdot t = (15,65 + 20,3) \cdot 14 \Rightarrow \varepsilon = 503,3 V \cdot s$$

3ª Lente(09/05/2006) - Tempo de exposição: 28s

- Espelho 1 (E_1 - feixe objeto) : $\Delta V = 20,6 \cdot \cos 60^\circ = 10,3V$

- Espelho 2 (E_2 - feixe de referência) : $\Delta V = 14,0V$

$$I_0 = (12,58 \pm 0,03)V$$

$$\bar{I} = 0,07V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,05 |
| 0,04 |
| 0,07 |
| 0,06 |
| 0,09 |
| 0,10 |
| 0,05 |
| 0,07 |
| 0,09 |

- **Cálculo da Transmissão**

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,07 \pm 0,01)V$$

$$T = (0,56 \pm 0,08)\%$$

- **Eficiência de difração**

- Intensidade do laser medida com o fotômetro: $(0,88 \pm 0,01) V$
(com filtro azul + verde)

- Intensidade do pontinho (reconstrução da fonte pontual): $(28,7 \pm 0,2) mV$

- **Cálculo da Energia**

$$\varepsilon = (E_1 + E_2).t = (10,3 + 14,0).28 \Rightarrow \varepsilon = 680,4.V.s$$

4ª Lente (18/05/2006) - Tempo de exposição: 28s

- Espelho 1 (E_1 - feixe objeto) : $\Delta V = 34,8.\cos 50^\circ = 22,37V$

- Espelho 2 (E_2 - feixe de referência) : $\Delta V = 26,1V$

$I_0 = (14,50 \pm 0,02)V$ (Dado não muito confiável, pois o fotômetro satura em 14V)

$$\bar{I} = 0,13V$$

| $I = \Delta V (V)$ |
|--------------------|
| 0,11 |
| 0,11 |
| 0,13 |
| 0,17 |
| 0,14 |
| 0,11 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,13 \pm 0,01)V$$

- **Cálculo da Transmissão**

$$T = (0,9 \pm 0,1)\%$$

- **Cálculo da Energia**

$$\varepsilon = (E_1 + E_2).t = (22,37 + 26,1).28 \Rightarrow \varepsilon = 1357,2.V.s$$

5ª Lente (18/05/2006) - Tempo de exposição: 40s

Mudança de Montagem

- Espelho 1 (E_1 - feixe objeto) : $\Delta V = 12,6 V$

- Espelho 2 (E_2 - feixe de referência) : $\Delta V = 20.\cos 49^\circ = 13,127V$

$I_0 = (7,07 \pm 0,02)V$ (Para evitar a saturação utilizou-se um pedaço de papel branco)

$$\bar{I} = 0,375V$$

| I = ΔV (V) |
|------------|
| 0,47 |
| 0,46 |
| 0,31 |
| 0,26 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,38 \pm 0,05)V$$

- **Cálculo da Transmissão**

$$T = (5,3 \pm 0,7)\%$$

- **Cálculo da Energia**

$$\varepsilon = (E_1 + E_2).t = (12,60 + 13,12).40 \Rightarrow \varepsilon = 1028,8.V.s$$

6ª Lente (30/05/2006) - Tempo de exposição: 60s

A partir desta lente, não mudamos mais a posição dos elementos da montagem. Desta forma verificávamos visualmente a intensidade de luz que chegava no filme provinda dos dois espelhos, já que a montagem estava alinhada.

$$I_0 = (7,64 \pm 0,01)V$$

$$\bar{I} = 0,75V$$

| I = ΔV (V) |
|------------|
| 0,93 |
| 0,54 |
| 0,87 |
| 0,37 |
| 0,77 |
| 0,95 |
| 0,84 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,75 \pm 0,04)V$$

- **Cálculo da Transmissão**

$$T = (9,82 \pm 0,52)\%$$

7ª Lente (30/05/2006) - Tempo de exposição: 120s

$$I_0 = (7,78 \pm 0,01)V$$

$$\bar{I} = 0,53V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,726 |
| 0,559 |
| 0,363 |
| 0,544 |
| 0,332 |
| 0,445 |
| 0,628 |
| 0,380 |
| 0,778 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,53 \pm 0,05)V$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (6,81 \pm 0,64)\%$$

8ª Lente (01/06/2006) - Tempo de exposição: 160s

$$I_0 = (9,59 \pm 0,01)V$$

$$\bar{I} = 0,046V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,051 |
| 0,032 |
| 0,030 |
| 0,078 |
| 0,038 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,05 \pm 0,01)V$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (0,48 \pm 0,08)\%$$

9ª Lente (01/06/2006) - Tempo de exposição: 200s

$$I_0 = (9,63 \pm 0,01)V$$

$$\bar{I} = 0,0152V$$

| $I = \Delta V$ (V) |
|--------------------|
| 0,019 |
| 0,012 |
| 0,015 |
| 0,016 |
| 0,014 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (0,015 \pm 0,002)V$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (0,158 \pm 0,021)\%$$

10ª Lente (05/06/2006) - Tempo de exposição: 240s

$$I_0 = (0,360 \pm 0,001)V$$

$$\bar{I} = 9,08mV$$

| I = ΔV (V) |
|------------|
| 0,0091 |
| 0,0079 |
| 0,009 |
| 0,0101 |
| 0,0089 |
| 0,0095 |

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (9,1 \pm 0,3)mV$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (2,53 \pm 0,08)\%$$

11ª Lente (05/06/2006) - Tempo de exposição: 280s

$$I_0 = (0,357 \pm 0,001)V$$

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (8,8 \pm 0,1)mV$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (2,46 \pm 0,03)\%$$

**12ª Lente (06/06/2006) - Tempo de exposição: 160s
(Lente Grande)**

$$I_0 = (0,363 \pm 0,001)V$$

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (10,1 \pm 0,3)mV$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (2,78 \pm 0,08)\%$$

**13ª Lente (05/06/2006) - Tempo de exposição: 180s
(Lente Grande)**

$$I_0 = (0,362 \pm 0,001)V$$

$$I_1 = \bar{I}_1 \pm \Delta I_{1Total} \Rightarrow I_1 = (9,4 \pm 0,2)mV$$

- *Cálculo da Transmissão*

$$T = (2,60 \pm 0,06)\%$$

Esta última lente ficou muito boa, sendo o nosso resultado final. Foi verificado que quando o tempo de exposição era superior a 180s, o brilho da lente diminuía, ou seja, a eficiência de difração diminuía. Isto ocorre pois com o aumento de tempo, a instabilidade do ambiente aumenta também.

Desta última lente, medimos a eficiência de difração com o auxílio do fotômetro. Porém o aparelho que tínhamos não estava bem calibrado, sendo assim, a medida duvidosa. Porém, por efeito de comparação, fizemos a medida da eficiência de outra lente, confeccionada por outro aluno do professor Lunazzi, Marcelo Diamand. A gravação desta foi feita com um laser de He-Ne, muito mais potente. Os resultados que obtivemos foram:

Lente difrativa de Marcelo Diamand (laser He-Ne):

$$I = 0,01254.V$$

$$I_0 = 3,8.V$$

$$\text{Eficiência de Difração} = \frac{0,01254}{3,8} \times 100\% = 0,33\%$$

Lente difrativa de Maria Clara (caneta laser):

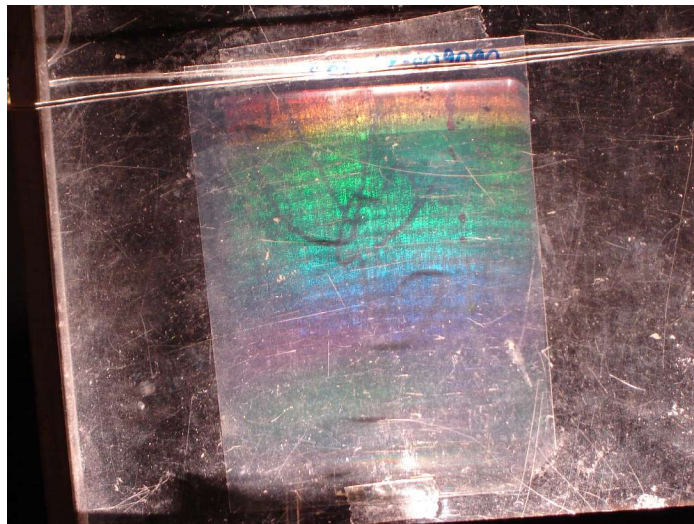
$$I = 0,009.V$$

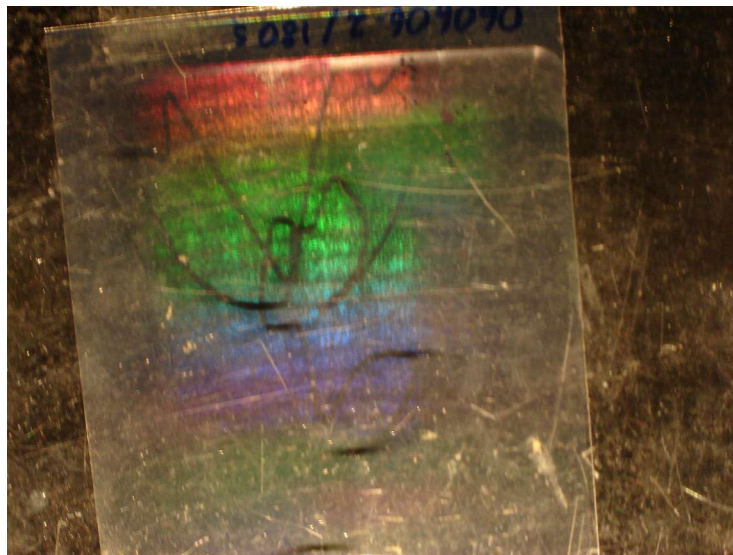
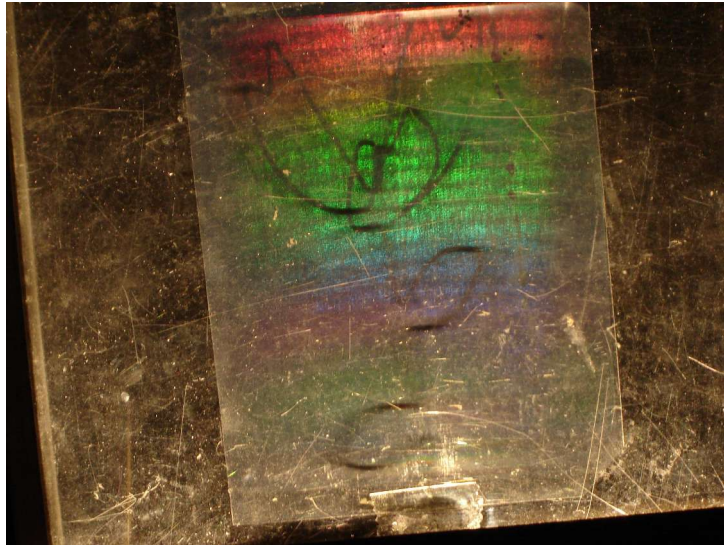
$$I_0 = 3,8.V$$

$$\text{Eficiência de Difração} = \frac{0,009}{3,8} \times 100\% = 0,24\%$$

Vê-se que o valor obtido de eficiência de difração para a caneta laser foi próximo do da lente feita com laser He-Ne.

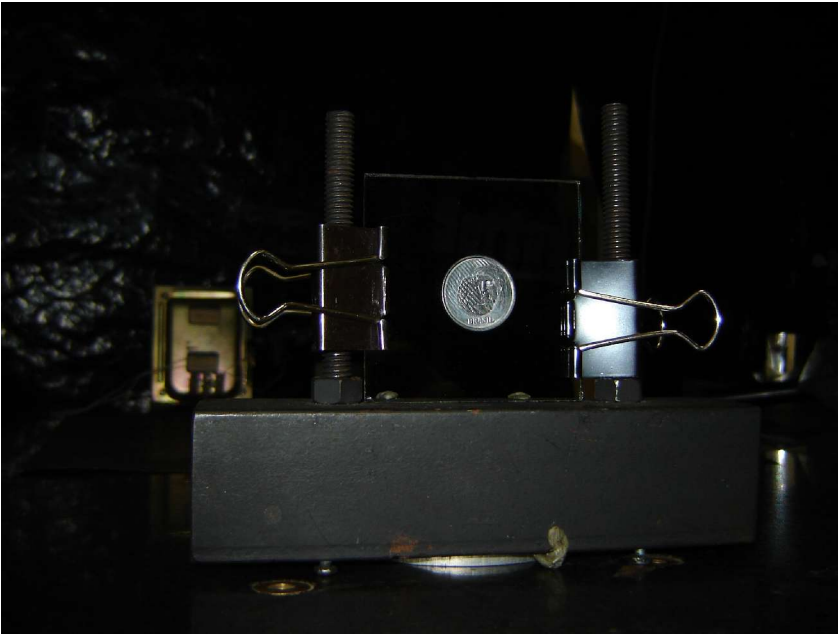
Na apresentação do dia 21/06/2006 esta lente será exposta. Um objeto iluminado por luz branca (lâmpada halogênea) será projetado sobre a lente e o público poderá apreciar o bonito resultado. Seguem algumas fotos da lente e do objeto:



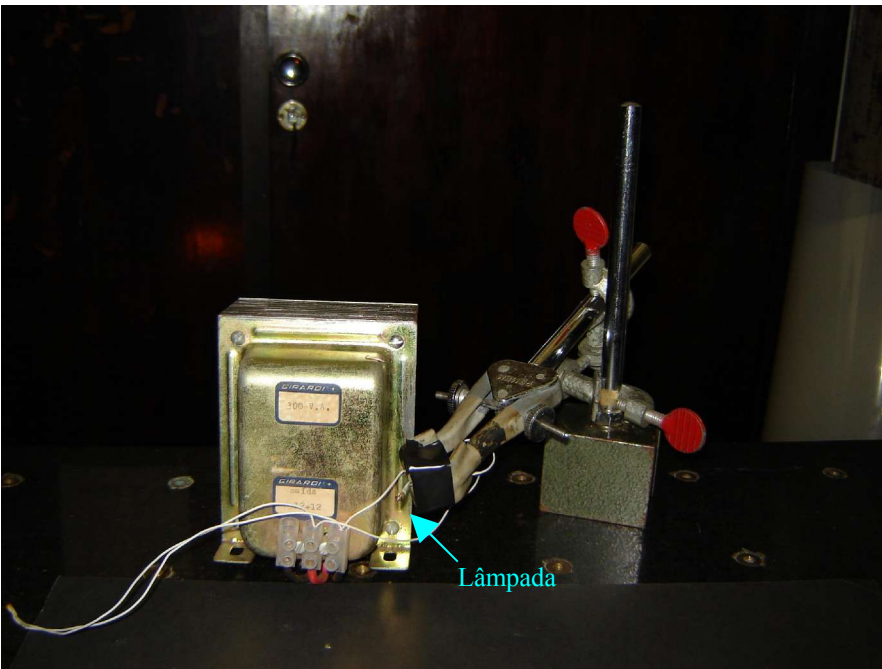


5 - Experimento da Moeda

Este experimento consiste em simular um eclipse solar com uma moeda, que fará o papel da Lua, e de uma pequena lâmpada, que fará o papel do Sol. Abaixo estão as fotos dos elementos do experimento da moeda e da montagem:



Moeda colada numa placa de vidro, que por sua vez está fixada em um suporte

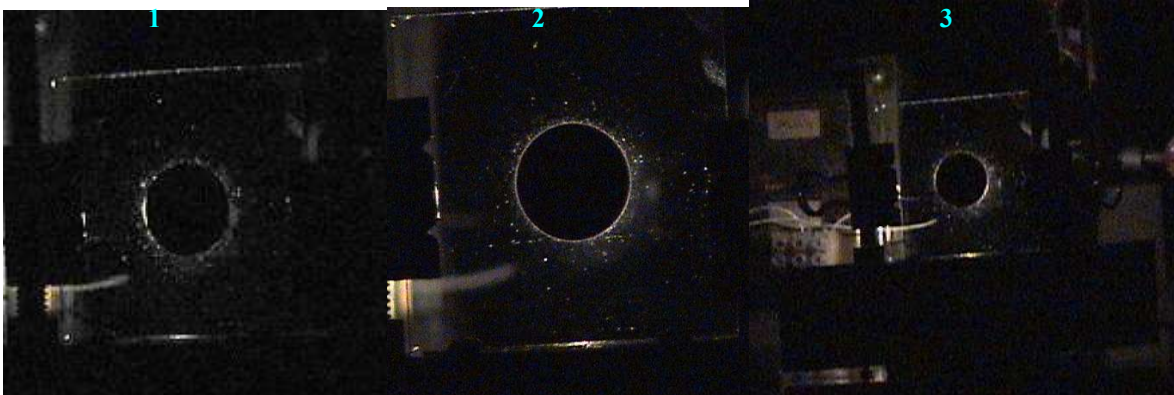


Transformador que alimenta uma pequena lâmpada que está presa a um suporte



O conjunto: moeda e lâmpada

Fizemos várias fotos com a filmadora do Professor Lunazzi, e selecionei estas três para mostrar a simulação de um eclipse solar:



Nota-se que na figura 1 a luz da lâmpada não está totalmente encoberta pela moeda; há uma maior luminosidade no lado esquerdo; na figura 2 simula-se um eclipse total, onde a luz da lâmpada está totalmente encoberta e na figura 3, assim como na 1, há uma maior luminosidade, porém agora no lado direito. Portanto esta seqüência de fotos simula 3 fases de um eclipse. Isto é um indício da presença da difração da luz. Nestas fotos percebe-se a luminosidade da lâmpada se deslocando. Esta é uma análise somente qualitativa, pois as fotos não foram todas tiradas a uma mesma distância, sendo impossível fazer uma análise quantitativa.

Em um eclipse solar a Lua funciona como um anteparo. A luz por sua vez contorna o obstáculo, pelo fenômeno da difração.

A Lua funciona como uma lente difrativa captando a luz do Sol, e permitindo que nós vejamos a luz mesmo estando bem ao centro de sua sombra.

Poderíamos nos perguntar como isso é possível se a Lua é muito menor que o Sol. Embora o Sol seja cerca de 400 vezes maior que a Lua, também se encontra cerca de 400 vezes mais afastado. Se verificarmos os diâmetros angulares da Lua e do Sol no céu vemos que são praticamente os mesmos - cerca de 0.5° . É por esta razão que a Lua parece "caber" perfeitamente no disco solar durante um eclipse total, tapando o brilhante do disco, permitindo ver a atmosfera exterior da nossa estrela, a chamada coroa ou corona solar, durante os preciosos momentos de totalidade.

Uma explicação mais exata seria que a excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol é de 0,0167 e o diâmetro angular do Sol varia 1,67% em torno de sua média de $31' 59''$. A órbita da Lua em torno da Terra tem uma excentricidade de 0,05 e seu diâmetro angular varia 5% em torno de sua média de $31' 5''$, chegando a $33' 16''$ no seu máximo, muito maior que o diâmetro angular do Sol.

No relatório parcial contém algumas fotos de eclipses que servem para se fazer uma comparação com o resultado do experimento da moeda. Estas fotos estão em anexo.

6 – Conclusões

Obteve-se resultados satisfatórios no que diz respeito à confecção de lentes difrativas. O que é interessante é conseguir confeccioná-las com uma caneta laser, sendo um material mais acessível. No experimento da moeda também se conseguiu mostrar o fenômeno da difração presente em eclipses.

Gostaria de deixar meus agradecimentos à orientação do Professor José Joaquín Lunazzi e do doutorando Daniel Souza Ferreira Magalhães. Este último teve participação fundamental no andamento do projeto.

7 - Comentários do Coordenador e Orientador

Comentário feito ao projeto:

02/04/2006

Projeto aprovado, bom trabalho!

Lembre de chamar os arquivo: MariaC_LunazziP.pdf (agora não precisa mais). Na próxima sim:

MariaC_LunazziRP.pdf

Comentário feito ao relatório parcial:

10/05/2006

Nota 10. O trabalho experimental está muito bom, o que falta é descrever uma lente difrativa e seus usos.

Também, a descrição da difração de Arago e foto dessa difração obtida com uma moeda com luz branca e laser.

8-Referências

- [1] <http://www.eba.ufmg.br/hololab/index.html> (Equipamentos Ópticos)
- [2] <http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-14.html> (Definição de Difração)
- [3] MAGALHÃES, Daniel Souza Ferreira. Estudo de imagens por dupla difração com seleção de luz branca e elementos definidos bidimensionalmente. Campinas- SP Tese de Mestrado
- [4] <http://www.ifi.unicamp.br/~cescato/F602/Optica%20Aplicada5a.pdf> (Difração)
- [5] <http://www.llnl.gov/str/March03/Hyde.html> (Utilidades das Lentes Difrativas)
- [6] Relatório Parcial de Maria Clara Igrejas Amon

8 – Anexos

Seguem fotos de eclipses solares úteis para compararmos os resultados do experimento da moeda:

