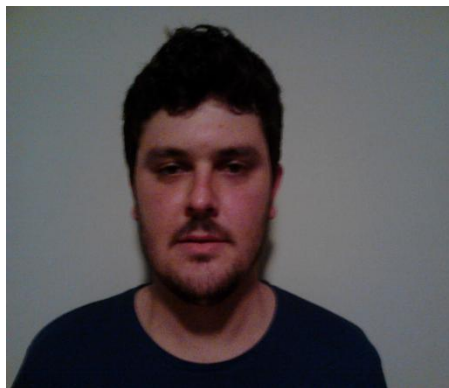


Relatório final de f-609 Tópicos de física experimental I

Fotografia LIPPMANN



Aluno: Bruno Bertipaglia Regiani
brunobertipaglia(a)hotmail.com
Orientador: Antonio Carlos Costa
Accosta(a)ifi.unicamp.br

Introdução

Neste relatório iremos demonstrar os processos utilizados para produção de fotografia colorida, através da técnica desenvolvida por Gabriel Lippmann (1908), o método consiste basicamente em produzir uma emulsão na qual será aplicada em uma lâmina de vidro. Posteriormente realizaremos exposições a fim de gravar na emulsão a imagem desejada. Os procedimentos utilizados serão relatados ao longo do relatório.

Resultados atingidos

Ao longo do experimento, realizamos a produção de 6 lâminas com substrato, dividido em 3 bateladas, realizaremos uma descrição das exposições mais relevantes.

Para primeira exposição utilizamos como fonte de luz o laser de He-Ne, a fim de verificarmos qual seria a sensibilidade da emulsão produzida. Realizamos a exposição do laser em um objeto, e sua reflexão incidindo na lâmina contendo o substrato, após 2 horas de exposição, submetemos a placa à revelação. Não foi possível verificar a gravação de imagem.

Realizamos ainda uma segunda exposição, repetindo a montagem anterior, diferindo apenas no tempo de exposição, sendo este de 5 horas, o resultado obtido se repetiu (sem gravação de imagem).

Posteriormente produzimos mais duas placas, sendo relevante somente a segunda lâmina exposta. Nesta amostra incidimos luz branca em uma rede de difração (figura 3), e o espectro direcionamos para a placa com o substrato (figuras 4 e 5), foi exposta por um tempo de 3 horas e 30 minutos. Logo em seguida realizamos a revelação e novamente não foi verificada imagem na placa.

Novamente realizamos produção de emulsão, neste caso a emulsão apresentou um aspecto diferente das anteriores, coloração levemente mais escura, desta forma resolvemos repetir a montagem anterior, com

um tempo de exposição maior, cerca de 5 horas. Após a revelação não conseguimos imagem na placa.

Na última placa produzida, modificamos a montagem. Pois foi levantada a suspeita, que o espelho que estava sendo utilizado, poderia não ser de primeira superfície. Desta forma o substituímos por um pequeno espelho plano (figura 6 e 7), no qual tínhamos certeza de suas características.

Quanto a forma de expor, novamente utilizamos o espectro de luz branca e acrescentamos um laser de He-Ne (figura 8), para novamente verificarmos a sensibilidade da emulsão. Após a exposição de 3 horas e 30 minutos, realizamos a revelação, e ainda não foi possível verificar a formação de imagem.

Um ponto relevante, seria que com a exposição do laser, o tempo necessário para gravação deveria ser em torno de 45 minutos, o que não ocorreu em 3 horas e 30 minutos.

Utilizamos como fonte de luz branca uma lâmpada halógena de 100 W.

Abaixo segue um quadro resumido com as principais informações de cada procedimento.

Placa	Emuls.	Exposição(Luz)	Tempo Exp. (Hs)	Tipo de espelho	Suporte
1	I	Laser He-Ne	2	Plástico "espelhado"	2 paraf.
2	I	Laser He-Ne	5	Plástico "espelhado"	2 paraf.
3	II	Luz branca (Reflexão do objeto)	3	Plástico "espelhado"	3 paraf.
4	II	Luz branca (Reflexão do espectro pela rede de difração)	3 1/2	Plástico "espelhado"	3 paraf.
5	III	Luz branca (Reflexão do espectro pela rede de difração)	5	Plástico "espelhado"	3 paraf.
6	III	Luz branca (Reflexão do espectro pela rede de difração) e laser de He-Ne	3 1/2	Espelho circular plano	3 paraf.

Tabela 1 – Principais informações. Em emulsão mostra em qual batelada foi produzida.

Fotos do projeto



Figura 1 – Aquecimento e agitação da emulsão.

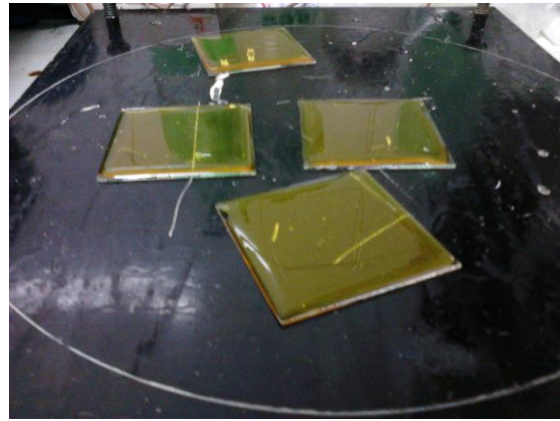


Figura 2 – Aplicação da emulsão nas lâminas e secagem.



Figura 3 – Luz branca e seu espectro.

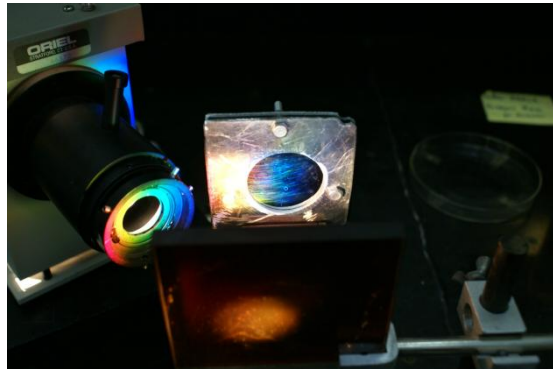


Figura 4 – Montagem experimental

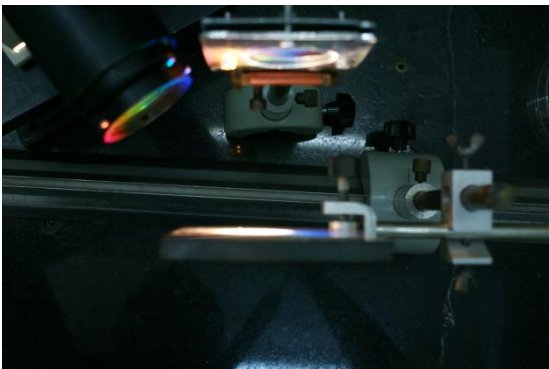


Figura 5 – Montagem experimental, vista superior

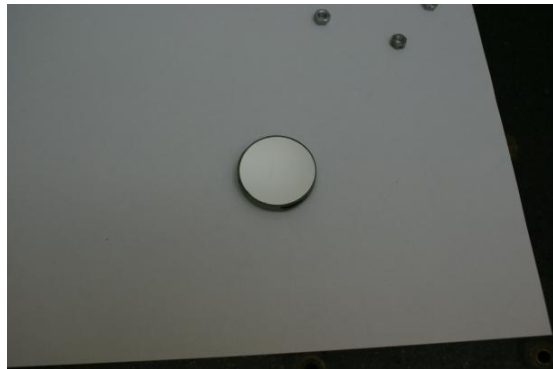


Figura 6 – Espelho plano com diâmetro de 40 mm

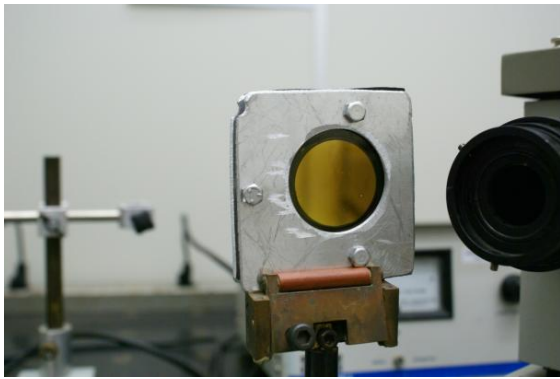


Figura 7 – Montagem com o espelho circular

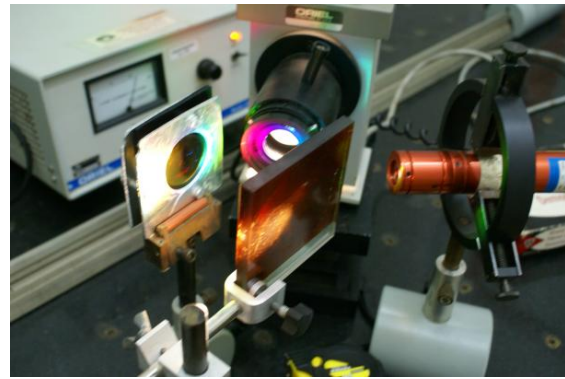


Figura 8 – Exposição com luz branca e laser de He-Ne

Dificuldades encontradas

Ao longo do experimento nos deparamos com uma grande quantidade de fontes de erros, desde a medição dos materiais (pesagem) para produção da emulsão, controle da temperatura para produção, da espessura que deveria ter o substrato na lâmina.

Isto somente na produção de gelatina, além do tempo de exposição a ser definido e espelho utilizado. No decorrer das exposições buscamos nos cercar de informações desta forma reduzindo estas fontes de “incerteza”.

Pesquisa realizada

Para a realização desse projeto a internet foi a minha principal fonte de informações, foram várias buscas por informações e dados utilizando palavras-chave como: Fotografia Lippmann, Lippmann photography, fotografia e interferência, entre outras variações dessas mesmas palavras.

As principais referências encontradas são as citadas acima no projeto além de mais algumas que nos ajudaram a analisar melhor o efeito.

I. www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/biedermann/

Este site demonstra a importância do método de Gabriel Lippmann para produção de fotografias, e quanto este método baseado no fenômeno de interferência foi revolucionário.

II. www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica05.htm

Este site passa uma idéia geral do contexto histórico em que se passava a década de desenvolvimento do método de fotografia criado por Lippmann.

III. http://en.wikipedia.org/wiki/Gabriel_Lippmann

Este site traz uma breve biografia da vida de Lippmann e suas conquistas no meio acadêmico, além de outras descobertas como ferramentas para a astronomia e para medição do tempo.

IV. www.cursodefisica.com.br/optica1/03-holografia-holograma-laser.pdf

O site demonstra de maneira muito prática como se dá a formação de uma imagem de holograma feita com laser, a demonstração é feita com imagens que facilita muito a compreensão do leitor.

V. www.ifi.unicamp.br/~cescato/Disciplinas_arquivos/OpticaAplicada.pdf

Este tutorial traz uma análise detalhada dos fenômenos de interferência, demonstrando a ocorrência da diferença de fase na reflexão e análise do batimento, tratando estes assuntos com rigor mais prático.

VI. G.R.Fowles, Introduction to modern optics, Second edition, Dover Publications.

Este livro trata do mesmo tema no tópico citado acima, mas realiza um tratamento matemático mais detalhado e algebricamente mais aprofundado.

Descrição do projeto

A respeito da descrição do projeto primeiramente poderíamos realizar a priori para um público de nível mais básico a seguinte descrição.

Posicionamos o objeto(carruagem) afim de que a luz refletida do objeto colida na placa, deste modo a luz atingindo-a, após algum tempo passamos a placa por uma solução afim de revelá-la, após a revelação verificaremos que a luz "marcou" a gelatina que esta na placa, a imagem "marcada" é muito parecido com a imagem do objeto. Isto ocorre porque a luz reorganiza a estrutura da gelatina, de acordo com a luz que ele foi exposta.

Já para um público de ensino médio poderíamos realizar a seguinte análise. Colocamos o objeto com intuito de absorver a luz refletida do

objeto, incidimos a luz refletida do objeto no espelho, com o espelho realizando a reflexão da luz, sabendo que temos uma onda indo a caminho do espelho, e outra vindo do espelho, geramos uma diferença de caminho, com esta diferença temos a gravação da imagem na emulsão de gelatina que foi aplicada na placa, após algumas horas de exposição, temos a imagem revelada com uma solução de álcool e água. Após a revelação realizamos a exposição da placa a luz branca e temos a cópia (fotografia), do objeto que a placa fora exposta.

Já para estudantes de graduação poderíamos trabalhar com a matemática um pouco mais avançada.

Tomemos como referência a luz como a onda que esta em direção a placa, esta onda apresenta a seguinte função:

$$U = U_0 e^{i(k.r - \omega t)} \quad (1)$$

Onde U_0 : Amplitude;

ω : Frequência Angular;

k : Vetor de propagação;

Sabendo que:

$$k.r - \omega t = k_x x + k_y y + k_z z - \omega t = \phi \quad (2)$$

Sendo que ϕ : Constante de fase

Peguemos a equação 1 e tomemos duas ondas, uma que esta refletindo na superfície da lâmina e outra no espelho, sendo estas com pequena diferença de fase:

$$k + \Delta k \text{ e } \omega + \Delta \omega, \text{ para a onda 1} \quad (3)$$

$$\text{E } k - \Delta k \text{ e } \omega - \Delta \omega, \text{ para a onda 2} \quad (4)$$

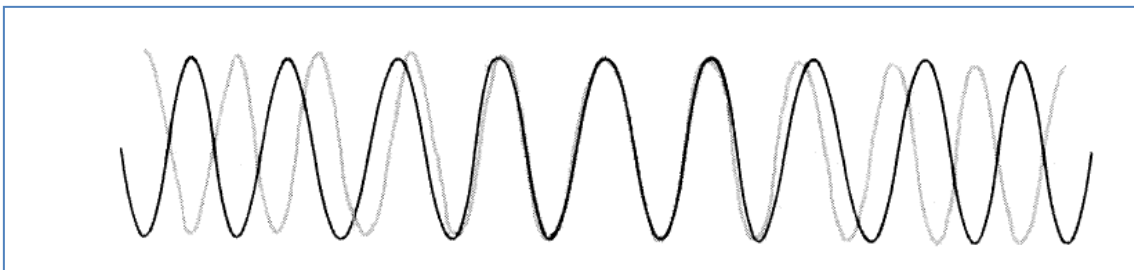


Figura-1 representando 2 ondas com pequena diferença de fase

Após substituirmos em 1 e somarmos teremos:

$$U = U_0 e^{i[(k+\Delta k)z - (\omega+\Delta\omega)t]} + U_0 e^{i[(k-\Delta k)z - (\omega-\Delta\omega)t]} \quad (5)$$

Desenvolvendo

$$U = U_0 e^{i(kz - \omega t)} [e^{i(z\Delta k - t\Delta\omega)} + e^{-i(z\Delta k - t\Delta\omega)}] \quad (6)$$

Substituindo a parte imaginária com cosseno

$$U = 2U_0 e^{i(kz - \omega t)} \cos(z\Delta k - t\Delta\omega) \quad (7)$$

Separando os termos temos $2U_0 e^{i(kz - \omega t)}$ como a função que expressa a onda dentro do envelope e $\cos(z\Delta k - t\Delta\omega)$ como sendo a função que representa o envelope, segue uma figura abaixo para uma demonstração mais clara:

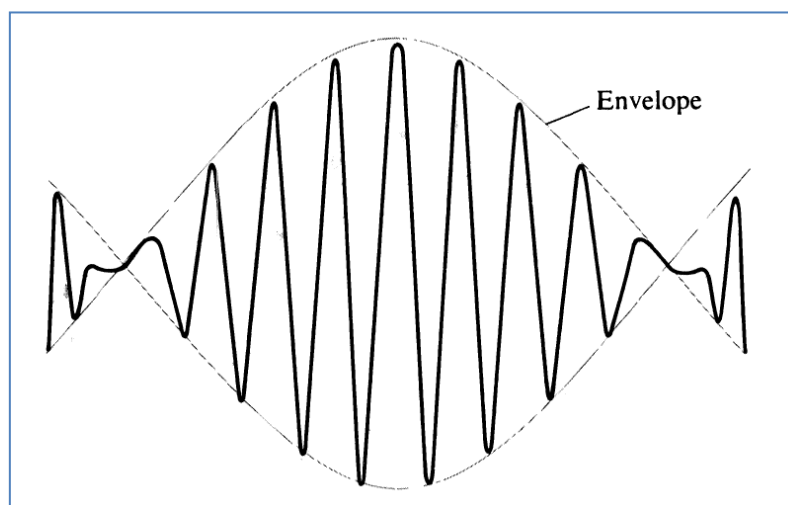


Figura 2 – A onda resultante com a combinação de duas ondas com pequena diferença de fase, com sua envoltória (envelope).

Esta pequena diferença de fase citada acima deve-se pela reflexão da luz no espelho que encontra-se atrás da lâmina com a emulsão, desta forma temos a formação desta onda estacionária sobre a emulsão que acaba por modificar a estrutura da emulsão, após a revelação esta estrutura fica evidente.

Conclusão

Concluo que este experimento esta sendo de grande valia, pois esta me ajudando a ter experiência na elaboração e no seu planejamento. Desde sua escolha, organização, execução e análise matemática.

Outro ponto a destacar, é a busca pela abordagem didática ideal, sendo que para pessoas de diferentes graus de conhecimento, teremos diferentes análises.

Além do que, estes experimentos nos proporcionam uma vivência, na metodologia científica e sua organização

Em relação ao produto até agora obtido, ainda não conseguimos a produção da imagem, sei que cada não acerto, me aproximo mais do sucesso do experimento.

Ao longo das próximas semanas continuaremos realizando exposições a fim de atingir o objetivo proposto.

Referências

- I. www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/articles/biedermann/
- II. www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica05.htm
- III. http://en.wikipedia.org/wiki/Gabriel_Lippmann
- IV. www.cursodefisica.com.br/optica1/03-holografia-holograma-laser.pdf
- V. www.ifi.unicamp.br/~cescato/Disciplinas_arquivos/OpticaAplicada.pdf
- VI. G.R.Fowles, Introdution to modern optics, Second edition, Dover Publications.

O meu orientador realizou os seguintes comentários:

O aluno demonstrou empenho e interesse no projeto. Nosso problema foi que na literatura não encontramos todas as dicas necessárias para a confecção da emulsão, para a montagem da exposição e principalmente faixa de sensibilidade x tempo de exposição. Acredito que o projeto é bastante interessante e vale investir mais tempo em seu desenvolvimento.

