

Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física “Gleb Wataghin”



**Relatório Final: Exposição de Holografia-
Experiências de Reflexão, Refração, Difração e
Holoprojeções.**

Orientador: Professor José J. Lunazzi

Aluno: Rodrigo Araujo



Resumo

Este projeto teve como objetivo levar ao público em geral os conceitos básicos da holografia e da óptica básica do ensino médio por meio de demonstrações e experimentos. Para isso foram realizadas três seções para grupos de alunos do ensino médio que participaram do UPA (Universidade de Portas Abertas) e para alunos da Unicamp. O convite foi feito aos alunos do Instituto de Física para e no Unicamp Hoje para o resto da comunidade participar desse evento, que ocorreu nos dias 20 de outubro e 03 de novembro, das 17h às 19hs deste mesmo ano. Para suprir uma eventual carência teórica deixada por algumas escolas que não abordam de forma detalhada os conceitos básicos de óptica, apresentamos uma aula inicial ao público presente, a fim de que os participantes do evento pudessem acompanhar a exposição. Mostramos hologramas logo na entrada para a aula inaugural, apresentamos o vídeo do professor José Lunazzi, “Introdução à Holografia”, que ilustrou com detalhe a maneira como um holograma é produzido e abordamos conceitos de difração e interferência. Com o auxílio de um microcomputador. Fizemos ainda demonstrações de estereogramas, gerando pares estereoscópicos e estereogramas simples que puderam ser vistos com o auxílio de óculos coloridos.

Aula expositiva:

Nesta aula fizemos uma apresentação projetada desenvolvida por alunos do semestre anterior, dividida em duas partes. A primeira explica os conceitos básicos da óptica, tais como sombra, interferência, refração, reflexão e difração. Ilustramos técnicas para formação de imagens em perspectiva, e apresentamos imagens estereoscópicas. Sem esquecer que usamos um experimento desenvolvido por um aluno do ano anterior em F809, que consta de uma lente, um espelho preso a um motor que rotaciona este e um laser que ilumina o espelho. Um feixe em forma cônica é gerado, atravessa a lente, e demonstra o efeito de divergência e convergência da luz, pois ao atravessar a lente numa determinada distância, este cone de luz concentra-se em um único ponto. Este foi um belíssimo artifício para ilustrar os conceitos de convergência e divergência. Ao fim da apresentação das imagens estereoscópicas, os participantes foram convidados a participar da exposição nos dirigindo até à “Casinha” no Pavilhão da Óptica do Instituto de Física com os experimentos descritos no item 2.1. Ao fim deste percurso, os participantes foram novamente reunidos para assistirem o fim da aula teórica, apresentando o vídeo sobre holografia, falamos sobre os conceitos de holografia e terminamos com uma breve explicação do desenvolvimento cronológico das pesquisas desenvolvidas no laboratório de óptica pelo professor Lunazzi sobre este assunto. Todo aparato desenvolvido no computador foi feito no programa livre Open Office, gerando uma oportunidade ao nosso grupo de aprender a utilizar este novo recurso.

Exposição

Dinâmica Expositiva:

Após o término da aula inaugural, deu-se início à exposição propriamente, que contou com dois diferentes espaços, dos quais cada monitor ficou responsável por uma parte. Tivemos uma sala de aula (ED02) na faculdade de educação, onde ocorreu a exposição do experimento de convergência de raios luminosos descrito anteriormente. Na Casinha

tivemos a exposição de experiências com feixes gerados por fendas, envolvendo refração (observação do desvio sofrido por um feixe luminoso ao atravessar um bloco de vidro), reflexão (utilizando espelhos planos e esféricos e uma lâmpada semi-espelhada) e difração (utilizando uma rede de difração). Na outra sala, sob responsabilidade do monitor Márcio, tivemos experiências de interferência com luz e interferência por uma lâmina de sabão e houve também no mesmo local exposições holográficas (a sala de exposição pode contar com diversos hologramas para serem contemplados pelos alunos). Na sala de holoprojeção, sob minha responsabilidade, os alunos ainda tiveram contato com a projeção de um holograma em uma holo-tela, com a TV Holográfica (aparato único que projeta uma holo-imagem dos alunos utilizando uma câmera de vídeo, um projetor e redes de difração) e um interferômetro de Michelson projetado por outro aluno no semestre anterior.

Fizemos também, uma nova fonte para o laser de caneta, usando um suporte com pilhas, que foram conectadas ao mesmo por jacarés sabendo que a parte externa era positiva e o outro jacaré na parte da mola que era negativa, preservando a integridade do laser e que se mostrou uma boa alternativa para os experimentos de óptica. Além disso confeccionamos um holograma utilizando esta mesma fonte de laser, mas infelizmente não alcançamos a qualidade desejada.

Relato das exposições:

Primeiramente abrimos oportunidades para os alunos secundaristas que participaram do UPA. Em seguida fizemos exposições destinadas aos colegas do instituto e demais interessados em participarem como telespectadores, para desta forma conhecerem uma nova forma de apresentar a óptica ao ensino médio. Como existe o curso de licenciatura no instituto seria de grande valia apresentar a estes alunos uma diferente forma de motivar suas futuras aulas do ensino médio. Mas houve apenas quatro participantes no total.

Detalhamento do projeto

Apresentação dos experimentos com rede de difração, reflexão e refração:

Com o objetivo levar ao público secundarista os conceitos básicos de formação de imagem, essa parte da exposição de holografia possui os seguintes equipamentos:

- Rede de difração de 500 linhas por milímetro;
- Espelhos côncavos e espelho plano;
- Lâmpada incandescente espelhada pela metade;
- Lâmpada incandescente equipada com anteparos de fenda simples e várias
- Fendas;
- Garrafa descartável cheia d'água;
- Bloco de vidro

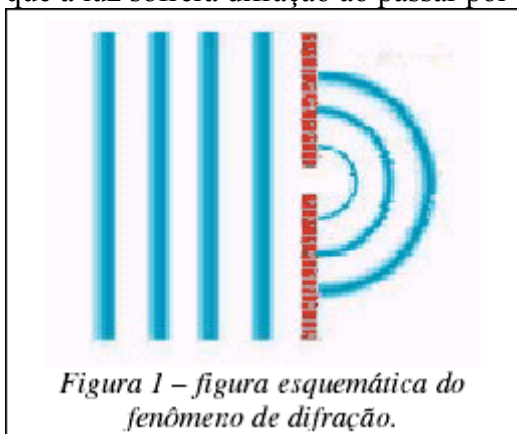
Com esses equipamentos foram montados experimentos para ilustrar fenômenos básicos de óptica. As explicações desses fenômenos bem como os experimentos que os ilustram seguem abaixo.

Difração:

A difração é explicada pelo Princípio de Huygens: quando os pontos de uma abertura ou de um obstáculo são atingidos pela frente de onda eles tornam-se fontes de ondas secundárias que mudam a direção de propagação da onda principal, contornando o

obstáculo. O fenômeno da difração somente é nítido quando as dimensões da abertura ou do obstáculo forem da ordem de grandeza do comprimento de onda da onda incidente. A difração ocorre com qualquer tipo de onda. Nas ondas sonoras, por exemplo, permite que escutemos a voz de uma pessoa que nos chama, mesmo que esta pessoa esteja atrás de um obstáculo. Com a luz também ocorre a difração, porém é mais difícil percebermos a difração de ondas luminosas, porque os obstáculos e aberturas em que a luz incide são normalmente bastante grandes em relação ao seu comprimento de onda.

Entretanto, se fizermos a luz passar por orifícios cada vez menores, observaremos que a luz sofrerá difração ao passar por esse orifício.



Para mostrar este fenômeno são utilizados: uma rede de difração, uma lâmpada incandescente equipada com um anteparo de fenda simples e uma folha de papel branca como é mostrado na figura 2.



Figura 2 – experimento montado na apresentação

Refração:

Quando um feixe de luz incide sobre a superfície de um tanque de água, verticalmente, parte da luz entra na água e propaga-se para baixo ao longo da mesma direção. Se a luz incidir sobre a água obliquamente, o feixe terá sua direção inclinada para baixo. Esta mudança de direção de propagação da luz, ao passar de uma substância para outra, chamamos refração. O ângulo entre o raio refratado e a normal à superfície é o ângulo de refração.



Figura 3 - Difração

Um menino, para fisgar um peixe, deve apontar o arpão para baixo de sua posição aparente. Esse fenômeno é demonstrado na apresentação utilizando-se um bloco de

vidro e um papel com um desenho. O bloco de vidro é colocado sobre o desenho de forma a deixar parte do mesmo fora do bloco, como é ilustrado na figura 4. O fenômeno de difração fica então evidenciado pela diferença de profundidade entre ambas as partes do desenho.



Figura 4 – experimento montado na apresentação

Espelhos

Espelho plano

Em um espelho plano comum, vemos nossa imagem com a mesma forma e tamanho, mas parece encontrar-se atrás do espelho, invertida (esquerda na direita e vice-versa), à mesma distância que nos encontramos dele. Os raios que partem de um objeto, diante de um espelho plano, refletem-se no espelho e atingem nossos olhos. Assim, recebemos raios

luminosos que descreveram uma trajetória angular e temos a impressão de que são provenientes de um objeto atrás do espelho, em linha reta, isto é, mentalmente prolongamos os raios refletidos, em sentido oposto, para trás do espelho. O fenômeno de reflexão em espelho plano é mostrado na apresentação utilizando-se um espelho plano de segunda reflexão.

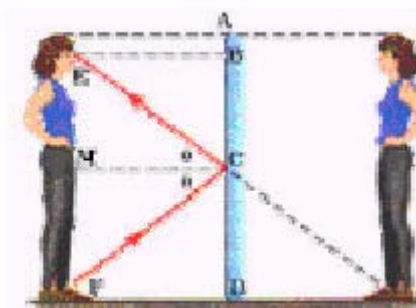


Fig. 5 – Reflexão em espelho plano

Espelho côncavo:

Considere uma esfera de raio R cortada por um plano longitudinal (fig. 6-1). Dessa forma você obtém uma calota esférica. Quando a superfície interna for a refletora, tem-se um espelho esférico côncavo de raio R (fig. 6-2).



Figura 6-1 a) Obtenção da calota esférica
b) Espelho esférico côncavo
c) Espelho esférico convexo

Elementos de um espelho esférico:

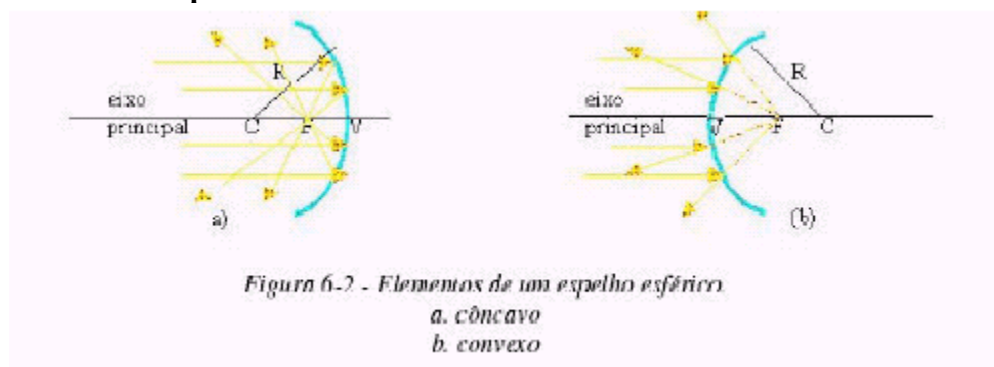


Figura 6-2 - Elementos de um espelho esférico
a. côncavo
b. convexo

Os elementos do espelho esférico da figura 6.2 são:

C _ centro de curvatura (centro da esfera que originou o espelho)

V _ vértice do espelho (pólo da calota)

Eixo principal do espelho reta que passa por CV

R _ raio de curvatura do espelho (raio da esfera que originou o espelho)

F _ foco do espelho

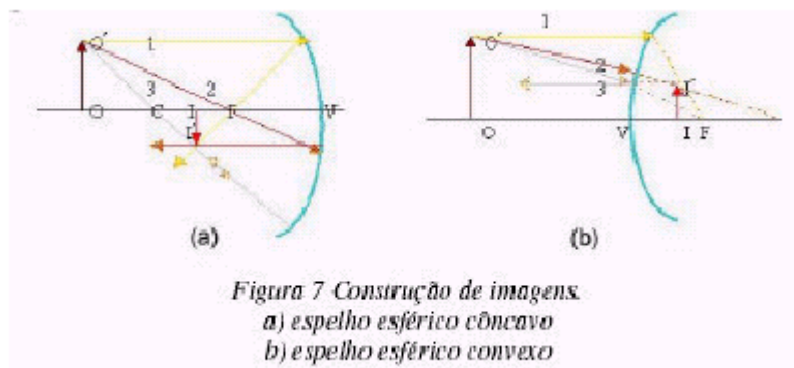
Para determinarmos a localização do foco do espelho basta considerarmos raios que incidam no espelho provenientes de um objeto situado no infinito. Estes raios são paralelos, quando refletem (lei da reflexão), passam pelo foco. Fisicamente o foco seria onde estaria localizada a imagem de um objeto situado no infinito. Geometricamente podemos verificar que a distância focal ($f = FV$) é igual à metade do raio de curvatura ($R = CV$).

$$f = R / 2$$

Construção de imagens em espelhos esféricos:

São utilizados três raios básicos para a construção de imagens (fig. 7):

- 1) Raio que incide paralelo ao eixo principal, reflete passando pelo foco.
- 2) Raio que incide passando pelo foco, reflete paralelo ao eixo principal.
- 3) Raio que incide passando pelo centro de curvatura, reflete sobre si mesmo.



Na fig. 7.a, a imagem I' foi obtida na intersecção dos raios refletidos e ela se forma na frente do espelho. Essa imagem é denominada imagem real e ela precisa de um anteparo para ser vista. Na tela do cinema a imagem que você vê é real (a tela está servindo como anteparo). As características da imagem fornecida neste caso pelo espelho côncavo para o objeto situado antes do centro de curvatura são:

Natureza: real

Orientação: invertida

Tamanho: menor que o do objeto

Posição: entre o centro de curvatura (C) e o foco (F)

Dependendo da posição do objeto na frente de um espelho côncavo, a imagem pode apresentar outras características. Veremos a seguir o caso em que o objeto está no centro de curvatura.

Objeto sobre o centro de curvatura (C) (fig. 8):

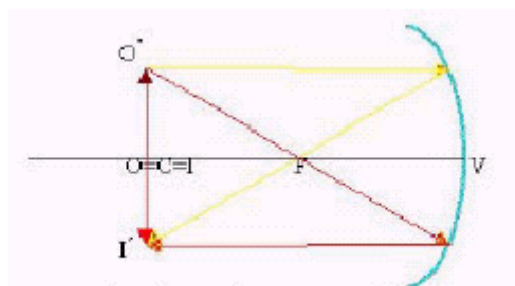


Figura 8 - Objeto sobre o centro de curvatura.

Natureza: real

Orientação: invertida

Tamanho: igual ao do objeto

Posição: sobre o centro de curvatura

Essa situação é mostrada na apresentação utilizando-se uma lâmpada incandescente espelhada até a metade. O filamento da lâmpada fica bem próximo do centro de curvatura e a imagem resultante dá então a impressão de existirem dois filamentos na lâmpada – veja figura 9.

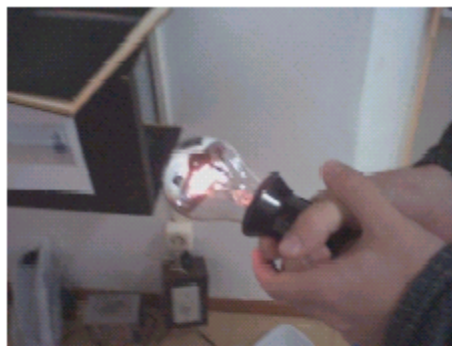


Figura 9 – experimento montado na apresentação

Lentes convergentes:

As leis da reflexão e da refração permitem determinar o caminho dos raios luminosos nos meios transparentes. Essas leis são a base de conhecimento para a construção dos instrumentos ópticos. Em tais instrumentos (lentes de óculos, microscópios, lunetas, máquinas fotográficas etc.) a luz é levada a percorrer um caminho determinado.

As partes essenciais dos instrumentos ópticos são constituídas por lentes esféricas, ou seja, *corpos refringentes delimitados por superfícies curvas*. Elas têm a propriedade de produzir imagens ampliadas ou reduzidas de objetos externos sem grandes deformações. Existem lentes de formas muito diversas, mas, do ponto de vista do efeito que produzem, elas podem ser classificadas em apenas dois grupos:

(1) *Lentes convergentes*. São mais espessas no centro do que nas bordas. São assim chamadas porque fazem convergir para um ponto os raios luminosos paralelos que as atravessam. São convergentes as lupas e as lentes de óculos para hipermetropia.

(2) *Lentes divergentes*. São mais espessas nas bordas do que no centro. Quando atingidas por raios paralelos, elas os fazem divergir, ou seja, abrir-se como um leque. As lentes de óculos para miopia, assim como os olhos-mágicos instalados nas portas, são lentes divergentes.

Um raio de luz que atinge a superfície de uma lente é refratado duas vezes:

primeiramente, quando passa do ar para o vidro; depois, ao passar do vidro para o ar. Em geral, o raio emergente apresenta um desvio em relação à direção do raio incidente. Esse desvio é voltado para a parte mais espessa da lente, ou seja: o raio se desvia para o eixo se a lente é convergente, e se distancia do eixo se ela é divergente. Esse fenômeno é demonstrado na apresentação utilizando-se uma garrafa plástica cilíndrica cheia d'água como lente convergente e uma lâmpada incandescente com um anteparo de várias fendas que ilustra certos raios vindos de um objeto sendo iluminado e refletindo luz. É visível a divergência dos raios provenientes da lâmpada, e é também facilmente observável a convergência dos raios que atravessam a garrafa. Também é possível observar o ponto onde a imagem é formada. O aparato é mostrado na figura 10.



Figura 10 – experimento montado na apresentação

Considerações Finais

Conclusão do projeto:

Este projeto atingiu seu objetivo de introduzir noções de holografia e óptica básica ao público, principalmente os estudantes secundaristas. Hoje, infelizmente, é muito difícil de se encontrar imagens holográficas, visto que a pesquisa na área está quase extinta e a produção de hologramas estagnada. Os hologramas e holoprojeções que estão sendo disponibilizadas neste projeto podem e devem ser consideradas relíquias. Mas sobre tudo o que realmente nos motivou a realizar este projeto é o fato de que a óptica é uma importante parte da física a qual temos diariamente contato, em nosso cotidiano. Como cientistas e educadores, devemos buscar sempre novas formas de levar a física ao público e aos estudantes secundaristas, e aqui apresentamos uma ótima alternativa. Podemos concluir que desta forma os alunos estariam tendo a possibilidade de aprender na prática os conceitos básicos da óptica, para estabelecerem um paralelo entre a teoria e o mundo cotidiano, e ainda acrescentado em sua bagagem educativa a informação sobre imagens tridimensionais. Espero, ainda, poder desenvolver novos projetos e aplicar este já desenvolvido ao trabalhar como professor em escolas secundaristas, para aumentar o interesse dos alunos pela física.

4.2: Referências Bibliográficas

- (1)<http://www.geocities.com/doctorlunazzi/protTV/protTV.htm>
- (2)<http://www.geocities.com/doctorlunazzi/HORIZONTAL/HORIZONTAL.htm>
- (3)<http://www.geocities.com/doctorlunazzi/cinema/cinema.htm>
- (4)<http://www.holoworld.com/>
- (5)<http://www.videcom.com.br/vcbframe.htm>
- (6)<http://www.holography.ru/gal3eng.htm>
- (7)http://www.geocities.com/doctorlunazzi/ampliacao_de_hologramas/ampliacao.htm
- (8)http://www.geocities.com/Athens/Forum/3853/ensino_de_holografia/introducao_a_holografia.htm