

*Universidade Estadual de Campinas  
Instituto de Física .Gleb Wataghin.*

# ***EXPOSIÇÃO DE HOLOGRAFIA***

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

*Eduardo Salmazo  
Orientador: Prof. José J. Lunazzi  
F 809 . Instrumentação ao Ensino*

Maio de 2003

## ***Introdução***

Este projeto tem como objetivo levar ao público secundarista a noção de holografia. Para isso serão realizadas cinco seções para grupos de alunos do último ano do ensino médio. Convidaremos escolas públicas e privadas para participarem desse evento, que ocorrerá às sextas-feiras de maio, das 10h às 12hs deste mesmo ano.

Alguns colégios não abordam de forma detalhada os conceitos básicos de óptica e por essa razão iremos apresentar uma aula inicial ao público presente para tratar dos conceitos básicos de óptica a nível secundário, a fim de que os participantes do evento possam acompanhar a exposição.

Mostraremos, hologramas logo na entrada para a aula inaugural, apresentaremos o vídeo do professor José Lunazzi, “Introdução à Holografia”, que ilustra com detalhe a maneira como um holograma é produzido, daremos conta também de conceitos de difração e interferência. E ainda será feita uma demonstração de estereogramas que por meio de microcomputador são gerados pares estereoscópicos e estereogramas simples que poderão ser vistos com o auxílio de óculos coloridos.

## ***Aula expositiva***

Nesta aula fazemos uma apresentação projetada desenvolvida por nosso grupo, dividida em duas partes que explica, na primeira 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 no semestre 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 estes conceitos de convergência e divergência.

Ao fim da apresentação das imagens estereoscópicas, os participantes são convidados a participar da exposição dividindo-os em três grupos que seguiram seus monitores até as salas com os experimentos descritos no item Dinâmica Expositiva.

Ao fim deste percurso, os participantes são novamente reunidos para assistirem o fim da aula teórica. Agora é apresentado o vídeo sobre holografia, é falado sobre os conceitos de holografia e termina 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 utilizou programas livres do programa Open Office, gerando uma oportunidade ao nosso grupo de aprender a utilizar este novo recurso.

# Exposição

## *Dinâmica Expositiva:*

Após o término da aula inaugural, dar-se-á início a exposição propriamente, que contará de quatro diferentes espaços, dos quais cada monitor ficará responsável por uma parte.

Teremos duas salas de aula (LL8 e LL1) na faculdade de educação, onde ocorrerá a exposição de experimentos com feixes por fendas: reflexão, refração e difração. E espelhos: lâmpada espelhada até metade, espelho grande, espelho com 70mm de diâmetro que permitirá ver o olho, que ficará sobre responsabilidade do monitor Eduardo. Na outra sala teremos experiências de interferência da luz, interferômetro de Michelson e interferência por uma lâmina de sabão, que será de responsabilidade do monitor Fabrício.

Haverá no prédio da Óptica uma “casinha” com exposições holográficas, que será subdividida em duas partes, a sala de exposição de hologramas que constará de diversas hologramas para serem contempladas pelos alunos, cuja responsável será a monitora Émille, e uma sala de holoprojeção onde os alunos verão a projeção de dois hologramas diferentes em uma holo-tela, que será demonstrada pela monitora Paula.

## *Relato das exposições ocorridas durante o projeto:*

Primeiramente abrimos oportunidades para os colegas de graduação do instituto de Física, e demais interessados para 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 houveram poucos participantes.

Para o segundo e terceiro dia de exposição, foram feitos contatos com o Colégio Rio Branco e com o colégio técnico COTUCA, convidando-os a trazerem seus alunos do último ano do ensino médio para assistirem tal evento. Mas por motivos que não nos cabe comentários, esses colégios não participaram.

Para a quarta exposição, enviamos convite também aos professores de F428 e F429, disciplinas teórica e experimental de física IV, que envolve conceitos ópticos, para que repassassem este convite aos seus alunos. Apenas dois alunos participaram, juntamente com um professor do COTUCA, que embora não tenha vindo com uma turma se interessou muito pela possibilidade de estar mostrando aos seus alunos o que é desenvolvido pelos físicos na Unicamp, desta forma deixando mais próximo destes a realidade científica de hoje.

Num último evento convidamos docentes e funcionários do instituto de física, da faculdade de educação, para não somente participarem do evento, mas assim conhecerem as possibilidades oferecidas pela exposição, tais como aproximar os alunos de ensino médio com a realidade científica, e mostrar uma das tantas atividades que um físico pode vir a desenvolver, mas houve pouco interesse destes também, o que nos deixou uma grande dúvida.

O que é preciso fazer para levar ao público alvo nossa exposição? Como mostrar aos professores e estudantes a importância do contato entre os futuros alunos do nível superior com a Universidade? E acima de tudo sanar problemas como falta de transporte, disponibilidade de horário, adequação do conteúdo ao nível do público presente.

## ***Explicação detalhada do meu trabalho***

### ***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 espectralizada pela metade;
- Lâmpada incandescente equipada com anteparos de fenda simples e várias fendas;
- Garrafa descartável cheia d'água;
- Bloco de vidro

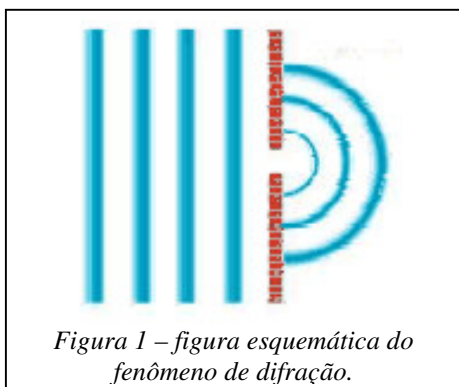
Com esses equipamentos foram montados experimentos para ilustrar fenômenos básicos de óptica. As explicações desses fenômenos bem como os experimentos que os ilustram seguem abaixo.

### ***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.

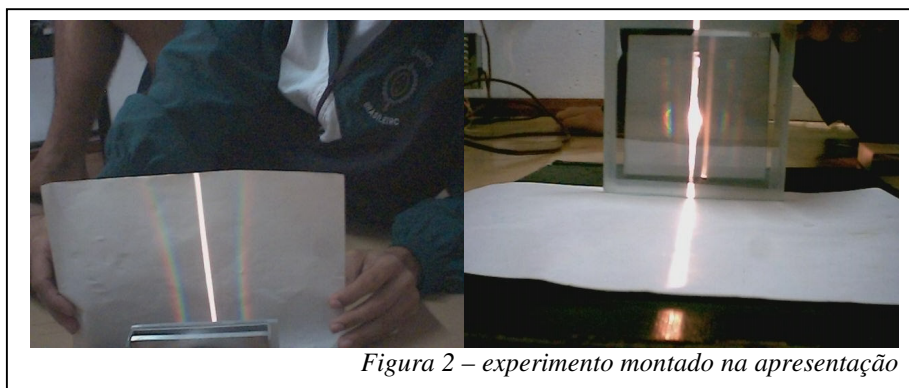
A difração ocorre com qualquer tipo de onda. Nas ondas sonoras, por exemplo, permite que escutemos a voz de uma pessoa que nos chama, mesmo que esta pessoa esteja atrás de um obstáculo.



*Figura 1 – figura esquemática do fenômeno de difração.*

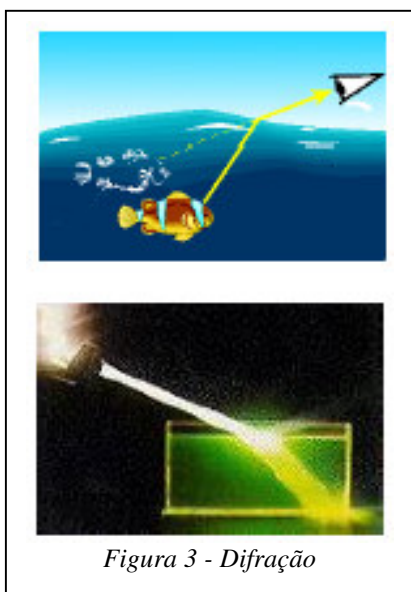
Com a luz também ocorre a difração, porém é mais difícil percebermos a difração de ondas luminosas, porque os obstáculos e aberturas em que a luz incide são normalmente bastante grandes em relação ao seu comprimento de onda. Entretanto, se fizermos a luz passar por orifícios cada vez menores, observaremos 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.



### **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.



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.



## Espelhos

### Espelho plano

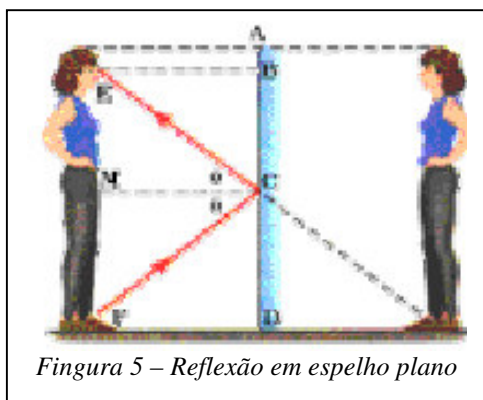


Figura 5 – Reflexão em espelho plano

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.

### 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).

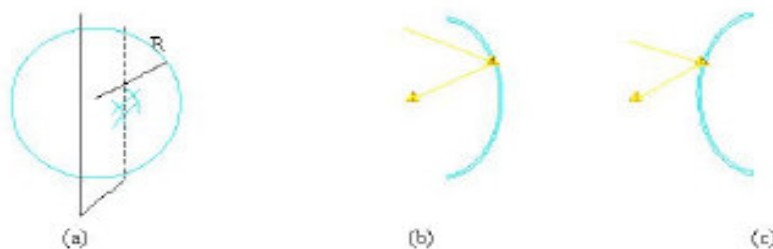


Figura 6-1 a) Obtenção da calota esférica  
b) Espelho esférico côncavo  
c) Espelho esférico convexo

### Elementos de um espelho esférico:

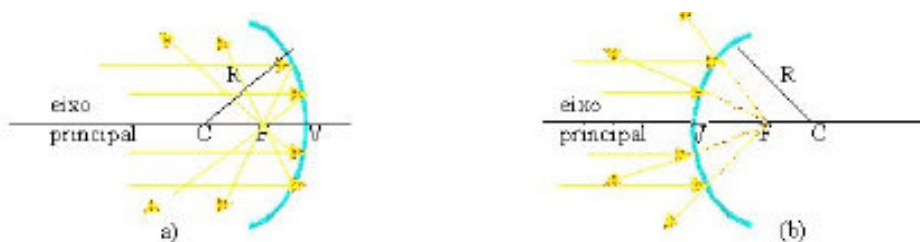


Figura 6-2 - Elementos de um espelho esférico.  
a. côncavo  
b. convexo

Os elementos do espelho esférico da figura 6.2 são:

C  $\Rightarrow$  centro de curvatura (centro da esfera que originou o espelho)

V  $\Rightarrow$  vértice do espelho (pólo da calota)

Eixo principal do espelho reta que passa por CV

R  $\Rightarrow$  raio de curvatura do espelho (raio da esfera que originou o espelho)

F  $\Rightarrow$  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 e, 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.

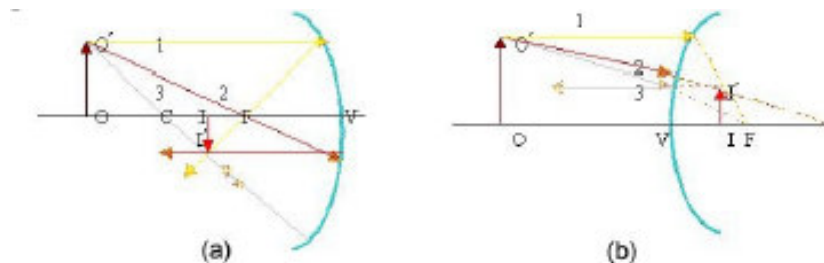


Figura 7 Construção de imagens.

a) espelho esférico côncavo

b) espelho esférico convexo

Na fig. 7.a, a imagem II' 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

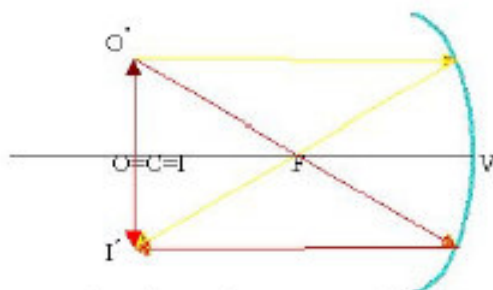
Orientação: invertida

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 bem-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.



Figura 10 – *experimento montado na apresentação*

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.

## Considerações Finais

### *Conclusão:*

A parte mais importante desse trabalho é tornar possível que as pessoas venham ter algum contato com a projeção de imagens tridimensionais, Hologramas. O que hoje é muito

difícil de se encontrar visto que a pesquisa na área esta quase extinta e a produção de hologramas estagnada.

Os hologramas e holoprojeções que estão sendo disponibilizadas neste projeto podem e devem ser consideradas relíquias.

Por hora, podemos concluir que desta forma os alunos de ensino médio estarão tendo a possibilidade de aprender na prática os conceitos básicos da ótica e ainda acrescentado em sua bagagem educativa a informação sobre imagens tridimensionais. E posso desta forma esperar que essa idéia não seja esquecida tão facilmente.

#### **Referências Bibliograficas:**

[1] [www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-17.html](http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-17.html)

[2] [http://chost.sites.uol.com.br/Principal/interferencia\\_da\\_luz.html](http://chost.sites.uol.com.br/Principal/interferencia_da_luz.html)

[3] [www.geocities.com/lunazzi](http://www.geocities.com/lunazzi)

[4] Halliday Resnick Walker – Física moderna e óptica

[5] <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/index.html>

Textos sobre difração, refração e espelho plano

[6] <http://educar.sc.usp.br/optica/esferico.htm>

Textos sobre espelhos esféricos