

# Aula 5

## LENTESES

### META

Fazer que o estudante comece a pensar no ensino de ciências como algo “orgânico” que está em profunda transformação;

Fazer com que os alunos percebam, através de uma atividade lúdica, que podemos ensinar física através de experimentos muito simples, e que física é uma ciência aplicada e que pode ser aprendida através da observação de vários dispositivos do nosso cotidiano;

Fazer com que os alunos percebam as aplicações da física no cotidiano.

Mostrar que existem muitas animações virtuais sobre o tema, e que ensinar e aprender física podem ser uma atividade divertida e interessante.

### OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá: estar cientes das novas possibilidades e dos desafios que envolvem o ensino de ciências em geral;

Que para se ensinar física não precisamos ficar presos ao livro didático; Que ensinar física não é ensinar a resolver problemas e que a física é uma mera aplicação da matemática.

Devem ter compreendido que a óptica geométrica é um ramo fundamental da física com aplicações tecnológicas e de ciência básica (Astronomia, por exemplo);

Que se ensinar através de exemplos reais (experimentais) pode ser muito mais interessante, assimilativo e divertido;

Estes devem estar cientes que é possível explorar vários recursos de multimídias e de experimentos de baixo custo em sala de aula.

### PRÉ-REQUISITOS

Os alunos deveram ter cursado as disciplinas de Psicologia da Educação, Física A, B e C.

**Vera Lucia Martins de Mello**

### INTRODUÇÃO

Como dissemos na aula anterior, deixamos o tema “Lentes” para ser tratado nessa aula fechando o tópico “Óptica Geométrica”. Apesar de extrema simplicidade, as aplicações dos conceitos de formação, ampliação, redução de imagem através do uso de lentes é muito grande. Dentre estas temos os dispositivos ópticos: lupa, telescópio, microscópio, máquina fotográficas, olho humano e animal e etc. Estas aplicações serão tratadas em detalhes nas aulas 8, 9 e 13, e aqui só faremos uma introdução das leis físicas das formações das imagens. Como sempre, tomamos um texto escolhido arbitrariamente.

### LENTE [7]

Lente é um meio transparente limitado por duas superfícies curvas. A forma mais comum de lentes são aquelas de faces esféricas, ou uma face plana e outra esférica.

Para efeito de classificação, podem-se dividir as lentes em dois grupos: as lentes convergentes e as divergentes.

As lentes convergentes são mais espessas na parte central, ao passo que as divergentes o são nas bordas. O centro de curvatura  $C_1$  é o centro da esfera de raio  $R_1$  que origina uma face da lente; o centro  $C_2$  é o centro da esfera de raio  $R_2$  que origina a outra face da lente. A linha que une os dois centros de curvatura denomina-se eixo principal.

Uma importante simplificação no tratamento matemático das lentes é abstrair sua espessura. Com este propósito, cria-se a figura da lente delgada, isto é, uma lente cuja espessura pode ser desprezada para todas as finalidades de formação de imagem.

Um feixe de raios paralelos ao eixo principal, incidindo numa lente convergente, refrata-se, convergindo para um ponto denominado foco  $F$ . A distância do centro geométrico da lente ao foco é a distância focal  $f$  da lente. Se o feixe incidir numa lente divergente, o feixe se refrata, divergindo de um ponto localizado no mesmo lado do feixe incidente, formando o foco virtual, como está esquematizado na figura abaixo.

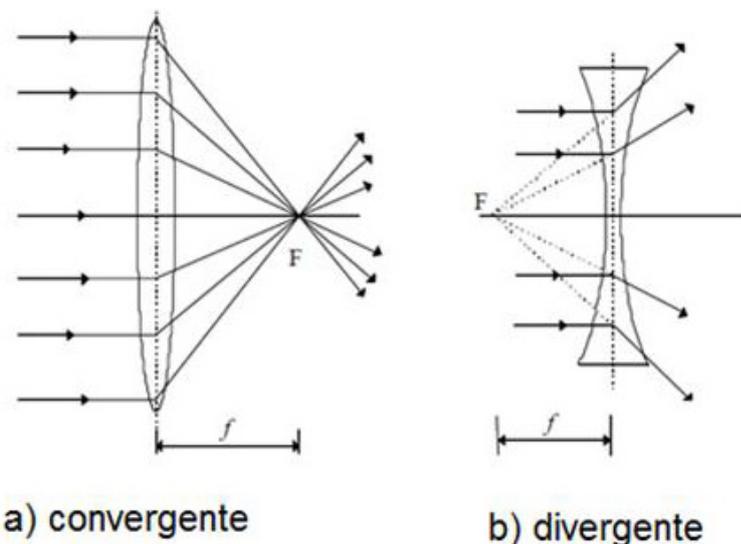


Figura 1 - Lentes delgadas. Disponível em: <http://www.fisica.ufsc.br/~lab2/pdfs/exp09.pdf>.

Conhecendo o tamanho ( $O$ ) e a distância ( $p$ ) de um objeto em relação a uma lente, e a direção de incidência de dois dos três raios principais, pode-se determinar graficamente o tamanho ( $I$ ) e a distância ( $p'$ ) da imagem, tal como foi feito para os espelhos.

Os três raios principais de uma lente convergente são:

1. Um raio paralelo ao eixo principal refrata-se na lente passando pelo foco;
2. Um raio que passe pelo centro geométrico não sofre desvio (porque a lente é delgada e o centro geométrico coincide com o centro óptico);
3. Um raio que passe pelo foco refrata-se na lente e sai paralelamente ao eixo principal.

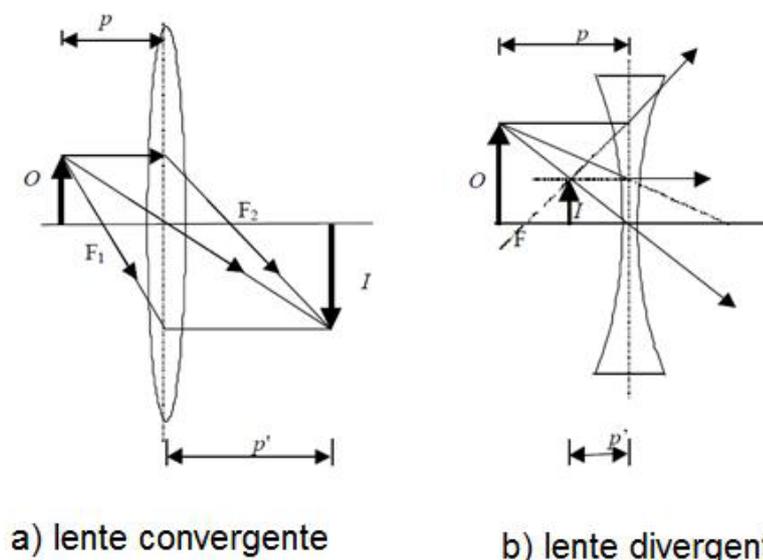


Figura 2 - Raios principais. Disponível em: <http://www.fisica.ufsc.br/~lab2/pdfs/exp09.pdf>.

A seguir apresenta-se um conjunto de equações que se aplicam a espelhos de pequena abertura e lentes delgadas, e que permite determinar algebricamente:

- distâncias focais ( $f$ );
- distâncias do objeto ( $p$ ) e imagem ( $p'$ ) ao espelho ou lente;
- ampliação ou aumento linear ( $M$ );
- tamanhos de objeto ( $O$ ) e imagem ( $I$ ).

Equação dos pontos conjugados:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \quad (1)$$

Ampliação:

$$M = \frac{I}{O} = \frac{-p'}{p} \quad (2)$$

Para espelhos, a equação que relaciona distância focal e raio de curvatura é:

$$f = \frac{R}{2}$$

Para lentes, a "equação dos fabricantes de lentes" relaciona  $f$  com os raios de curvatura e o índice de refração da lente com o meio que a envolve, sendo  $n = n_2 / n_1$ , onde  $n_2$  é o índice de refração do material da lente e  $n_1$  o índice de refração do meio que a envolve.

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

A utilização das equações acima segue a seguinte convenção de sinais:

- Todas as medidas são feitas a partir do vértice de um espelho, ou centro óptico de uma lente.
- As medidas para determinar a posição de um objeto ou imagem, reais, são positivas.
- As medidas que determinam a posição de um objeto ou imagem, virtuais, são negativas.
- Um cálculo que fornece um resultado negativo implica em objeto ou imagem, virtuais, e resultado positivo, objeto ou imagem reais.
- A distância focal de um espelho côncavo e de uma lente convergente é sempre positiva; para um espelho convexo e uma lente divergente, negativa.
- O tamanho  $O$  de um objeto é sempre um número positivo; o tamanho da imagem será positivo se esta for direita (virtual) e negativa se for invertida (real).

g) Os raios de curvatura das lentes serão positivos, se dentro da concavidade houver material da lente; caso contrário, negativos.

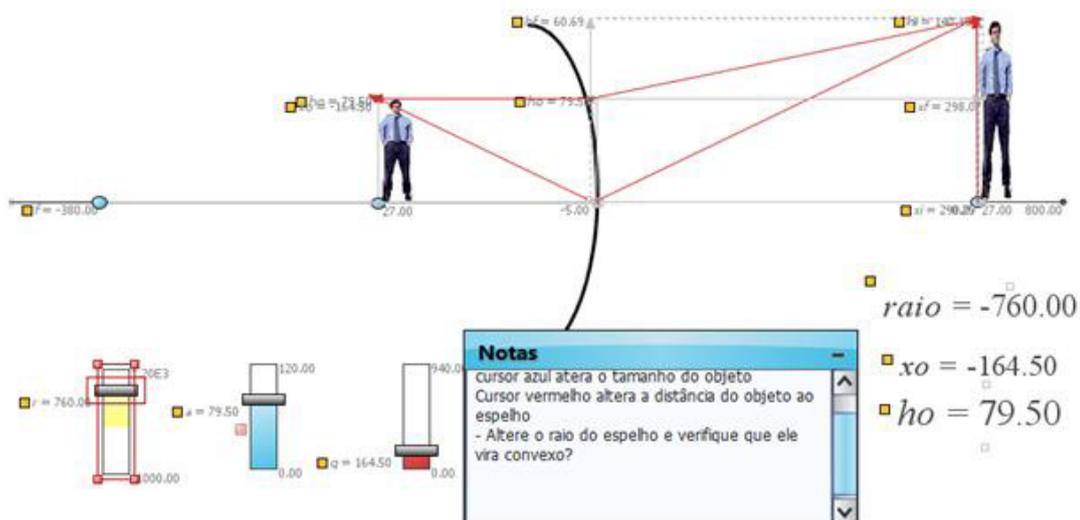
A tabela abaixo resume o exposto:

<b>Espelho Côncavo</b>			<b>Lente Convergente</b>		
$f > 0$			$f > 0$		
$p > 0$	$O > 0$		$p > 0$	$O > 0$	
$p' > 0$	$I < 0$	$M < 0$ real	$p' > 0$	$I < 0$	$M < 0$ real
$p' < 0$	$I > 0$	$M > 0$ virtual	$p' < 0$	$I > 0$	$M > 0$ virtual
$R > 0$			$R_1 > 0$	$R_2 > 0$	biconvexa
<b>Espelho Convexo</b>			<b>Lente Divergente</b>		
$f < 0$			$f < 0$		
$p > 0$	$O > 0$		$p > 0$	$O > 0$	
$p' < 0$	$I > 0$	$M > 0$ virtual	$p' < 0$	$I > 0$	$M > 0$ virtual
$R < 0$			$R_1 < 0$	$R_2 < 0$	bicôncava

Tabela 1 - Convenção de sinais para espelhos e lentes. Disponível em: <http://www.fisica.ufsc.br/~lab2/pdfs/exp09.pdf>.

Questões:

Q1 – Abra o modelo “imagem\_esp\_côncavo” e verifique as leis acima.



## ATIVIDADES

### 1 – APPLET'S DE ENSINO

– Lentes. <http://www.walter-fendt.de/ph14e/imageconvlens.htm>

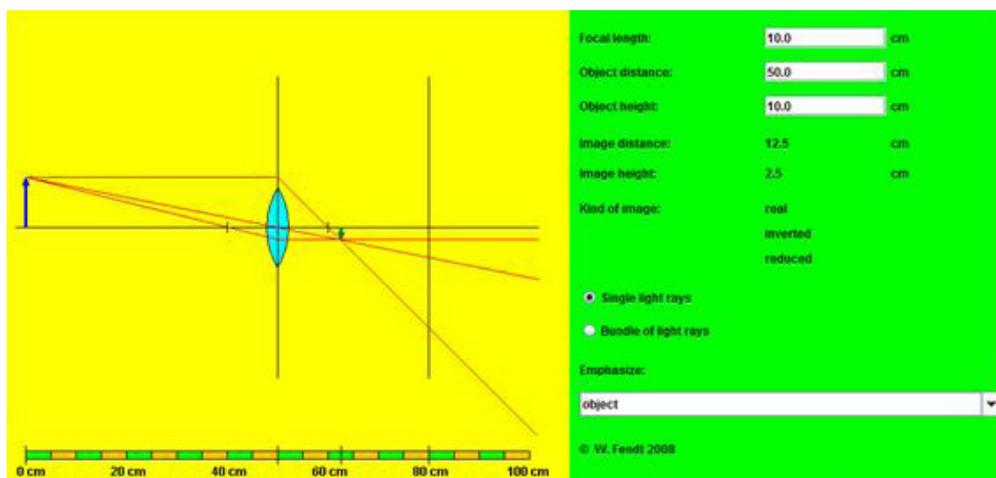


Figura 4 – Disponível em: <http://www.walter-fendt.de/ph14e/imageconvlens.htm>.

### 1.2 – Lentes Fu-Kwun Hwang.

[http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens\\_e.html](http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens_e.html)

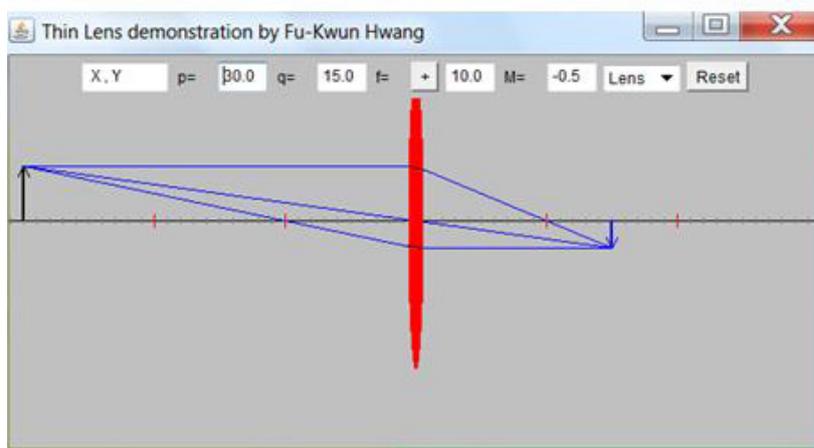


Figura 5 – Disponível em: [http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens\\_e.html](http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens_e.html).

### 1.3 – Site do Educaplus. <http://www.educaplus.org/luz/espejo2.html>.

Clicando no botão “mais” inverte o sinal do foco.

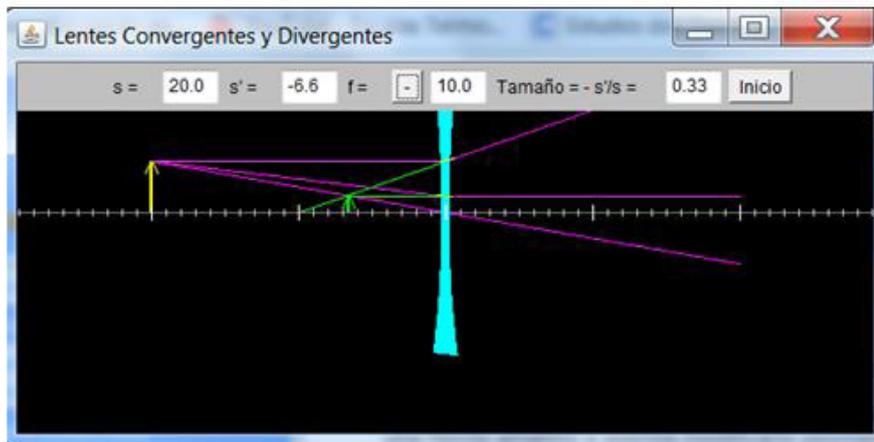


Figura 6 – Disponível em: <http://www.educaplus.org/luz/espejo2.html>.

1.4 – Projeto Phet. Universidade do Colorado.

[http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html)

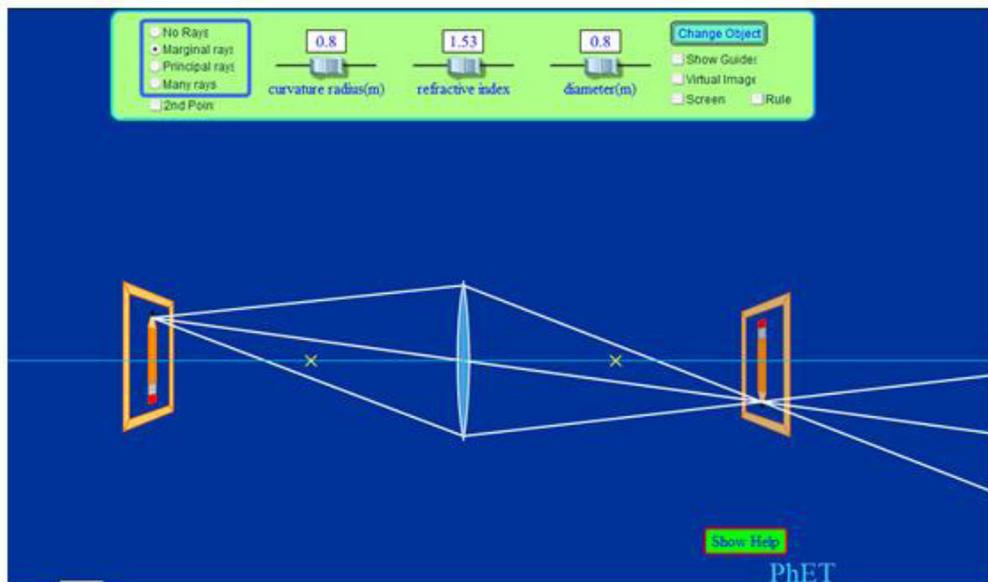


Figura 7 – Disponível em: [http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html).

- VÍDEO AULAS

2.1 - Telecurso 2000. Lentes e Retina.

<http://www.youtube.com/watch?v=7yVvQkyx-H0>

2.2 - Raios notáveis. Lentes esféricas delgadas.

<http://www.youtube.com/watch?v=CIAdPK1CX4g> – Lente divergente.

<http://www.youtube.com/watch?v=5jWf8JAznzU&feature=related> – Comportamento das lentes esféricas.

<http://www.youtube.com/watch?v=Xt1mFLLEAGA&feature=related>

## EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

### 3.1 – LENTE D'ÁGUA [8]

Objetivo

O objetivo deste experimento é construir uma lente de aumento.

Contexto:

Lentes são objetos translúcidos que apresentam duas superfícies refrativas. A refração é o fenômeno no qual a luz muda sua direção de propagação ao mudar de um meio para outro, como por exemplo, água e ar, ar e vidro etc. O índice de refração ( $n$ ) é uma propriedade de um determinado meio (por exemplo:  $n_{\text{ar}} = 1$ ;  $n_{\text{vidro}} = 1,52$ ;  $n_{\text{água}} = 1,33$ ) e que influencia diretamente a intensidade e a direção do raio de luz refratado. As lentes de aumento são, em geral, lentes de bordos finos mergulhadas em uma substância de índice de refração menor do que o do material de que é formado a lente. São usadas para ampliar imagens.

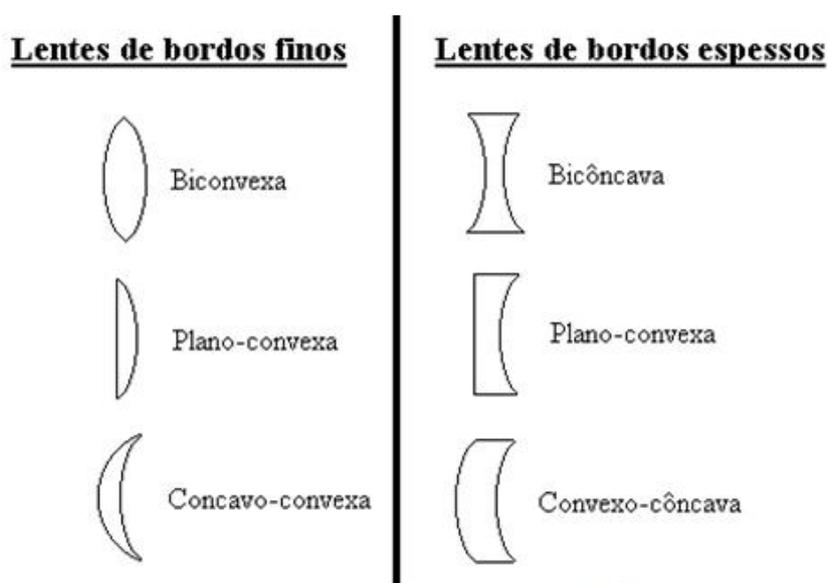


Figura 8 – Tipos de lentes

	<i>Bordos finos</i>	<i>Bordos espessos</i>
$n_2 > n_1$	convergente	divergente
$n_2 < n_1$	divergente	convergente

$n_2$  = índice de refração do meio com que a lente é feita.  
 $n_1$  = índice de refração do meio em que a lente está imersa.

Uma lente convergente concentra a luz, enquanto uma lente divergente espalha a luz.

Ideia do Experimento:

Fazer uma argola de arame e mergulhá-la em água. A tensão superficial da água - propriedade que as moléculas de água têm de se manterem unidas - faz com que a gota fique presa de forma abaulada na argola de arame, formando uma lente biconvexa e, portanto, convergente. Quando se aproxima a lente de algo e se olha através dela, observa-se que a imagem aumenta, ou seja, ela funciona como uma lente de aumento.

Tabela do Material:

Item	Observações
Arame de cobre	Pode ser substituído por arame de aço fino.
Água	
Lápis	Só será utilizado para enrolar o arame dando forma a argola, portanto, pode ser substituído por qualquer outro objeto de forma cilíndrica. Tentamos objetos de diâmetro maior, mas não obtivemos resultados satisfatórios.

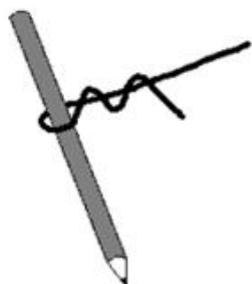
Tabela 3

Montagem:

Enrole e torça o arame em volta do lápis para formar uma argola.

Mergulhe a argola na água, de modo que uma gota fique presa à argola.

Esquema Geral de Montagem:



Método utilizado para dobrar o arame



Lente de aumento sobre a palavra "aumento"

### 3.2 – LENTE CONVERGENTE [8]

#### Objetivo:

O objetivo deste experimento é construir um sistema onde é possível observar a trajetória de um raio sendo refratado por uma lente convergente.

#### Contexto:

Lentes são objetos translúcidos que apresentam duas superfícies refrativas. A refração é o fenômeno no qual a luz muda sua direção de propagação ao mudar de um meio para outro, como por exemplo, água e ar, ar e vidro etc. O índice de refração ( $n$ ) é uma propriedade de um determinado meio (por exemplo:  $n_{\text{ar}} = 1$ ;  $n_{\text{vidro}} = 1,52$ ;  $n_{\text{água}} = 1,33$ ) e que influencia diretamente a intensidade e a direção do raio de luz refratado. Lentes convergentes são, em geral, lentes de bordos finos mergulhadas em uma substância de índice de refração menor do que o do material de que é formado a lente. São muito utilizadas pela medicina para corrigir doenças da visão, como por exemplo, a miopia.

#### Ideia do Experimento:

Uma caixa de sapatos com uma lâmpada dentro é arranjada de modo que saia dela um feixe fino de luz. O feixe, ao atravessar uma lente convergente feita com uma régua e um pedaço de uma garrafa de refrigerante cheia de água, é refratado. Mudando-se a posição de incidência do raio sobre a lente, observa-se que eles convergem depois de passar pela lente, ou seja, tendem a se encontrar.

Item	Observações
Fio elétrico	
Bocal de lâmpada	
Plug elétrico	
Lâmpada de 60 Watts do tipo cristal.	Foram feitos testes utilizando lâmpadas de potências maiores, mas os resultados não foram satisfatórios.
Caixa de Sapatos	
Garrafa plástica transparente de 600 ml	
Régua Molegata da marca TRIDENT	
Cartolina	
Adesivo plástico para PVC (cola de cano)	Pode ser substituído por qualquer tipo de super-cola (Super-Bonder)
Água	
Duratex	Pode ser substituído por qualquer tipo de madeira.

Tabela 4 - Material necessário para o experimento.

Montagem:

Corte uma fatia da garrafa na parte mais lisa, onde fica o rótulo, com aproximadamente três centímetros de largura;

Corte a fatia ao meio, transversalmente, de modo que vista de cima, tenha a forma de um semicírculo;

Cole as duas extremidades da "semi fatia" na régua e depois as cole na madeira de 30 x 80cm;

Corte um retângulo da caixa de sapatos a partir da borda (ver figura 29);

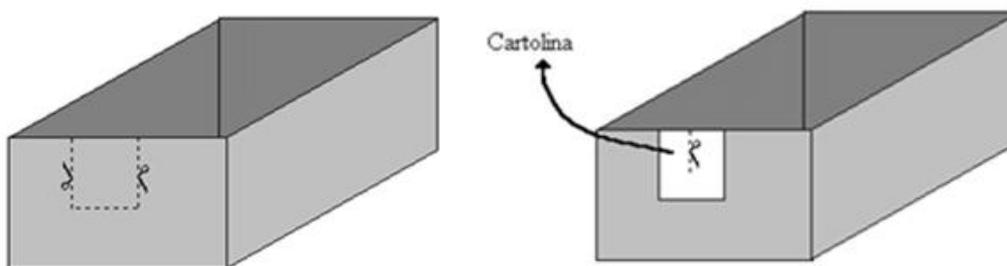
Cole um pedaço de cartolina no lugar do retângulo retirado;

Faça apenas um corte na cartolina, com tesoura, de fora para dentro da caixa (ver figura 30);

Monte o circuito que irá acender a lâmpada (fio, plug e bocal);

Coloque a lâmpada sobre a madeira e tape-a com a caixa. A luz emitida pela caixa será reduzida a um feixe fino que passa através do corte feito na cartolina colada onde foi retirado um retângulo da caixa;

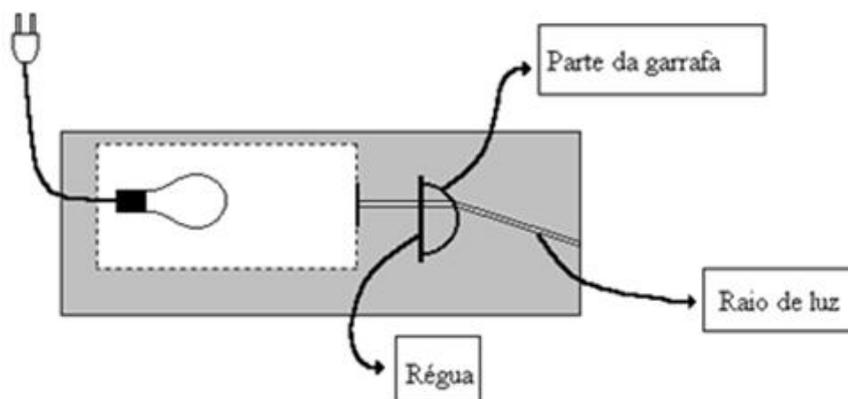
Coloque água dentro da caixa feita com a régua e a garrafa e direcione a ela o feixe emitido pela caixa.



Comentários:

Acreditamos que se o feixe emitido pela caixa de sapatos for substituído por um laser-point, também apresentará um bom resultado.

Esquema Geral de Montagem:



### CONCLUSÃO

Uma aula sobre lentes é muito interessante e leva os estudantes do segundo grau a gostarem mais da física. Esse tópico da física possui muitos recursos didáticos e deve ser abordado no ensino médio e sempre podemos ilustrar a aula com experiências de demonstração.



### RESUMO

Apresentamos uma aula padrão sobre o tópico da Óptica Geométrica “Lentes”. Complementamos com uma animação gráfica feita com o software Modellus, com experimentos de baixo custo, applets de ensino e vídeo aulas.

### RESPOSTA ÀS QUESTÕES

1 – Abrir o applet e fazer a simulação.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

As vídeo aulas e os applets de ensino sugeridos são muito bons e ilustram o conteúdo desta aula. A modelagem feita com o software de ensino Modellus ilustra muito bem a equação das lentes delgadas e o princípio de formação das imagens.

Apesar do texto escolhido para ilustrar o conteúdo ser bastante simples ele serve como complemento ao curso de Física C onde não se é dado este tema.

### REFERÊNCIAS

[1] - CDCC – USP. Experimentoteca. Ótica: Lentes e espelhos esféricos. **Espelhos Esféricos**. Disponível em: <[http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/fisica/kit5\\_otica\\_lente\\_espelho/exp1\\_lente\\_espelho.pdf](http://www.cdcc.usp.br/exper/medio/fisica/kit5_otica_lente_espelho/exp1_lente_espelho.pdf)>. Acesso em 28/08/2012.

[2] - \_\_\_\_\_. Experimentoteca. Ótica: Lentes e Espelhos Esféricos. **Projeção de Imagens utilizando Espelhos Esféricos**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/9008/projecao-deimagensemepelhosesfericos.pdf?sequence=1>>. Acesso em 28/08/2012.

[3] - Centro Educacional Stella Maris. Espelhos Esféricos. Disponível em: <<http://caldeiradigital.files.wordpress.com/2010/05/espelhos-esfericos.pdf>>. Acesso em 28/08/2012.

[4] - Espelhos Esféricos. Disponível em: <[http://www.singularsaobernardo.com.br/portal/emn/ar/professores/suzana/terceiro\\_ano/espelhos\\_esfericos/espelhos\\_esfericos.pdf](http://www.singularsaobernardo.com.br/portal/emn/ar/professores/suzana/terceiro_ano/espelhos_esfericos/espelhos_esfericos.pdf)>. Acesso em 28/08/2012.

[5] - Física com Abud. Espelhos Esféricos. Disponível em: <<http://fisicacomabud.com.br/01.04.11/Espelhos%20esf%C3%A9ricos.pdf>>. Acesso em 28/08/2012.

[6] - \_\_\_\_\_. Lentes Esféricas. Disponível em: <<http://fisicacomabud.com.br/18.05.2011/LENTEES%20ESFERICAS%20docx.pdf>>. Acesso em 28/08/2012.

[7] - UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Departamento de Física. Experiência 09 – Espelhos e lentes. Disponível em: <<http://www.fisica.ufsc.br/~lab2/pdfs/exp09.pdf>>. Acesso em 28/08/2012.

[8] - UNESP/Bauru. Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia a Dia. Disponível em: <[http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/opt\\_list.htm](http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/opt_list.htm)>. Acesso em 28/08/2012.