

Aula 4

ESPELHOS ESFÉRICOS

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.

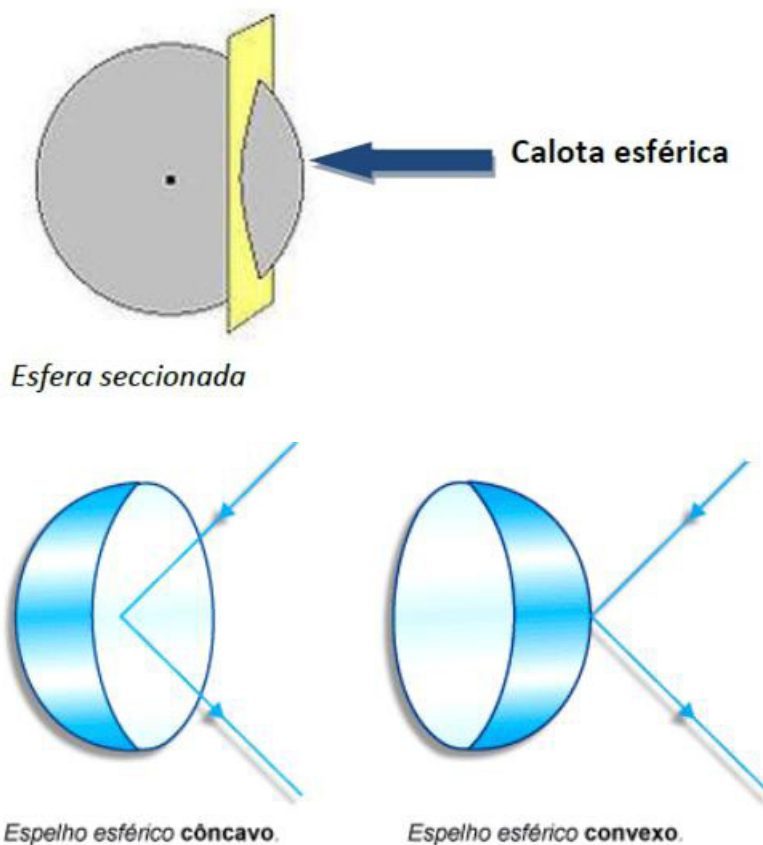
Vera Lucia Martins de Mello

INTRODUÇÃO

Como dissemos na aula anterior, deixamos o tema “Espelhos Curvos” para ser tratado nessa aula e “Lentes” para ser tratado na próxima aula. Como sempre, tomamos um texto escolhido arbitrariamente.

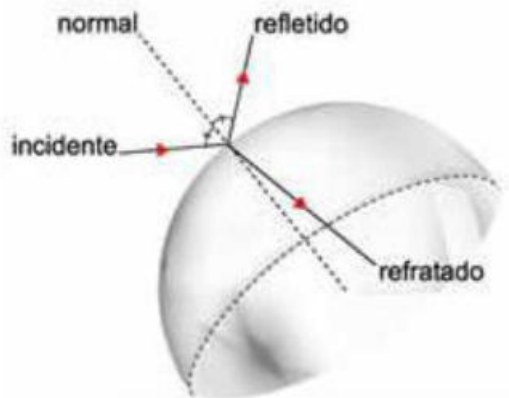
ESPELHOS ESFÉRICOS

Ao se cortar uma esfera por um plano se obtém duas calotas esféricas. Espelhos esféricos é uma calota esférica, como mostra a figura 1, na qual uma de suas faces é espelhada produzindo reflexão regular ou especular. Assim, surgem dois tipos de espelhos, os côncavos cuja superfície refletora é a parte interna da calota e os convexos, onde a superfície refletora é a externa. Esses espelhos obedecem às mesmas leis de reflexão da luz dos espelhos planos da Óptica Geométrica, apresentados na aula 3.

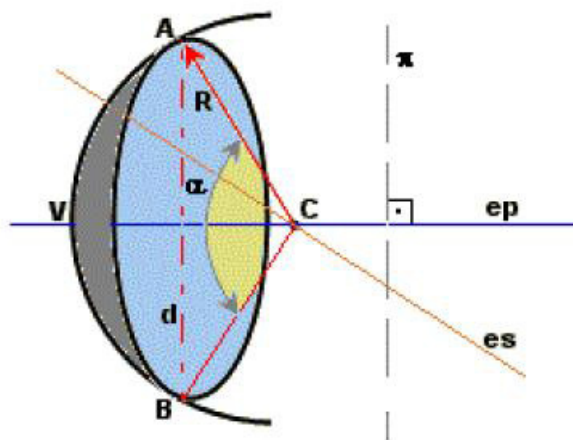


REFLEXÃO DA LUZ EM ESPELHOS ESFÉRICOS

Como nos espelhos planos os espelhos esféricos obedecem as leis da reflexão, ou seja, os ângulos de incidência e reflexão são iguais, os raios incidentes e refletidos e a reta normal ao ponto de incidência são coplanares, (ver figura abaixo).



Para facilitar o estudo da formação da imagem define-se os elementos geométricos dos espelhos esféricos como:



- C é o centro da esfera;
- V é o vértice da calota;
- O eixo que passa pelo centro e pelo vértice da calota é chamado eixo principal;
- As demais retas que cruzam o centro da esfera são chamadas eixos secundários;

- O ângulo α , que mede a distância angular entre os dois eixos secundários que cruzam os dois pontos mais externos da calota, é a abertura do espelho.

A abertura (α) de um espelho, como mostra a figura, varia diretamente com o diâmetro d (R é mantido constante) e inversamente com o raio de curvatura R (d é mantido constante). O raio da esfera R que origina a calota é chamado raio de curvatura do espelho.

Um sistema óptico que consegue conjugar a um ponto objeto, um único ponto como imagem é dito estigmático. Os espelhos esféricos só são estigmáticos para os raios que incidem próximos do seu vértice V e com uma pequena inclinação em relação ao eixo principal. Um espelho com essas propriedades é conhecido como espelho de Gauss. Um espelho que não satisfaz as condições de Gauss (incidência próxima do vértice e pequena inclinação em relação ao eixo principal) é dito astigmático. Um espelho astigmático conjuga a um ponto uma imagem parecendo uma mancha. Assim, para se ter nitidez na imagem, o ângulo de abertura do espelho tem que ser inferior a 10 graus. Se essas condições forem obedecidas, esses espelhos são chamados de espelhos esféricos de Gauss.

FOCOS DOS ESPELHOS ESFÉRICOS

Define-se como foco de um espelho convexo, como o ponto entre o centro de curvatura e o vértice no qual os raios refletidos pelo espelho convergem (côncavo) ou divergem (convexo). Observe as imagens abaixo:

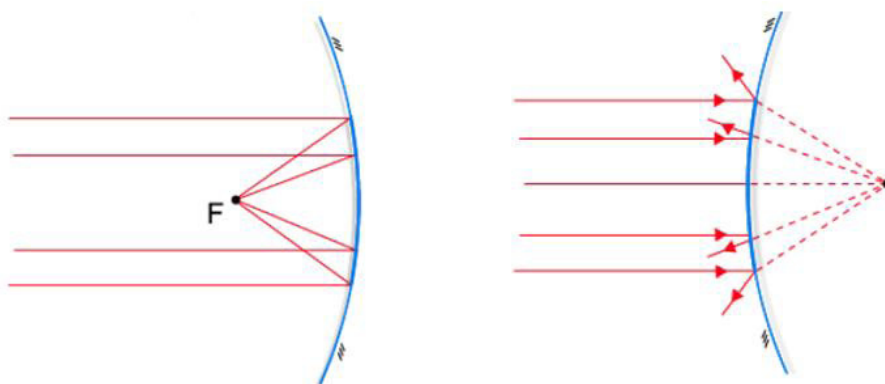


Figura 5 - Focos de um espelho côncavo e um convexo.

Vemos que no caso dos espelhos côncavos (convergentes) o foco é real, pois é formado pelo cruzamento direto dos raios refletidos, e para os espelhos convexos (divergentes) o foco é virtual, pois é formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios refletidos.

A distância entre o foco e o vértice do espelho é chamada distância focal (f_0). Nos espelhos de Gauss podemos considerar $f_0 = R/2$, onde R é o raio de curvatura (o raio da esfera seccionada).

DETERMINAÇÃO DAS IMAGENS

Considere um objeto diante de um espelho esférico e em posição perpendicular ao eixo principal do espelho. Sabemos da experiência que:

- Uma imagem pode ser real ou virtual. No caso dos espelhos, dizemos que a imagem é virtual se ela se encontra “atrás” do espelho e real se ela se encontra em frente ao espelho podendo ser projetada em um anteparo.
- A imagem ainda pode ser classificada de acordo com o seu tamanho em maior, menor ou igual ao tamanho do objeto.
- A imagem pode ser invertida em relação ao objeto. Se não houver sua inversão dizemos que ela é direita.

Para que possamos determinar o tipo de imagem e sua posição em relação ao vértice do espelho nos espelhos esféricos, devemos conhecer alguns raios chamados raios notáveis, que obedecem às chamadas propriedades fundamentais dos espelhos esféricos.

1 - Todo raio de luz que incide paralelamente a um eixo (principal ou secundário), se reflete na direção do foco (principal ou secundário).

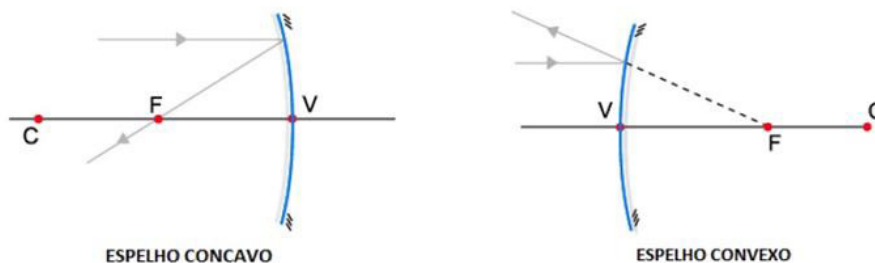


Figura 6 – Disponível em: <http://caldeiradigital.files.wordpress.com/2010/05/espelhos-esfericos.pdf>.

2 - Todo raio de luz que incide na direção do foco, é refletido paralelamente ao eixo

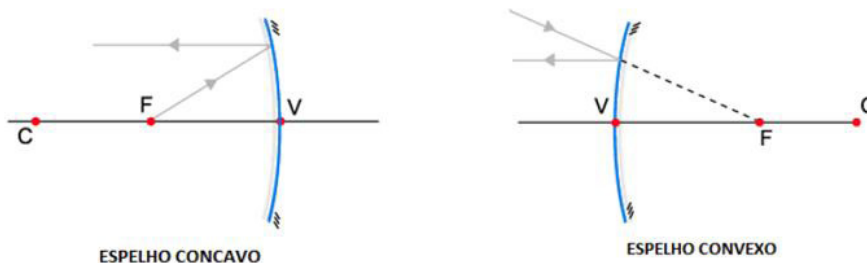


Figura 7 – Disponível em: <http://caldeiradigital.files.wordpress.com/2010/05/espelhos-esfericos.pdf>.

3 - Todo raio de luz que incide na direção do centro de curvatura, é refletido sobre si mesmo

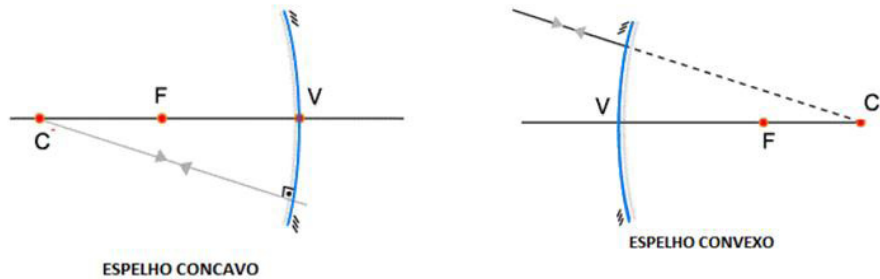


Figura 8 – Disponível em: <http://caldeiradigital.files.wordpress.com/2010/05/espelhos-esfericos.pdf>.

4 - Todo raio de luz que incide sobre o vértice, é refletido simetricamente em relação ao eixo principal.

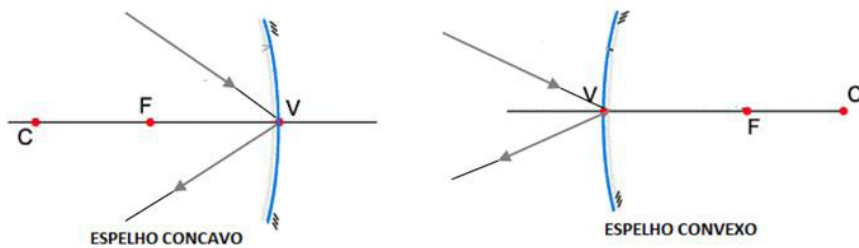


Figura 9 – Disponível em: <http://caldeiradigital.files.wordpress.com/2010/05/espelhos-esfericos.pdf>.

Veremos que nos espelhos côncavos, a característica da imagem formada depende da posição do objeto em relação a ele e nos convexos, a imagem formada tem sempre a mesma característica qualquer que seja a posição do objeto.

ESPELHOS CÔNCAVOS

1 - Objeto além do centro de curvatura

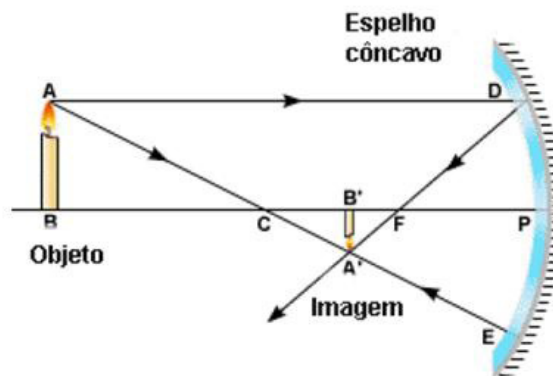


Figura 10 – Imagem real, invertida e menor.

2 - Objeto no centro de curvatura

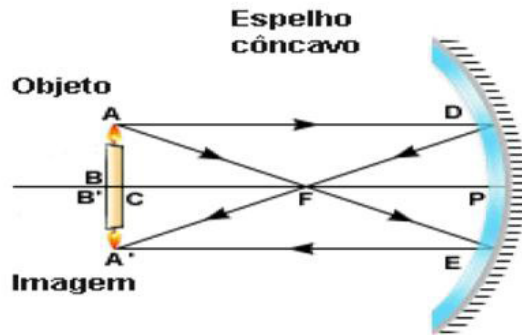


Figura 11 - Imagem real, invertida e igual.

3 - Objeto entre o foco (F) e o centro de curvatura (C)

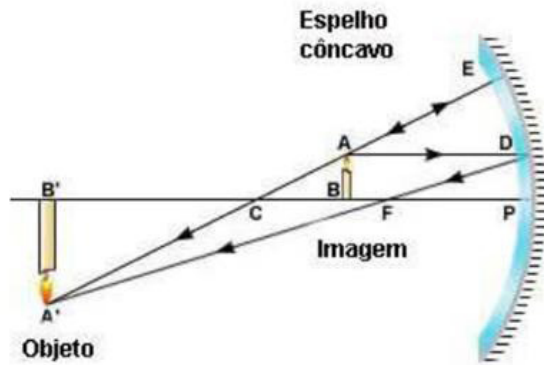


Figura 12 - Imagem real, invertida e maior.

4 - Objeto no foco

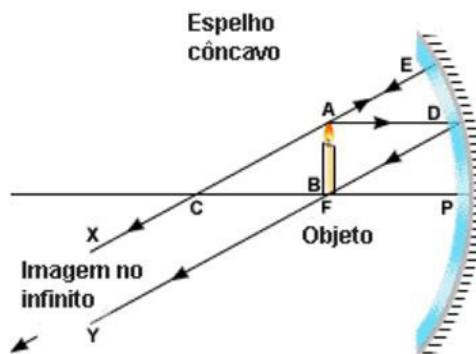


Figura 13 - Imagem imprópria.

5 - Objeto entre o foco (F) e o vértice (P)

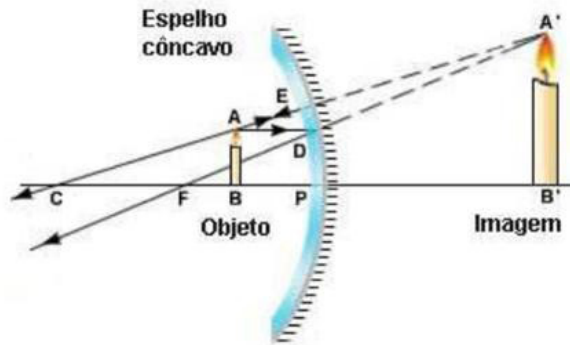


Figura 14 - Imagem virtual, direita e maior.

ESPELHOS CONVEXOS

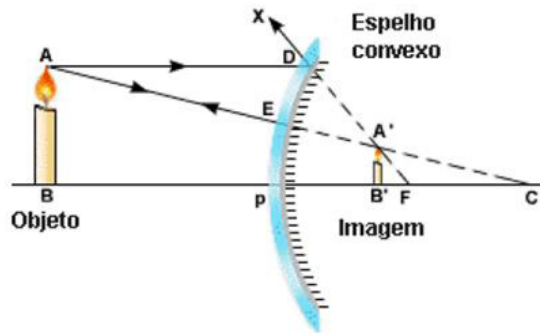


Figura 15 - Imagem virtual, direita e menor.

ESTUDO ANALÍTICO DOS ESPELHOS

Referencial de Gauss

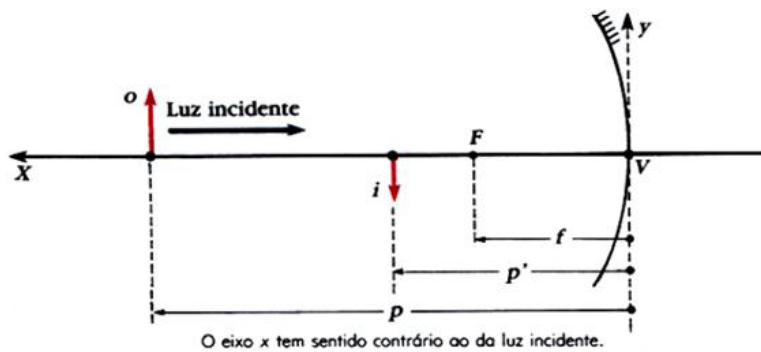


Figura 16 - Referencial de Gauss.

Esse estudo basicamente é uma forma de determinar matematicamente a posição da imagem. Considerando o espelho da figura acima onde:

o = Tamanho do objeto

i = Tamanho da imagem

f = Distância focal

p = Distância do objeto ao espelho

p' = Distância da imagem ao espelho

Estudo de sinais

Considerando o objeto sempre real ($p > 0$), temos então:

Espelho côncavo: $f > 0$; Espelho convexo: $f < 0$

Imagem real: $p' > 0$, ou seja, se p' for um número positivo a imagem estará sendo formada antes do espelho;

Imagem virtual: $p' < 0$, ou seja, se p' for um número negativo a imagem estará sendo formada dentro do espelho;

Imagem direita: $i > 0$, ou seja, se i for um número positivo a imagem estará sendo formada acima do eixo principal;

Imagem invertida: $i < 0$, ou seja, se i for um número negativo a imagem estará sendo formada abaixo do eixo principal.

Quanto à ampliação:

Se $A < 0$ a imagem é invertida;

Se $A > 0$ a imagem é direita;

Se $A > 1$ a imagem é maior que o objeto;

Se $A < 1$ a imagem é menor que o objeto.

Por semelhança de triângulos poderíamos deduzir a equação de Gauss e a lei da ampliação da imagem, que simplesmente forneceremos aqui:

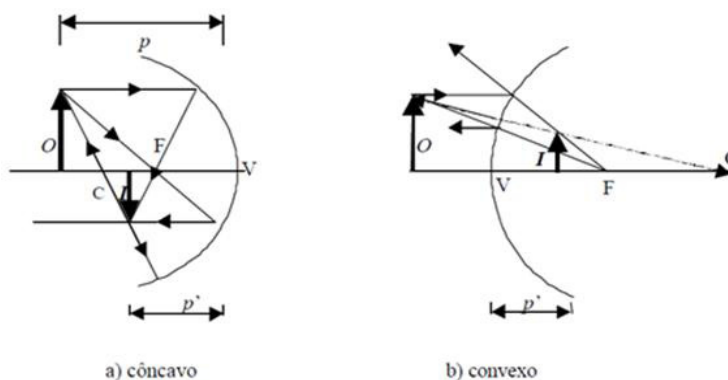


Figura 17 - Formação de imagens em espelhos esféricos. Disponível em: <http://www.fisica.ufsc.br/~lab2/pdfs/exp09.pdf>.

Lei de Gauss

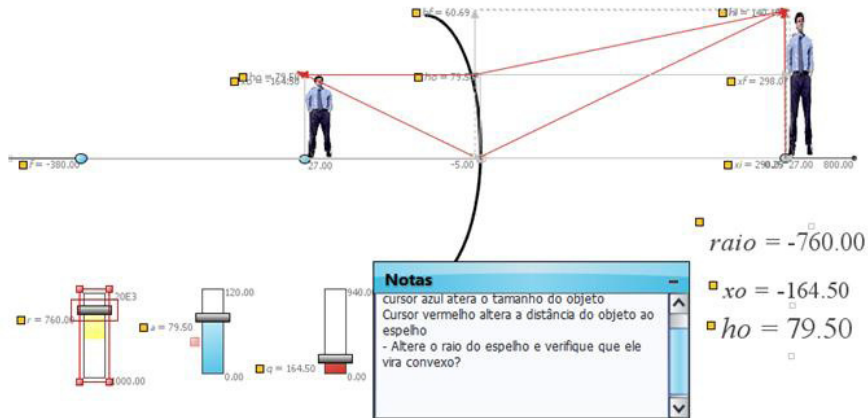
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{P} + \frac{1}{P'}$$

Lei da Ampliação da Imagem

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{P'}{P} = \frac{F}{F-P}$$

Questões:

Q1 – Abra o modelo “imagem_esp_côncavo” e verifique as leis acima.



ATIVIDADES – APPLET'S

Analise os sites com applets abaixo:

- Lab/Metro. Site da Universidade Federal de Santa Catarina. <http://www.labmetro.ufsc.br/Disciplinas/EMC6422/APPLETS/EspelhoEsferico/EspelhoEsferico.html>

1.2 – Lentes Fu-Kwun Hwang.

http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens_e.html

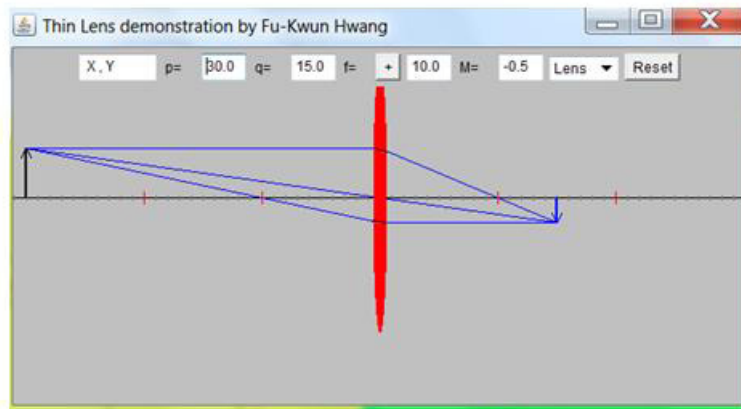


Figura 19 – Disponível em: http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/Lens/lens_e.html.

1.3 – Site do Educaplus. <http://www.educaplus.org/luz/espejo2.html>.
Clicando no botão “mais” inverte o sinal do foco.

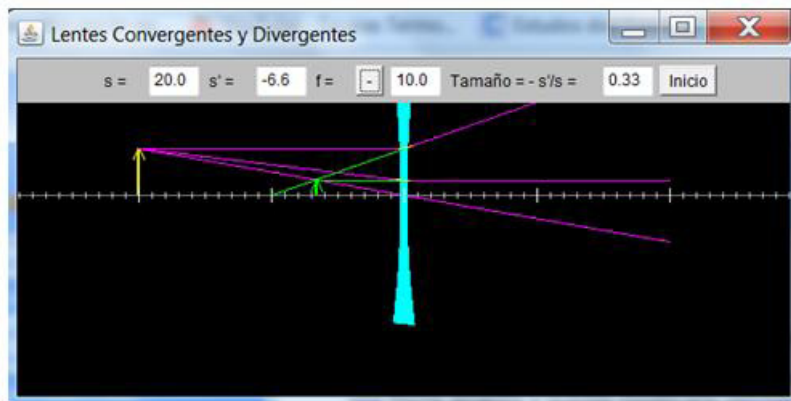


Figura 20 – Disponível em: <http://www.educaplus.org/luz/espejo2.html>.

1.4 – Espelhos

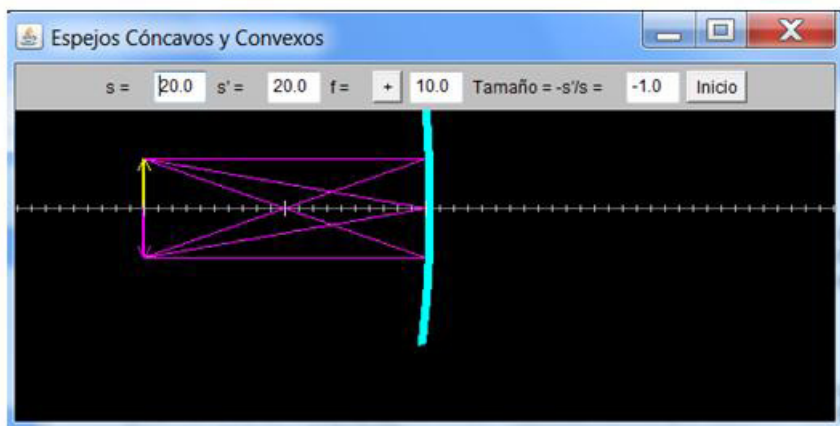


Figura 21 – Disponível em: <http://www.educaplus.org/luz/espejo2.html>.

1.5 – General Physics Java Applets. <http://www.schulphysik.de/suren/Applets.html>. É necessário clicar e arrastar o ponto objeto.

Cabeçalho	Rodapé
Focal length = Distância focal	Image distance = distância da imagem
Object Distance = Distância do Objeto	Image height = Altura da imagem
Object Height = altura do objeto	Magnification = Ampliação

Tabela 1

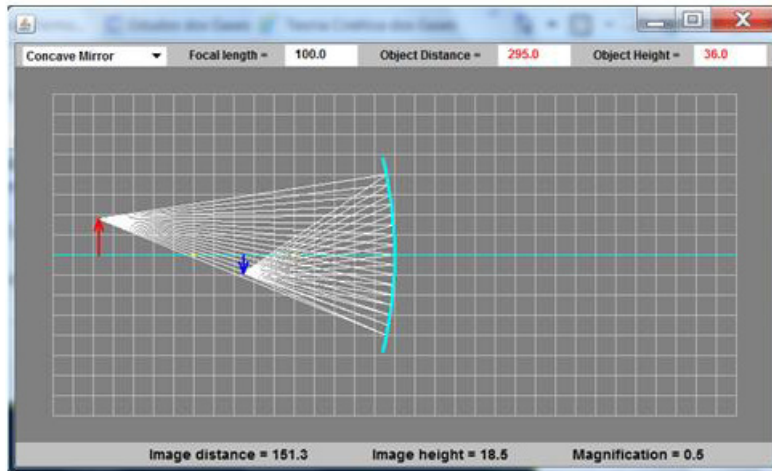


Figura 22 – Disponível em: <http://www.schulphysik.de/suren/Applets.html>.

1.6 – Projeto Phet. Universidade do Colorado.

http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html

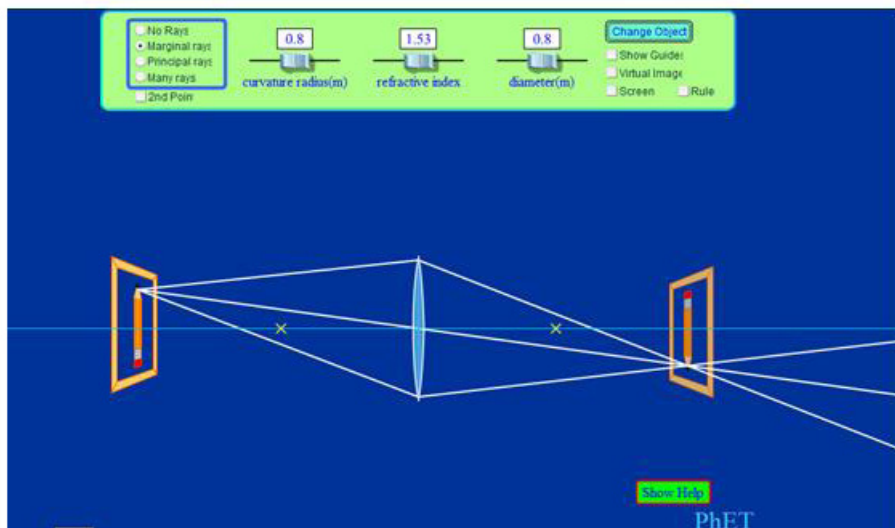


Figura 23 – Disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html.

- VÍDEO AULAS

2.1 – Sei mais física. Espelhos côncavo e convexo.

<http://www.youtube.com/watch?v=CxH1rrXl-Qg>

2.2 - Espelhos côncavo e convexo.

<http://www.youtube.com/watch?v=eWmeGk14Om0>

2.3 - Músicas de física - Côncavo e convexo

http://www.youtube.com/watch?v=h_ZPbiUljSo

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

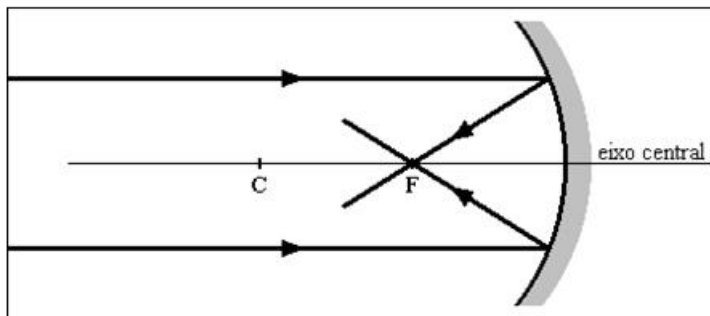
3.1 – ESPELHO CÔNCAVO [8]

Objetivo:

Este experimento tem por objetivo construir um espelho côncavo, bem como, observar como os raios de luz se comportam quando são refletidos por ele.

Contexto:

Sabe-se que quando um raio de luz incide em um espelho plano, é refletido com o mesmo ângulo com o qual incidiu em relação à normal. Porém se encurvamos este espelho, de modo que a superfície refletora assuma uma forma côncava, isto não ocorre. Neste caso teremos um espelho côncavo que obedece à algumas propriedades. Uma delas, e a mais interessante neste caso, é que os raios que incidem paralelamente ao eixo central desse espelho côncavo, são refletidos passando pelo foco do mesmo, como mostra a figura abaixo. Foco, ou distância focal, é a metade do raio de curvatura do espelho.



F é o foco e C o centro de curvatura

Ideia do Experimento:

Um pente e uma lanterna são utilizados para formar feixes luminosos paralelos. Ao interceptar os feixes com um espelho côncavo, observa-se que os raios luminosos são refletidos por ele, passando por um ponto que é a metade do seu raio, ou seja, o foco.

Item	Observação
Garrafa Pet de 2L	Ou qualquer outro objeto/embalagem que possa fornecer um anel com diâmetro semelhante.
Embalagem dos Salgadinhos ELMA CHIPS	Utilizamos uma embalagem de BACONZITOS, mas pode ser utilizada a embalagem de qualquer outro salgadinho desta marca. Pode-se utilizar também uma embalagem de pó de café que é feita de um material muito parecido.
Pente	
Lanterna	
Cola branca	

Tabela 2 - Material necessário para o experimento.

Montagem:

Corte a garrafa transversalmente de modo a formar um anel como mostra a figura 33;

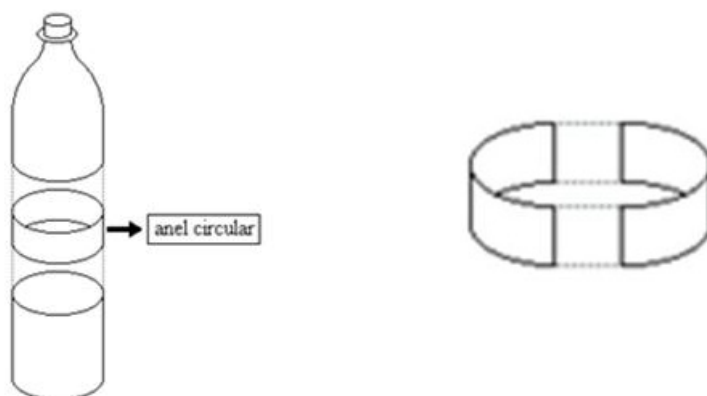
Corte o anel ao meio de forma que visto de cima seja um semicírculo (figura 34);

Cole um pedaço da embalagem de salgadinho (com o mesmo tamanho da parte da garrafa) na face côncava do semicírculo, tendo cuidado para que a face mais refletora da embalagem fique voltada para a concavidade do semicírculo, com a finalidade de se formar um espelho côncavo. A face mais refletora da embalagem é o lado de dentro;

Ilumine, com a lanterna, a superfície na qual será realizada a experiência, fazendo com que o feixe de luz gerado pela lanterna fique quase paralelo à esta superfície;

Coloque o pente na frente deste fixe na posição vertical ("em pé");

A luz gerada pela lanterna foi dividida em pequenos feixes. Colocando o espelho côncavo na frente desses feixes, é possível observar que eles são refletidos em direção ao foco do espelho.

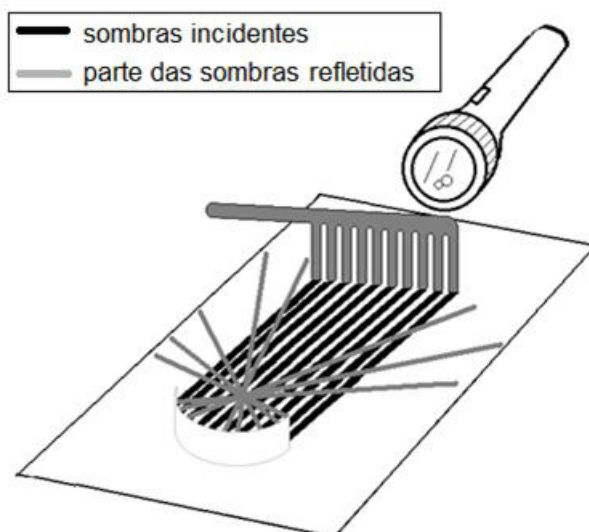


Comentário:

Melhores resultados serão obtidos se a lanterna permanecer o mais longe possível do pente.

Utilizando os mesmos princípios também é possível construir um espelho convexo apenas colando o pedaço da embalagem do outro lado da parte retirada da garrafa.

Esquema Geral de Montagem:



Os raios andam paralelos às sombras, que são mais facilmente visualizadas.

CONCLUSÃO

Uma aula sobre espelhos esféricos e 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 e Espelhos”. 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

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>. Acesso em 28/08/2012.

_____. 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.

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

Espelhos Esféricos. Disponível em: <http://www.singularsaobernardo.com.br/portal/emn/ar/professores/suzana/terceiro_ano/espelhos_esfericos/espelhos_esfericos.pdf>. Acesso em 28/08/2012.

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

_____. Lentes Esféricas. Disponível em: <<http://fisicacomabud.com.br/18.05.2011/LENTES%20ESFERICAS%20docx.pdf>>. Acesso em 28/08/2012.

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.

UNESP/Bauru. Projeto Experimentos de Física com Materiais do Dia a Dia. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/opt_list.htm>. Acesso em 28/08/2012.