

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG 
ensino de física

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Sílvia Luiz Rutz da Silva
(organizadores)

**GUSTAVO TRIERVEILER ANSELMO
JÚLIO FLEMMING NETO
ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO**



volume 5

Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física
Volume 5

GUSTAVO TRIERVEILER ANSELMO
JÚLIO FLEMMING NETO
ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO

Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Silvio Luiz Rutz Da Silva
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX
1a. Edição
Ponta Grossa – PR
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Carlos Luciano Sant'Ana Vargas
REITOR

Profa. Dra. Gisele Alves de Sá Quimelli
VICE-REITOR

Profa. Dra. Marilisa Do Rocio Oliveira
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Profa. Dra. Osnara Maria Mongruel Gomes
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MNPEF - POLO 35 – UEPG
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
Colegiado

Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes
Prof. Dr. Paulo César Facin

Aluno (*Rep. Discente*)
Suplentes

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL DA SÉRIE

Prof. Dr. Alexandre Camilo Junior (UEPG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Gelson Bisciaia de Souza (UEPG)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Fernando Pires (UEPG)
Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab (UEPG)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Gerson Knipphoff da Cruz (UEPG)
Profa. Dra. Josie Agatha Parrilha da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Adriano Reinaldo Viçoto Benvenho (UFABC)
Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin (UTFPR)
Prof. Dr. Carlos Alberto de Oliveira Magalhães Jr (UEM)
Profa. Dra. Cleci Werner da Rosa (UPF)
Prof. Dr. José Ricardo Galvão (UTFPR)
Prof. Dr. Hércules Alves de Oliveira Jr. (UTFPR)
Profa. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves (UTFPR)
Prof. Dr. Marco Antonio Moreira (UFRGS)
Prof. Dr. Marcos Antonio Florczak (UTFPR)
Profa. Dra. Sandra Mara Domiciano (UTFPR)
Profa. Dra. Sani de Carvalho Rutz da Silva (UTFPR)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ
<http://www3.uepg.br/ppgef/>

SÉRIE

Produtos Educacionais em Ensino de Física

Volume 5

GUSTAVO TRIERVEILER ANSELMO

JÚLIO FLEMMING NETO

ANTÔNIO SÉRGIO MAGALHÃES DE CASTRO

Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano

Jeremias Borges da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Silvio Luiz Rutz Da Silva
(ORGANIZADORES)

UEPG – PROEX
1a. Edição
Ponta Grossa – PR
2018

A618s Anselmo, Gustavo Trierveiler
Simulador didático de acomodação do olho humano [livro eletrônico]/ Anselmo Gustavo Trierveiler, Júlio Flemming Neto, Antonio Sérgio Magalhães de Castro. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2018. (Série Produtos Educacionais em Física, v. 5).
82 p.; il.; e-book

ISBN: 978-85-63023-25-4

1. Ensino-aprendizagem. 2. Simulador didático. 3. Óptica. 4. Olho humano. I. Flemming Neto, Júlio. II. Castro, Antonio Sérgio Magalhães de. III. T.

CDD: 535

Ficha Catalográfica Elaborada por Maria Luzia F. Bertholino dos Santos - CRB 9/986

Foto da Capa: Rueben Kowaleski

Disponível em:

<http://www.guoguiyan.com/eyes-wallpapers/69188097.html>



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons – Atribuição - Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos

educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes-pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentado estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a **Série Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdos para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva

Organizadores

Sumário

Apresentação	9
Introdução teórica	11
Plano de aula nº 01 - Refração da luz.	16
1.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:	16
1.2 MOMENTOS DA AULA	16
1.2.1 Incentivação	16
1.2.1 Desenvolvimento	17
1.2.3 Síntese Integradora	17
1.3 Objetos Educacionais	18
1.4 Referências	18
1.5 Anexo	20
Plano de aula nº 02 - Refração da luz.	26
2.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:	26
2.2 MOMENTOS DA AULA	26
2.2.1 Incentivação	26
2.2.2 Desenvolvimento	26
2.2.3 Síntese Integradora	27
2.3 Objetos Educacionais	29
2.4 Referências	29
2.5 Anexo	30
Plano de aula nº 03 – Dissecção do olho de boi.	35
3.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:	35
3.2 MOMENTOS DA AULA	36
3.2.1 Incentivação	36
3.2.2 Desenvolvimento	36
3.2.3 Síntese Integradora	37
3.3 Objetos Educacionais	37
3.4 Referências	37
3.5 Anexo.	38
Plano de aula nº 04 – Lentes esféricas.	42
4.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:	42
4.2 MOMENTOS DA AULA	42
4.2.1 Incentivação	42
4.2.2 Desenvolvimento	42
4.2.3 Síntese Integradora	46
4.3 Objetos Educacionais	47
4.4 Referências	47
4.5 Anexo.	48
Plano de aula nº 05 – Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano.	59
5.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	59
5.2 MOMENTOS DA AULA	59
5.2.1 Incentivação	59
5.2.2 Desenvolvimento	60
5.2.3 Síntese integradora	61

5.3 Objetos Educacionais	62
5.4 Referências	62
5.5 Anexo	63
5.5.1 Confecção dos aparatos experimentais.....	63
5.5.1 Roteiro da atividade experimental.....	72
Anexos.....	78

Apresentação

Este manual descreve a montagem e a utilização de um aparato experimental, que simula o processo de acomodação do olho humano. O Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano é composto principalmente por uma lente flexível, feita de preservativo masculino de látex, preenchida com água.

O produto educacional explora conceitos de óptica geométrica em abordagens teóricas como experimentais, o que possibilita uma análise crítica dos limites dos modelos teóricos utilizados. Isto faz com que o aluno participe ativamente das discussões e resoluções das atividades propostas.

O simulador didático é destinado ao manuseio do aluno, ou seja, é ele que irá construir todos os aparatos experimentais e realizar as medições, conforme proposto. Isto se faz importante, já que o aluno se torna protagonista das ações e sua aprendizagem se torna potencialmente mais significativa.

Neste manual foi escrito usando a aprendizagem significativa de David Ausubel. Ele afirma que para uma aprendizagem mais eficiente, os educandos devem ter os subsunçores adequados para que o novo conhecimento, para que fique ancorado nesta estrutura cognitiva pré-existente. Caso os alunos não o tenham precisamos organizar atividades, chamadas de organizadores prévios, que promovam a criação destes subsunçores.

Os quatros primeiros planos de aula são as atividades dos organizadores prévios, composta por duas aulas teóricas e duas aulas práticas. As aulas teóricas exploram os conceitos de óptica geométrica como o raio de luz, o fenômeno da refração e as lentes esféricas. As aulas práticas permitem ao aluno a construção de câmara escura e a dissecação de um olho de boi.

Todas as atividades propõe a utilização dos mais variados recursos didáticos, por exemplo, a utilização de simuladores computacionais e a demonstração de algumas experiências simples, como a projeção de imagens utilizando uma lente de um retroprojeto sem uso.

O quinto e último plano de aula, contém todas as orientações para a confecção e montagem do Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano, bem como os roteiros para a aplicação em sala de aula. O aparato experimental proporciona o aluno a medir e comparar resultados obtidos de forma experimental e teórica, em conjunto com questões que proporcionam ao educando a refletir sobre aquilo que está sendo feito.

Para acompanhar o desenvolvimento dos alunos, sugerimos que o professor faça a mediação entre o material de apoio e o aluno. Para verificar o desenvolvimento dos educandos, no anexo deste material há um questionário composto por sete perguntas, que o professor deve ser aplicado antes e logo após o uso deste produto educacional. Nas duas etapas, o professor deve usar o mesmo questionário sem aviso prévio aos educandos.

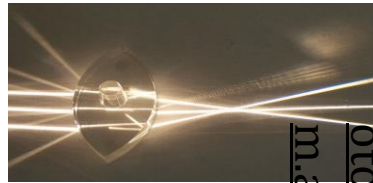
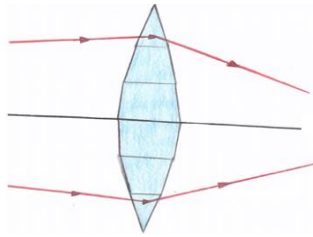
Assim o manual proposto é um conjunto de atividades bastante amplo que explora, além do processo de acomodação do cristalino, o estudo de alguns conceitos da óptica geométrica utilizando como base o olho humano.

Introdução teórica

Lente esférica.

Meio transparente limitado por duas superfícies curvas e esféricas ou uma curva esférica e a outra plana. As superfícies de separação entre a lente e o meio são chamadas de dioptro.

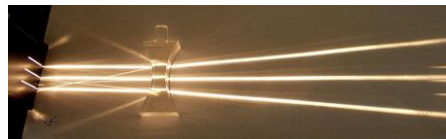
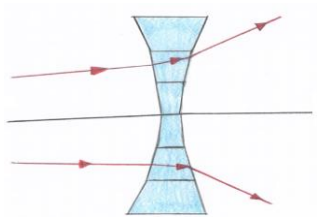
As lentes esféricas são identificadas pela a espessura da sua borda em relação ao centro. Elas são do tipo: borda grossa e borda fina. Normalmente as lentes são constituídas por um material com índice de refração maior que o meio que ela está imersa. Partindo disto, temos que as lentes de borda fina são convergentes e as lentes de borda grossa são divergentes.



Lente
convergen
te

www.fl
agstaff
fotos.co
m.au

1



Lente
divergent
e

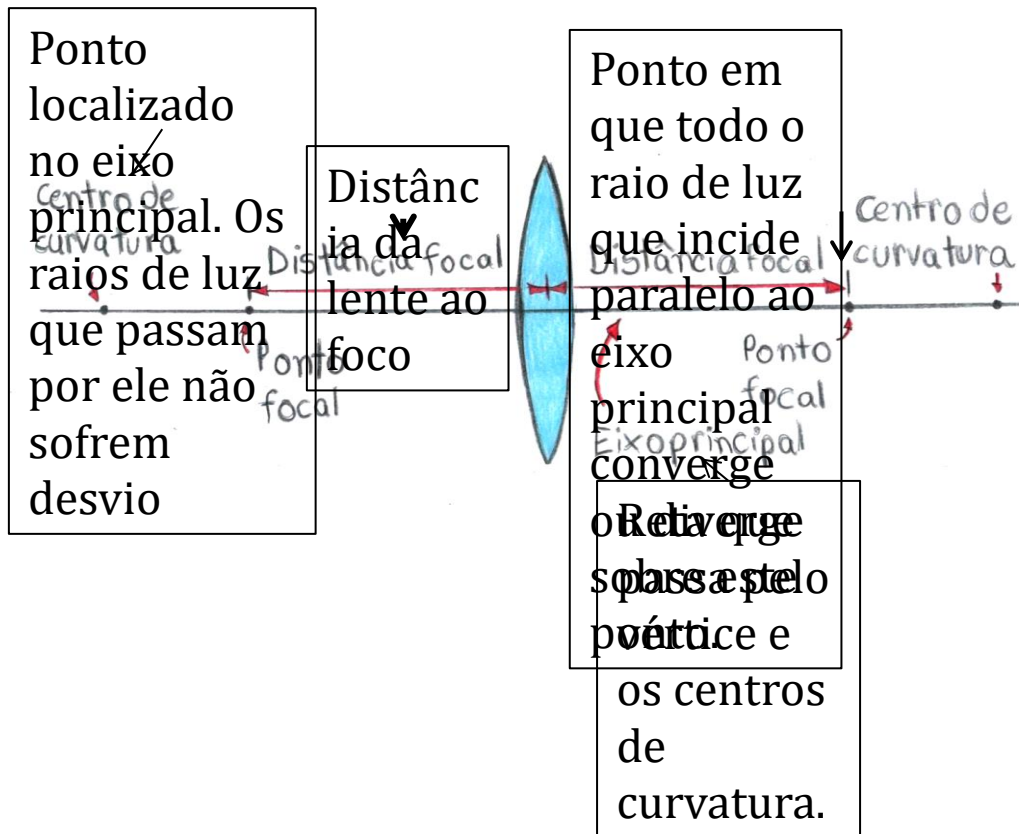
www.
flagsta
ffotos.
com.a
u

2

Elementos geométricos.

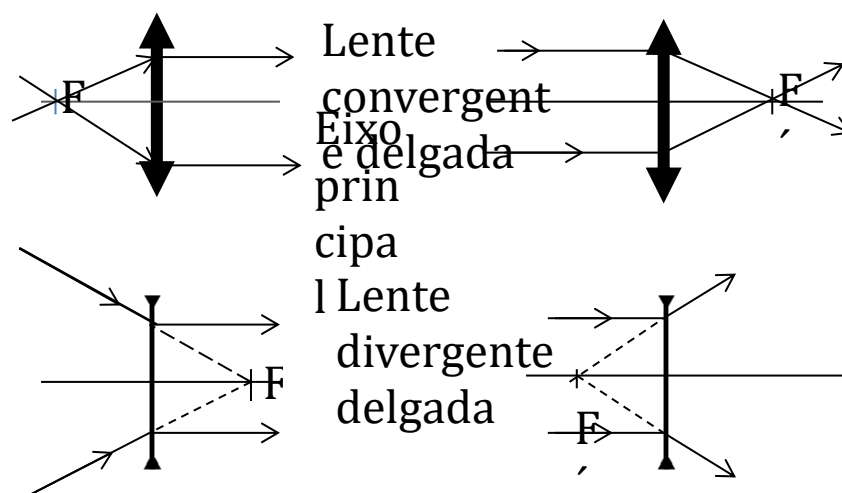
¹ Disponível em https://en.wikipedia.org/wiki/File:Large_convex_lens.jpg acessado em 03/07/2016.

² Disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Concave_lens.jpg acessado em 03/07/2016.



As lentes esféricas são consideradas delgadas quando sua espessura é muito pequena comparada com o raio de curvatura das superfícies que a limita. Suas representações estão mostradas na figura abaixo.

As lentes esféricas apresentam focos duplos chamados de: Foco imagem F' (a imagem se forma no infinito) e foco objeto F (a imagem está no infinito). No caso das lentes delgadas, as distâncias focais são iguais.



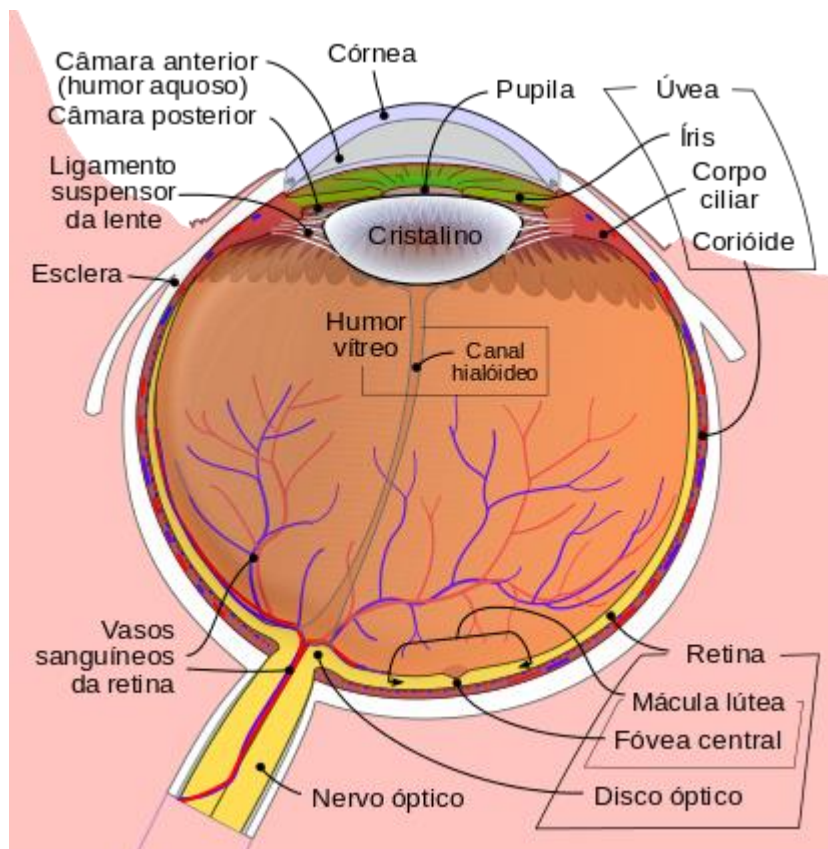
Representação das lentes delgada convergente e divergente e seus focos [Trierveiler, 2016].

Equações.

Podemos determinar as distâncias focais f de duas maneiras, através dos raios de curvatura ou através das posições dos objetos e das imagens. Para uma lente delgada temos:

$\frac{1}{f} = (n - 1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ tal que, n é o índice de refração da lente e R_1 e R_2 são os raios de curvatura das superfícies do dioptro. Sinal positivo ($R > 0$) para superfícies convexas. Sinal negativo ($R < 0$) para superfícies côncavas.	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ Tal que p é a distância do objeto a lente e p' é a distância da imagem a lente.
--	---

Olho humano.



Esboço da estrutura do olho humano.³

O olho humano tem um diâmetro de 24 *mm*. Ele é preenchido por duas substâncias transparente: o humor aquoso e o humor vítreo. Além de manter a forma do globo ocular, elas apresentam índice de refração próximo ao da água, o que lhe confere a capacidade de refratar luz.

A luz incide primeiramente na córnea. Uma película, saliente convexa, que em conjunto com o humor aquoso, é responsável por 2/3 da capacidade de refração do olho humano.

Em seguida encontramos a íris, uma película que se expande e contrai junto com a pupila. Esta última faz o controle da luminosidade que entra no olho humano, através um orifício de abertura regulável.

Logo após, encontramos o cristalino. Ele é uma lente flexível transparente responsável por colocar e manter a imagem formada sobre a retina. O cristalino tem alta capacidade convergir a luz, devido a seu formado de lente convergente biconvexa e seu índice de refração mais elevado, quando comparado com os humores aquoso e vítreo.

³ “Diagrama esquemático do olho humano” Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_pt.svg acessado em 22/05/2016.

Por ser flexível, o cristalino tem a capacidade de modificar sua curvatura e com isso, sua distância focal. A deformação da sua superfície é feita através dos músculos ciliares. Este processo, chamado de acomodação, é muito importante, pois faz com que, a imagem de nosso interesse fique mantida sobre a retina.

A retina é responsável por capturar a luz, que é focalizada sobre ela, convertê-la e enviá-la ao cérebro, através do nervo óptico. Ela se encontra no fundo do globo ocular revestindo mais de 65 % da sua superfície interna.

A retina é formada principalmente por células fotorreceptoras chamadas de cones e bastonetes. Os cones estão mais concentrados na região central da retina e são responsáveis pelas melhores imagens, desde que haja condições adequadas de luminosidade. Por este motivo, o cristalino ajusta a distância focal com a intenção de para manter imagem sobre esta região mais sensível. Os bastonetes estão mais concentrados na região periférica da retina. Eles são mais sensíveis à percepção do movimento e a condições de baixa luminosidade, mas em compensação não são capazes de gerar imagens de alta resolução.

Plano de aula nº 01 - Refração da luz.

IDENTIFICAÇÃO:

COLÉGIO: _____

CURSO: _____

DISCIPLINA: _____

SÉRIE/ANO LETIVO: _____

CARGA HORÁRIA: 01 HORA/AULA (50 MIN)

ASSUNTO: Raio de luz, reflexão e refração da luz.

1.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

- a. Compreenda o conceito de raio de luz, reflexão e refração e associe como uns dos fenômenos da luz.
- b. Reconheça a refração da luz utilizando os conhecimentos para explicar, por exemplo, a formação do arco-íris, a cor do céu, o desvio na direção da luz, entre outros.
- c. Identificar as grandezas físicas presentes da refração se familiarizando com a nomenclatura da refração e a Lei de Snell – Descartes.
- d. Utilizar linguagem simbólica (esquemas, tabelas e expressões matemáticas), na interpretação da refração.

1.2 MOMENTOS DA AULA

1.2.1 Incentivação

O tempo estimado é de 5 minutos. Com um copo transparente cheio de água com um lápis dentro, o professor deve perguntar cada pergunta de forma pausada e ouvindo a resposta dos educandos: Porque o lápis parece quebrar? Existe alguma posição que o lápis pareça estar inteiro? Caso afirmativo, quais os fatores que influenciam na formação da imagem?

1.2.1 Desenvolvimento

Tempo estimado para esta etapa é de 25 minutos. A aula deve ser dinâmica com trocas de informações entre o professor e aluno, aproveitando elementos do momento de incentivação, como as respostas e pergunta dos alunos.

A aula deve ser expositiva usando as figuras e o texto de apoio, ambos disponíveis no anexo deste plano de aula. É aconselhável a projeção do material para toda a turma e disponibilizar cópias para todos os educandos, caso seja possível.

O professor deve expor o conteúdo, utilizando as figuras do material didático, os conceitos de raio de luz, reflexão e principalmente da refração. Ele deve mostrar a mudança (desvio) de direção na trajetória da luz, quando esta passa de um meio para outro, mostrando as grandezas envolvidas e suas leis.

Para facilitar o aprendizado dos conceitos envolvido, o professor deve utilizar o simulador “Phet - Curvando a Luz”⁴. Neste simulador é possível mudar os índices de refração e o ângulo de incidência, analisando o comportamento da luz refrata tanto no modelo da óptica geométrica (Raio de luz) como física (Ondas eletromagnéticas).

Logo em seguida, o professor deve conceituar índice de refração, associá-lo a velocidade de propagação, ao ângulo de refração e finalmente a Lei de Snell-Descartes.

O professor deve mostrar a tabela de índices de refração n , disponível no texto de apoio, explicando seu significado com relação, à velocidade da luz e desvio do raio refratado. Ele deve enfatizar que esses os valores n , variam conforme a frequência. Caso o professor ache necessário, ele pode fazer uma explicação rápida sobre frequência e sua relação com as cores.

1.2.3 Síntese Integradora

Este momento foi estimado para o tempo de 20 minutos. O professor deve perguntar a turma:

- **É possível colocar o lápis na água, de tal forma que sua imagem não parece estar quebrada?**

Resposta esperada: Sim, incidindo o lápis perpendicularmente a superfície da água.

⁴ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/bending-light (acessado em 28 de setembro de 2015).

- **A experiência mostrada só poderia ocorrer com a água? Se trocar água por outro líquido, por exemplo, detergente incolor ou vaselina líquida, existiria diferença na imagem formada?**

Resposta esperada: Sim, devido à diferença de índice de refração dos líquidos.

Comentário: *Pode ser mostrado fazendo a experiência, comparando dois recipientes preenchidos com líquidos diferentes (água e detergente ou água e vaselina líquida).*

- **Como a formação do arco-íris pode ser explicada usando a refração?**

Resposta esperada: usando a tabela de índice de refração, podemos perceber que ela é para uma determinada luz monocromática, ou seja, para certo valor de frequência de luz. Como a luz branca do sol é composta por um conjunto de cores, ou seja, por diferentes frequências, cada cor refrata sobre ângulos diferentes, dispersando o feixe de luz.

Logo após, os alunos devem responder as questões disponíveis no anexo. Dependendo do tempo e da necessidade do professor, poderá pedir como atividade para casa.

Como tarefa de casa, o professor deve pedir duas pesquisas: uma sobre câmara escura, com ênfase no seu funcionamento e aplicação; e a outra sobre o olho humano enfatizando as principais partes e a processo de formação da imagem na retina.

O professor deve organizar a turma para a construção dos três modelos de câmara escura, prevista no próximo plano de aula. A sala pode ser organizada em equipes, sendo que cada uma, ficará responsável por providenciar os materiais conforme o modelo escolhido.

1.3 Objetos Educacionais

- Aparato experimental
- Simulador virtual Phet.
- Quadro giz e/ou projetor.

1.4 Referências

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.

BONJORNO E CLINTON. **Física, História e Cotidiano - Coleção Delta**. São Paulo. Volume Único, Editora da FTD. 2ª edição, 2005.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. São Paulo. Volume 2. Editora Ática. 2ª edição, 2014.

GONÇALVES, Dalton. **Física do Científico ao Vestibular**. Rio de Janeiro. Editora Ao Livro Científico. 1964.

[Trierveiler, 2016] **Gustavo Trierveiler Anselmo**. *Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano*. Dissertação de mestrado submetida na Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

1.5 Anexo

Raio de luz.

O raio de luz é o caminho percorrido pela luz. Ele não tem um significado real, mas uma representação em forma de seta simplifica o estudo da óptica geométrica.

Fontes de luz.

Fonte de luz é tudo que pode ser visualizado pelos olhos. Necessariamente, o objeto não precisa gerar luz, mas precisa refletir.

Temos dois tipos de fontes de luz: A Primária em que o objeto gera luz, como nas lâmpadas e estrelas (Sol); A secundária em que o objeto reflete luz de uma fonte primária, como nos livros, planetas e satélites (Lua).

As fontes luminosas podem ser extensas ou pontuais. Uma lâmpada fluorescente de 1 m é uma fonte extensa, enquanto um led pode ser considerado como pontual.

A distância da fonte luminosa também pode definir se ela é uma fonte extensa ou pontual. O farol de um carro é considerado extenso a uma distância de 40 cm, mas pontual a 100 m. Assim, uma fonte pontual é quando podemos desprezar as dimensões da fonte luminosa em função da distância de quem observa.

Reflexão da luz.

É um dos principais fenômenos da luz. Quando um raio de luz incidente r atinge a superfície conforme um ângulo de incidência θ_1 , ele reflete sobre um ângulo de reflexão θ_1' . Como observado na figura abaixo, $\theta_1 = \theta_1'$. Ambos os ângulos em relação à reta normal N (Reta perpendicular à superfície de reflexão). Graças a este fenômeno, todos os objetos iluminados são uma fonte de luz.

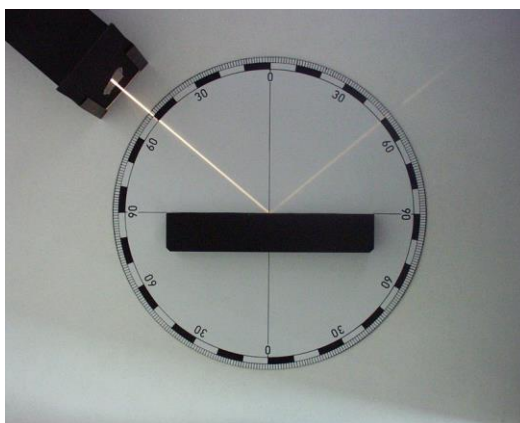


Figura 1 Reflexão da luz⁵

⁵ Disponível em

[https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_\(physics\)#/media/File:F%C3%A9nyvisszaver%C5%91d%C3%A9s.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_(physics)#/media/File:F%C3%A9nyvisszaver%C5%91d%C3%A9s.jpg). Acessado em 30/05/2015.

A reflexão obedece três princípios básicos.

1. A luz se propaga em linha reta, desde que os meios sejam isotrópicos e homogêneos. Isto significa que se a luz mudar de meio, ou este não apresentar às mesmas características a luz pode mudar de direção.
2. Os raios de luz são independente um do outro. Quando um é interceptado pelo outro, eles continuam a se propagar como se nada tivesse acontecido.
3. O caminho ou trajetória de um raio de luz não depende do sentido de propagação.

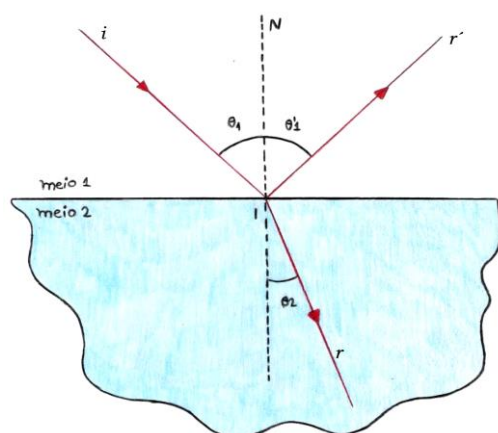
A reflexão pode ser regular: aquela que ocorre em superfícies polidas; e reflexão difusa decorrida das imperfeições da superfície de reflexão.

Refração da luz.

Na figura abaixo temos um caso típico de refração de um raio de luz que incide em uma superfície de separação e sofre uma mudança na sua direção de propagação.

O raio de luz incidente i faz um ângulo incidente θ_1 com a reta normal N . Da mesma forma, o raio de refração r faz um ângulo de refração θ_2 , ambos em relação à reta normal.

Na realidade os fenômenos de reflexão e refração ocorrem simultaneamente. Uma parte da luz incidente a superfície de separação (dióptro) é refletida e o restante é refratado. A parcela de luz para cada fenômeno depende do ângulo de incidência e do índice de refração, que será definido a seguir.



Refração da luz. Observe que a reflexão da luz continua a existir

(A)



(B)

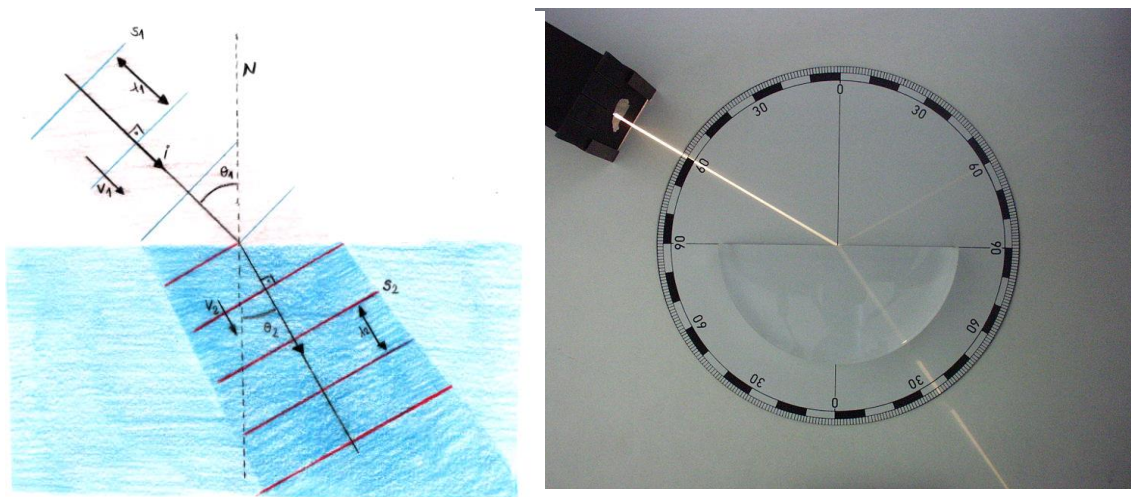
Figura 2 (A) Reflexão e refração do raio de luz. (B) Reflexão e refração em um lago⁶

A representação acima se baseia na natureza corpuscular da luz, proposta por Newton, onde seria composta por partículas ou corpúsculos, chamada de modelo Corpuscular.

Abaixo temos outra hipótese inspirada no modelo ondulatório da luz defendido por Huygens no século XVIII. Neste as grandezas físicas velocidade de propagação e o comprimento de onda mudam quando passam de um meio para outro. Assim a frequência é mantida constante, pois afinal, quando um feixe de luz vermelho muda de meio, ela continua sendo vermelha.

⁶ Disponível em

[https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_\(physics\)#/media/File:Mount_Hood_reflected_in_Mirror_Lake,_Oregon.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_(physics)#/media/File:Mount_Hood_reflected_in_Mirror_Lake,_Oregon.jpg) acessado em 30/05/2015.



(
A
)

(
B
)

Figura 3 (A) Refração de uma frente de onda. (B) Refração de raio de luz e um pouco de luz refletida⁷. Em ambos os casos, a luz refratada desvia sua trajetória.

Em ambas as explicações a velocidade de propagação muda e nos casos acima $v_1 > v_2$. Para melhor compreensão, indicamos o simulador “Phet - Curvando a Luz.”⁸.

Índice de refração ou refringência

O Índice de refração absoluto n , de um meio homogêneo, para uma determinada luz monocromática, é dado pela razão entre o valor da velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz (v) no meio em questão.

$$n = \frac{c}{v}$$

Podemos concluir que n implica em quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade do meio. Além disso, como é definido por duas grandezas físicas iguais, é **adimensional**, ou seja, não possui unidade.

Abaixo temos a tabela para o índice de refração para luz monocromática de frequência de 5×10^{14} Hz.

Material	n
----------	-----

⁷ Disponível em:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Refraction#/media/File:F%C3%A9ny%C3%B6r%C3%A9s.jpg> acessado em 30/05/2015.

⁸ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/bending-light

(acessado em 30/05/ de 2015).

Gases a 0°C e 1 atm	
Hidrogênio	1,00013
Ar	1,00029
Dióxido de carbono	1,00045
Líquidos a 20°C	
Água	1,33
Álcool etílico	1,36
Glicerina	1,47
Benzeno	1,51
Sólidos a 20°C	
Quartzo fundido	1,46
Poliestireno	1,49
Vidro comum	1,52
Diamante	2,42

[Trierweiler, 2016]

Leis da Refração

A refração é considerada por duas leis:

- i) O raio incidente i , raio refratado r e a reta normal N à superfície de separação, em geral, pertencem no mesmo plano.
- ii) O produto do índice de refração n_1 (meio do raio de luz incidente) e o seno do ângulo de incidência ($\text{sen}\theta_1$) como também o produto do índice de refração n_2 (meio do raio luz refratado) e o seno do ângulo de refração ($\text{sen}\theta_2$) é uma constante.

A relação é conhecida como Lei de Snell – Descartes

$$n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2$$

Exercícios.

1. Se um raio de luz incide normalmente em uma superfície de separação de dois meios, ele não sofre desvio. Isto significa que não houve refração? Explique.
2. As piscinas parecem mais rasas que realmente são. Explique o motivo usando conceito de refração.
3. (Enem) Alguns povos indígenas ainda preservam suas tradições realizando a pesca com lanças, demonstrando uma notável habilidade. Para fisgar um peixe em um lago com águas tranquilas o índio deve mirar abaixo da posição em que enxerga o peixe. Ele deve proceder dessa forma porque os raios de luz

- a) Refletidos pelo peixe não descrevem uma trajetória retilínea no interior da água.
- b) Emitidos pelos olhos do índio desviam sua trajetória quando passam do ar para a água.
- c) Espalhados pelo peixe são refletidos pela superfície da água.
- d) Emitidos pelos olhos do índio são espalhados pela superfície da água.
- e) Refletidos pelo peixe desviam sua trajetória quando passam da água para o ar.

Plano de aula nº 02 - Refração da luz.

IDENTIFICAÇÃO:

COLÉGIO: _____

CURSO: _____

DISCIPLINA: _____

SÉRIE/ANO LETIVO: _____

CARGA HORÁRIA: 02 HORA/AULA (50 MIN)

ASSUNTO: Formação da imagem em uma câmara escura.

2.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

- a) Construir uma câmara escura (conhecida Pin Hole.).
- b) Entenda o funcionamento da câmara escura e associe com o olho humano.
- c) Relacione o tamanho da câmara escura (profundidade) da câmara escura com a altura da imagem formada.
- d) Relacione a quantidade de luz e o tamanho do orifício com a nitidez da imagem.

2.2 MOMENTOS DA AULA

2.2.1 Incentivação

Este momento está planejado para um tempo de 5 minutos. O professor deve perguntar aos alunos: *A visão é um dos sentidos mais importante do ser humano. Através dela exploramos o mundo a nossa volta, reconhecendo cores, formatos, idealizando distâncias. Mas como a imagem é formada a imagem no olho humano? Como nosso pequeno olho, com um pequeno orifício, a nossa pupila, é capaz de formar imagens?*

2.2.2 Desenvolvimento

O Tempo estimado é de 70 minutos divididos em: 30 minutos na construção do equipamento e 40 na resolução dos exercícios propostos. O professor pode organizar os alunos em grupos ou trabalhar de forma individual, dependendo da necessidade do educador. Temos que lembrar que esta atividade deve ter sido organizada antes, distribuindo para cada equipe, um dos três modelos da câmara escura. Isto se faz necessário, para que os educando se organizem, já que é sua a responsabilidade de trazer os materiais necessários para sua construção da câmara escura.

O professor deve distribuir o roteiro que se encontra em anexo, deste plano de aula. Ele deve orientar a construção da câmara escura conforme o tipo escolhido. É importante que o professor participe da montagem do aparato, como também com que os alunos façam em sala de aula. Isto se faz importante, já que em geral, surgem dúvidas na montagem e é um momento, do professor, de discutir a função de cada parte ou passo na construção da câmara escura.

Foi sugerido três modelos de câmara escura: a primeira é feita com lata de massa de tomate (aquela com um furinho na tampa) baseada na proposta Óptica do olho humano; a segunda com um tubo de batatinha baseado em um vídeo no site “youtube” e o terceiro feito de latinha de alumínio.

Após a construção, o professor deve pedir aos alunos, que observem as imagens formadas pelo equipamento, analisando o tamanho e a orientação da mesma. É aconselhável que eles observem objetos bem iluminados.

O professor deve discutir com os educando a qualidade da imagem formada pelo o aparato. Em geral, os alunos tentem a aumentar o orifício para que fique mais clara, mas isso prejudica a nitidez da mesma.

Em seguida o professor deve entregar uma atividade, que se encontra no anexo deste plano de aula. Os exercícios são de aplicação matemática, baseada em medidas tiradas do próprio experimento, como profundidade e tamanho de imagem.

Como tarefa de casa o professor deve pedir, aos alunos, uma pesquisa sobre lentes esféricas, enfatizando seus tipos (convergente e divergente) e espessuras (Delgada ou espessa). Além disso, o professor deve solicitar aos alunos que tragam o material pesquisado sobre o olho humano, principalmente com um esboço claro e simples das partes do olho humano.

O professor também deve comentar sobre a dissecação do olho de boi que será feita na próxima aula. É importante o professor comente sobre as regras de laboratório e de vestimentas descritas no plano de aula 03.

2.2.3 Síntese Integradora

Tempo estimado 25 minutos. O professor deve pergunta a turma pausadamente, esperando a resposta de cada questionamento.

Observe a imagem formada primeiramente com e depois sem papel manteiga. Existe diferença entre as duas situações? Sobre a imagem formada, qual é a sua orientação, direita ou invertida? Real ou virtual? Justifique.

Resposta esperada: Sem papel vegetal vemos apenas a luz que atravessa o pequeno orifício da câmara escura. Com o papel manteiga, as imagens observadas estão de ponta cabeça, ou seja, invertida. Isto deve ao cruzamento dos raios luminosos, que incidem pelo orifício da câmara escura. Como a imagem precisa ser projetada para ser vista, ela é uma imagem real.

Usando a pesquisa sobre olho humano pedida na aula anterior, qual a semelhança entre o olho e a câmara escura? Cite pontos e elementos.

Resposta esperada: O orifício da câmara escura pode ser comparado com a pupila do olho humano. O que diferencia do furo da câmara escura é que, a pupila é um orifício ou diafragma de ajuste variável.

A retina pode ser comparada com o anteparo formado pelo papel vegetal.

Usando a imagem da câmara escura no anexo*, desenha a imagem formada no fundo da câmara escura ilustrando o trajeto dos raios de luz.

** O professor pode disponibilizar a figura para os alunos ou projetar no quadro, riscando e traçando os raios luminosos.*

Resposta esperada:

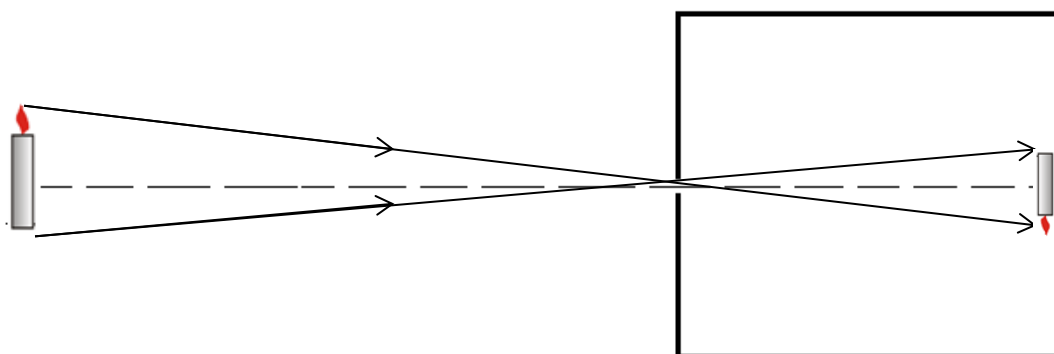


Figura 2.1 Trajeto dos raios luminosos para formar a imagem dentro da câmara escura.

Usando o desenho dos raios luminosos, feito na questão anterior, seria possível calcular a altura ou a distância do objeto que originou a imagem? De que forma? Caso seja possível, existe alguma relação matemática?

Resposta esperada: podemos ver que existe uma semelhança dos triângulos formados entre a altura do objeto (o) e a distância com a câmara escura (p) com outro triângulo formado entre a altura da imagem (i) e a profundidade da câmara (p').

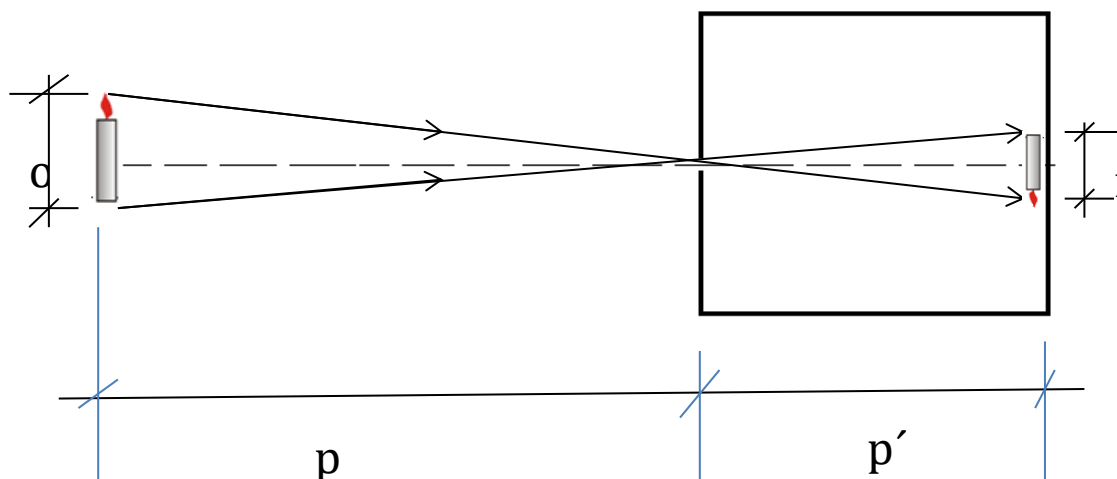


Figura2. 2 Medidas relevantes na câmara escura.

$$\frac{p'}{i} = \frac{p}{o}$$

2.3 Objetos Educacionais

- Aparato experimental
- Quadro giz e/ou projetor.
- Computador
- Material para a construção da câmara escura.

2.4 Referências

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.

BONJORNO E CLINTON. **Física, História e Cotidiano - Coleção Delta**. São Paulo. Volume Único, Editora da FTD. 2ª edição, 2005.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**, São Paulo. Volume 2. Editora Ática. 2ª edição, 2014.

PIETROCOLA, Mauricio; SANTO, Allan F. E.; SIMÕES, Calebe; STEINICKE, Gabriel O.; SAITO, Silvia H. **Óptica do Olho Humano**, Metodologia do Ensino de Física I, São Paulo, USP, 2010. Disponível em <http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/192/Sequencia%20didatica%20optica%20do%20olho%20humano%202010.pdf> acessado em 15 de outubro de 2015.

[Trierveiler, 2016] **Gustavo Trierveiler Anselmo**. *Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano*. Dissertação de mestrado submetida na Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

2.5 Anexo

Câmara Escura (*Pin Hole*)⁹.

Material Necessário:

- Uma lata de molho de tomate (aquelas com um furinho na tampa);
- Um pedaço de cartolina ou papel cartão preto;
- Um pedaço de Papel seda;
- Um abridor de latas;
- Tesoura;
- Fita adesiva e cola.

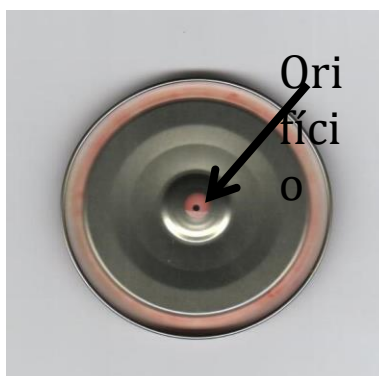


Figura 2.3 Detalhe da tampa de massa de tomate.

Construção:

Retire o fundo das duas latas de extrato de tomate, com um abridor de latas. Tome cuidado, pois o abridor deixará rebarbas na lata. Com um alicate, estas rebarbas podem ser amassadas ou retiradas.

Corte um quadrado de papel seda com aproximadamente 12 cm de lado. Em seguida, cubra com o papel seda, sem deixar dobras, uma das latas no lugar da tampa. A fixação deve ser feita com elástico ou fita adesiva. Fixe, com fita adesiva, a tampa da outra lata no seu devido lugar.

⁹ Atividade baseada na proposta da Óptica do olho humano. Disponível em <http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/192/Sequencia%20didatica%20optica%20do%20olho%20humano%202010.pdf> acessado em 15 de outubro de 2015.

Devemos escurecer as paredes da latinha para melhor visualização das imagens. Para isso, pinte com tinta preta ou faça um tubo com papel preto que se encaixe no interior de ambas as latas, como mostra a figura 2.4.

Em seguida, encaixe as latas formando um único tubo. Isto deve ser feito de tal forma que, o fundo da lata com tampa se encaixe com a base que foi coberta com o papel.

Para unir e manter a integridade do conjunto recorte um retângulo de cartolina com altura excedendo 3 cm do perímetro da lata por 20 cm de largura. Agora envolva o conjunto com o retângulo de cartolina, fixando com cola ou fita adesiva. Caso queira você pode enfeitar sua câmara escura.



Figura 2.4 Detalhe da posição do papel seda e das paredes escuras.

Câmara escura com tubo de batatinha¹⁰

Materiais Utilizados

- Tubo de batatinha
- Papel cartão preto
- Fita adesiva
- Papel seda
- Pequeno prego
- Tesoura, martelo ou algo para furar o tubo.

Pegue o tubo de batatinha cilíndrica, pode ser aquela do rosto com bigode, retire sua tampa e faça um pequeno furo no fundo (base inferior do cilindro) do tubo.

¹⁰ Atividade baseada no site de compartilhamento de vídeo “youtube”. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OOXV0tA1F6w> acessado em 15 de outubro de 2015.

Com o papel cartão faça um tubo, enrolando a parte escura voltada para dentro, que se encaixe dentro do tubo de batatinha e o prenda com fita adesiva. Em um dos lados deste tubo de papel cartão, prenda o Papel seda e com fita adesiva.

Encaixe os tubos. O lado do tubo com papel vegetal deve ser encaixado dentro do tubo de batatinha. Assim é possível ajustar a profundidade da câmara escura para focalizar melhor a imagem obtida.

Câmara escura com lata de alumínio.

Materiais necessários

- Duas latas de alumínio de refrigerante ou qualquer outra bebida.
- Papel seda.
- Elásticos usados para dinheiro.
- Papel cartão, cartolina ou qualquer outro papel para embrulhar.
- Abridor de latas
- Martelo e um prego pequeno e fino.

Você pode usar qualquer tubo, neste caso vamos usar uma lata de alumínio. Faça um pequeno furo com um prego e martelo no centro no fundo da lata.



Figura 2.4 Furo feito com prego.

Com um abridor de latas, retire a tampa da parte superior. Recorte um pedaço de Papel seda e o prenda no lado aberto com um elástico, esses de dinheiro.



Figura 2.5 Papel manteiga funciona como anteparo para a projeção da imagem.

Para ajudar a visualização melhor da imagem formada encaixe outra lata, que foi recortada o tanto o fundo e como sua tampa. Em seguida, faça o revestimento do conjunto com papel ou outro material que achar melhor, como mostra a figura abaixo.

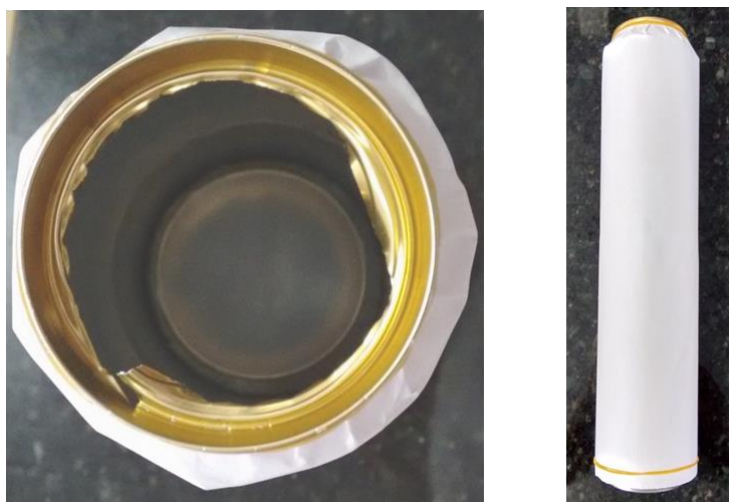


Figura 2.6 Detalhe do papel vegetal. Esse tudo ajuda a visualizar melhor a imagem projetada no papel manteiga.

Para melhorar a desempenho da sua câmara escura, pinte o interior com uma tinta preta ou faça um tubo com papel preto que se encaixe no interior de ambas as latas.

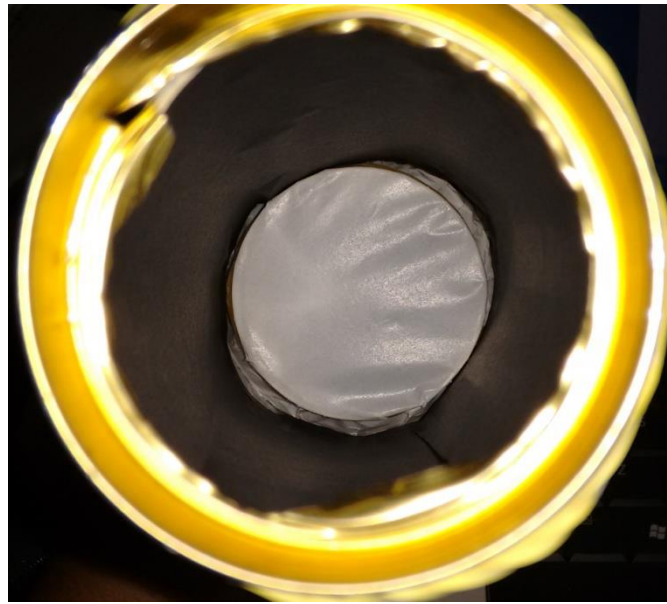
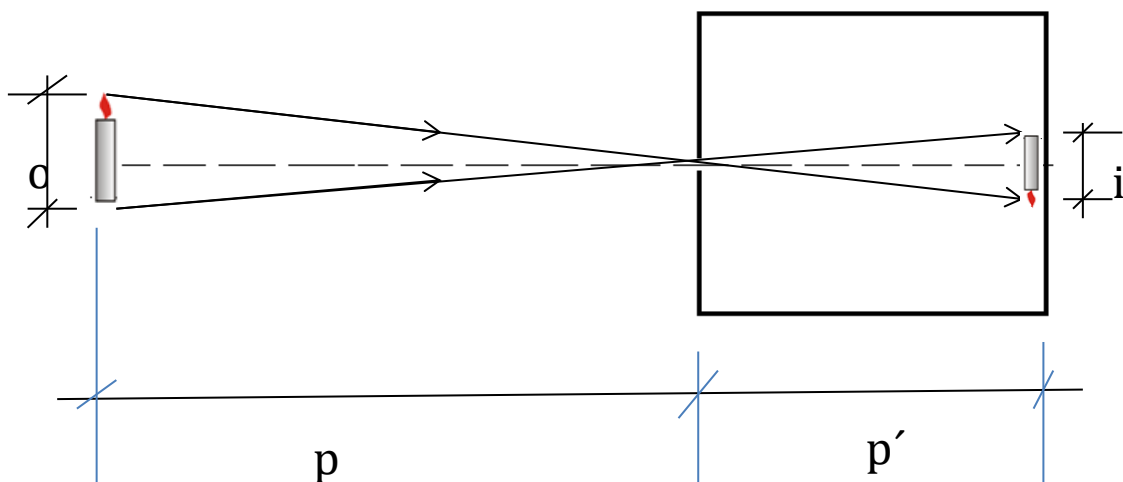


Figura 2.7 Laterais escuras. Facilita a visualização das imagens.

Exercícios

01. Uma vela de 10 cm de altura está diante de uma câmara escura de orifício de profundidade de 20 cm. Sabendo que a distância entre a vela e a câmara escura de 10 cm.



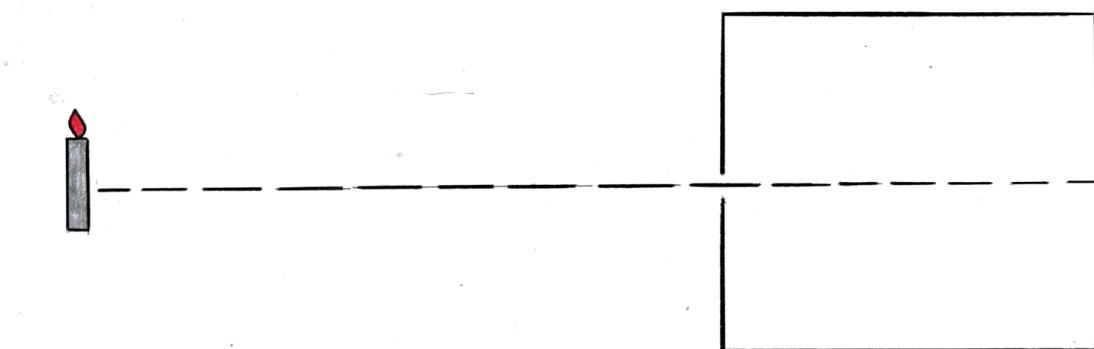
- a) Determine o tamanho da imagem formado.

- b) Qual o novo tamanho da imagem, caso a vela se aproxime da câmara escura em 4 cm.

02. Usando as medidas da câmara escura produzida e suponha que existe uma haste que está afastada a 3m dela. Determine:

- Qual a maior imagem inteira que o seu equipamento é capaz de formar?
- Qual é sua profundidade?
- Qual deve ser a altura máxima da haste para que a imagem formada na sua câmara escura seja inteira e maior possível?

Desenhos para projeção



Plano de aula nº 03 – Dissecação do olho de boi.

IDENTIFICAÇÃO:

COLÉGIO: _____

CURSO: _____

DISCIPLINA: _____

SÉRIE/ANO LETIVO: _____

CARGA HORÁRIA: 02 HORA/AULA (50 MIN)

ASSUNTO: Estudo das partes do olho humano

3.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

- Trabalhar de forma organizada no laboratório
- Identifique e as partes que compõe o olho.
- Compreenda a função das principais partes do olho humano

- d) Identifique e compreenda as semelhanças e diferenças entre o olho de boi e do ser humano.

3.2 MOMENTOS DA AULA

3.2.1 Incentivação

Tempo estimado 10 minutos. O professor deve organizar a turma em equipes conforme achar adequado. Neste momento o professor deve conversar com os alunos sobre algumas regras de organização de trabalho e no cuidado com objetos cortantes.

Logo após, o professor deve entregar o olho de boi com os materiais necessários, perguntando para a turma: *Observando este olho, você conseguiria dizer onde é formada a imagem e por onde ela é enviada ao cérebro?*

3.2.2 Desenvolvimento

Essa atividade foi sugerida pelo artigo *Abrindo o Olho, Dissecando um olho de boi para entender melhor a óptica do olho humano*¹¹, de Marcelo Saba e Ivan Epiphany. O Artigo se encontra no anexo deste manual didático. Vamos seguir as instruções e procedimentos da atividade. O professor pode entregar um roteiro com as ordens dos procedimentos, explicando e pedindo para que o aluno as execute. O roteiro está no anexo deste plano de aula.

Na aula anterior, o professor deve pedir aos alunos venham com calçados fechados e calças. Isto é para reduzir o risco de cortes, com o bisturi, e contaminação por material de risco biológico (olho de boi).

Em cada procedimento o professor deve discutir com os alunos, as partes dissecadas do olho apontando as principais características. Além disso, o professor deve induzir os educando a comparar, aquilo que está sendo visto com as pesquisas do olho humano e lentes esféricas, pedidas anteriormente.

Os procedimentos de dissecação devem ser seguidos como está no roteiro. O professor deve chamar atenção sobre o cristalino. Com o auxílio do material de pesquisa, os alunos devem identificar e caracterizar o cristalino quanto ao seu tipo (divergente ou convergente) e espessura (delgada como espessa).

¹¹ Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a05.pdf> acessado em 15 de outubro de 2015.

Caso o professor tenha dúvidas, existem vários vídeos sobre dissecação do olho de boi. Como sugestão encontra-se alguns links nas referências deste plano de aula.

Para adquirir os olhos de boi, é necessário pedir que o colégio faça um ofício requisitando para um frigorífico ou abatedouro. O modelo do documento de encontra no anexo deste plano de aula.

O interessante salientar que devemos ter um local adequado para descarte material após o uso. A vigilância sanitária do município ou o próprio frigorífico que o forneceu, podem indicar ou receber o material após o uso.

O professor deve lembrar-se de separar um tempo para a limpeza e organização do local e dos materiais usados.

3.2.3 Síntese Integradora

Os alunos devem responder as perguntas que se encontram no roteiro. Caso necessário, o professor pode auxiliá-los a encontrar a resposta.

3.3 Objetos Educacionais

- Aparato experimental.
- Quadro giz e/ou projetor.

3.4 Referências

HEWITT, Paul G., **Física conceitual**. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.

BONJORNO E CLINTON, **Física, História e Cotidiano - Coleção Delta**. São Paulo. Volume Único, Editora da FTD. 2ª edição, 2005.

GASPAR, Alberto, **Compreendendo a Física**, São Paulo. Volume 2. Editora Ática. 2ª edição, 2014.

¹SABA, Marcelo M.F; EPIPHANIO, Ivan D. V. **Abrindo o olho. Dissecando um olho de boi para entender a óptica do olho humano**. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a05.pdf> acessado em 15 de outubro de 2015.

Dissecação do olho e boi. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=dIDKsPt0zk> acessado em 15 de outubro de 2015.

[Trierveiler, 2016] **Gustavo Trierveiler Anselmo**. *Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano*. Dissertação de mestrado submetida na Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

3.5 Anexo.

Roteiro - Dissecando o olho do boi.

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Orientações para a atividade: ATENÇÃO!!!!!!

- Todos os alunos devem estar com calça e calçados fechados, para que resíduos e instrumentos não entrem em contato com o corpo.
- Use as luvas e os óculos de segurança, caso haja.
- TOME CUIDADO COM OS INSTRUMENTOS CORTANTES. NÃO É HORA DE BRINCAR.
- Deixem em seu local de trabalho apenas os materiais ou objetos que for usar.

- Não leve a mão a boca enquanto estiver manipulando o experimento.
- Proibido comer ou beber durante o experimento.
- Organize seu local de trabalho, lavando e destinando em local adequado os resíduos e objetos descartáveis.

Essa atividade foi sugerida pelo artigo *Abrindo o Olho, Dissecando um olho de boi para entender melhor a óptica do olho humano*¹, de Marcelo Saba e Ivan Epiphanyo.

Materiais:

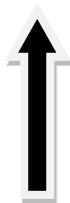
- Bandeja ou prato descartável.
- Duas pinças
- Bisturi, tesoura com ponta ou Gillette.
- Olho de boi

Faça os procedimentos e responda as questões.

Retire o excesso de gordura e músculos que envolvem o olho. Essa gordura serve para proteção, uma espécie de amortecedor contra impactos. Os músculos são para movimentação e no caso, **são 4 músculos**. Agora responda, o olho humano é formado por quantos músculos?

Retire a córnea. Para isso, faça um corte leve e contínuo em volta da íris, rodeando o olho. Ao cortar a córnea, você notará que um líquido, chamado de humor aquoso, sai de dentro dela. *“Esse líquido mantém a pressão que dá a forma à córnea. Observe a íris, diafragma composto de músculos que mudam o diâmetro da pupila, controlando a quantidade de luz que entra no olho... A íris do boi é sempre marrom. Ou seja, não existem bois de olhos verdes ou azuis. Além disso, a sua pupila é oval, e não circular como a nossa**.”*

Retire o cristalino observe o seu formato e o tipo de lente. Coloque-o próximo a seta abaixo e observe a imagem formada.



Responda: O cristalino pode ser classificado como uma lente convergente ou divergente? Justifique.

Descreva a imagem da seta observada através do cristalino. Observe e descreva também a imagem de um objeto distante.

Em seguida *“Observe o humor vítreo. Ele é uma espécie de massa gelatinosa que preenche a parte interna do olho, definindo a sua forma. Ele também é responsável por manter a retina fixada no fundo do olho. Isto é muito importante, pois, se a retina se dobrar, o sinal que chegará ao cérebro será confuso**.”*

*“Corte o globo ocular pela metade. Observe, no fundo do olho, uma película vastamente irrigada por vasos sanguíneos. É a retina. Ela é como o filme fotográfico do olho. Está preso em um ponto chamado ponto cego, pois nele não há receptores sensíveis à luz. Nesse ponto, passa o feixe de nervos que formam o nervo óptico, que leva as informações ao cérebro**.”*

*“Observe o tapete atrás da retina. O tapete é uma camada azul-esverdeada brilhante e colorida que reflete de volta para a retina à luz que já passou por ela. Ele permite ao boi enxergar melhor no escuro. O farol de um carro faz brilhar os olhos do gato, pois ele também tem essa camada refletora no fundo do olho. O ser humano não possui o tapete: o fundo do nosso olho é preto e absorve a luz que passa pela retina**.”*

Responda

- 1) O cristalino é o único responsável pela refração da luz que chega ao globo ocular? Justifique.
- 2) O cristalino poderia ser considerado uma lente delgada? Justifique.

** Artigo “Abrindo o olho” Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a05.pdf> acessado em 15 de outubro de 2015.

Logotipo da
instituição

Colégio _____

Of. nº: ____/____

Paranaguá, 16 de novembro de 2015.

Prezado Senhor,

A Direção do _____,
solicita a V. S^a. a gentileza de atender ao pedido de _____ R.G
_____, professor da disciplina de Física desta instituição.

Para uma aula de dissecação, o professor desta instituição necessita a
doação de _____ pares de globos oculares de boi, que será usado em
_____ turmas desta instituição de ensino.

O objetivo é testar sua proposta didática de ensino que visa melhorar
entendimento da óptica e o funcionamento do olho humano por nossos alunos e
como parte do projeto, será feita a dissecação do olho de boi.

Conforme contato telefônico com _____, responsável técnica do
setor sanitário desta empresa, o professor _____
ficará responsável pela retirada e coleta dos resíduos que deverão ser entregues
a vigilância sanitária ou novamente para o frigorífico.

Certos de podermos contar com a sua colaboração e compreensão,
agradecemos.

Atenciosamente,

Diretora

Plano de aula nº 04 – Lentes esféricas.

IDENTIFICAÇÃO:

COLÉGIO: _____

CURSO: _____

DISCIPLINA: _____

SÉRIE/ANO LETIVO: _____

CARGA HORÁRIA: 02 HORA/AULA (50 MIN)

ASSUNTO: Lentes esféricas, lentes delgadas e espessas.

4.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

- a) Apresentar o princípio de funcionamento das lentes esféricas.
- b) Diferencie lentes esféricas convergentes e divergentes.
- c) Entenda o conceito de lentes delgadas, suas limitações e a aproximação com uma lente espessa.
- d) Identificar as grandezas físicas relevantes e os elementos geométricos das lentes esféricas.
- e) Determinada as imagens formadas pelas lentes.
- f) Compreenda as equações associadas às lentes esféricas como também as convenções de sinais.

4.2 MOMENTOS DA AULA

4.2.1 Incentivação

Tempo estimado é de 5 minutos. O professor deve comentar: *As Lentes são à base dos instrumentos ópticos. Elas são usadas para modificar imagens, ou seja, é possível variar tamanhos ou à distância da mesma, em relação aos objetos que deu a sua origem. É possível colocar um objeto na frente de uma lente e não obter imagens? Justifique a resposta.*

4.2.2 Desenvolvimento

O tempo estimado é de 60 minutos divididos em: 40 minutos de explicação e 20 minutos de resolução e correção de exercício. O professor deve apresentar definindo lente esférica, destacando suas fases curvas e esféricas chamadas de diopetro.

Logo em seguida, o professor deve classificar as lentes esféricas de acordo com suas bordas (convergente ou divergente) como também apresentar o conceito de lentes delgadas. Usando as figuras no material de apoio, que se encontra no anexo deste plano de aula, o professor deve mostrar a nomenclatura das lentes.

Em seguida, o professor deve explicar sobre os elementos geométricos, como eixo principal, ponto focal dos lados objetos e imagens. Em seguida, ele deve apresentar aos alunos, as a equação dos fabricantes de lentes, com a convenção de sinais de lentes divergentes e convergentes.

Logo após, o professor deve apresentar o conceito de lentes delgadas esféricas enfatizando sua aproximação com lentes espessas. Ele deve expor os principais elementos geométricos, como a distância focal da lente, a distância do objeto a lente e a distância imagem a lente. Além disso, o professor mostrar a relação destas distâncias com o tamanho da imagem.

Para representar a formação das imagens em uma lente convergente. Podemos usar o simulador “Phet – geometric Optics¹²”. É possível baixar o aplicativo em *flash* e rolar sem conectar a internet.

Nele podemos mostrar os elementos discutidos anteriormente. Mexendo no objeto mostramos como são formadas as imagens e como classificá-las conforme a distância focal. Usando a régua “rules” é possível medir a distância focal e localizar. No anexo está disponível classificações das imagens em lentes convergentes.

¹² Disponível em http://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_en.html. Acessado em 15 de outubro de 2015.

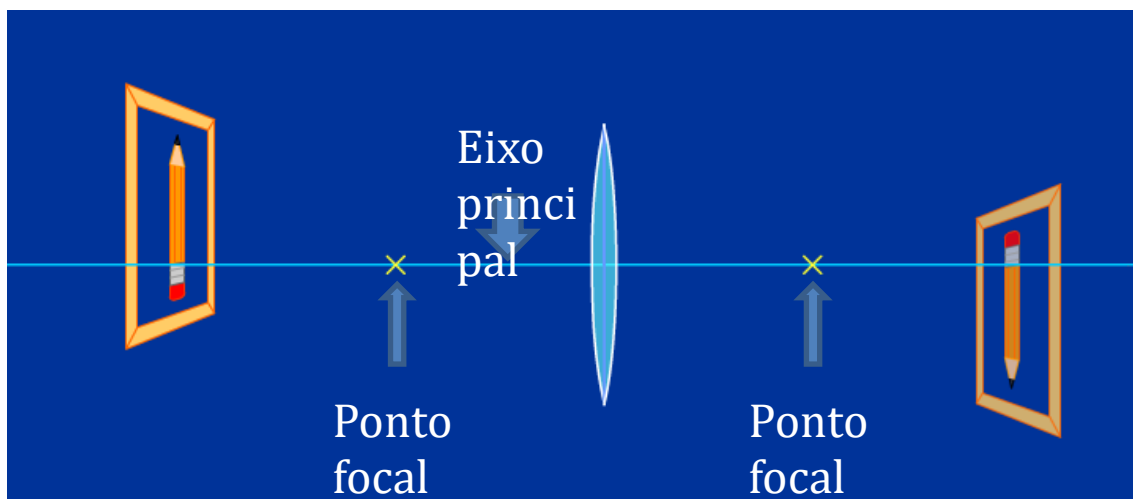
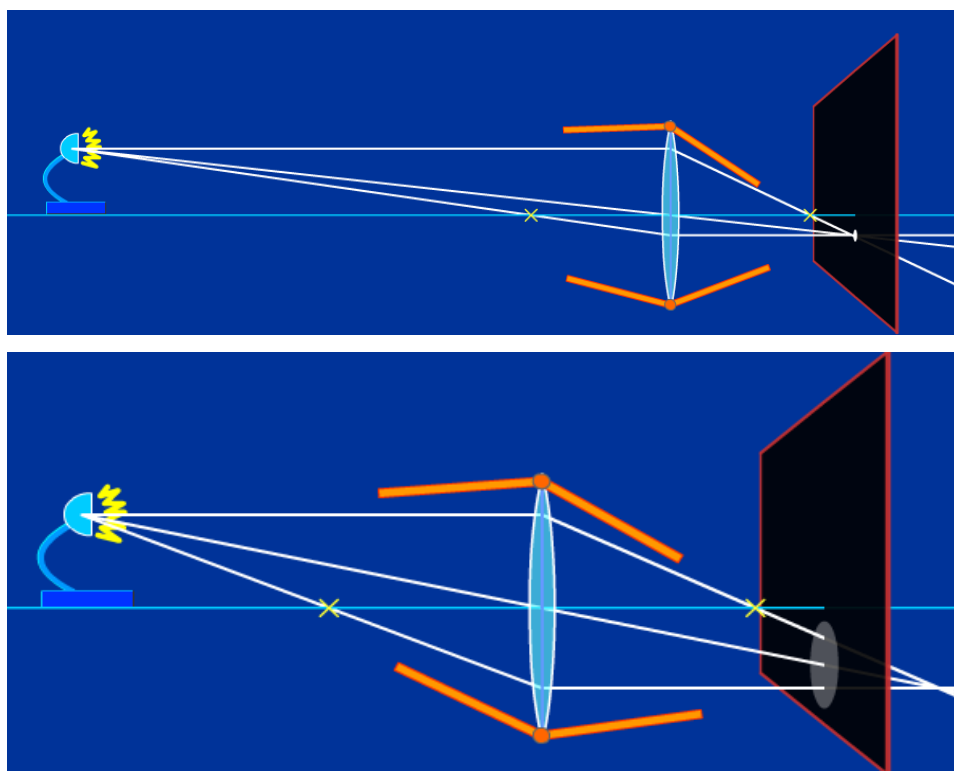


Figura 4.1 Simulador Phet. Elementos geométricos.

Marcando a opção “Screen”, o professor deve mostrar que todo o raio de luz paralelo ao eixo principal irá sair pelo foco e caso incida sobre ele não sofrerá desvio, permanecendo alinhado com o eixo.



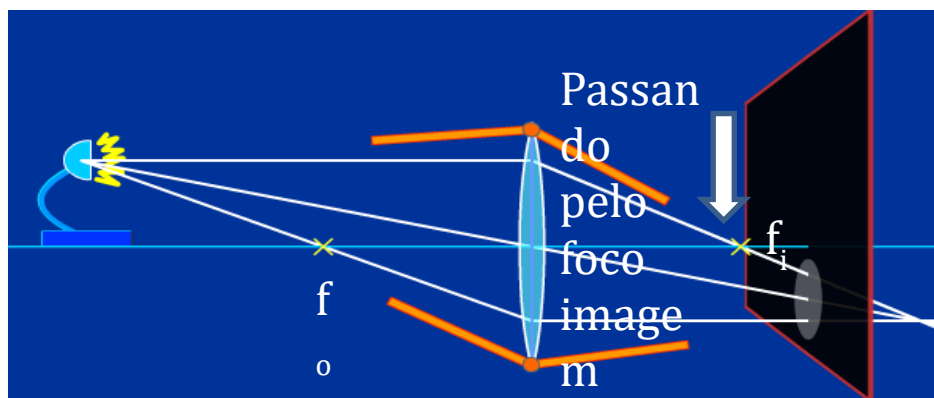


Figura 4.2 Raio de luz chegando paralelo ao eixo principal e refratando para o ponto focal. [Trierweiler, 2016]

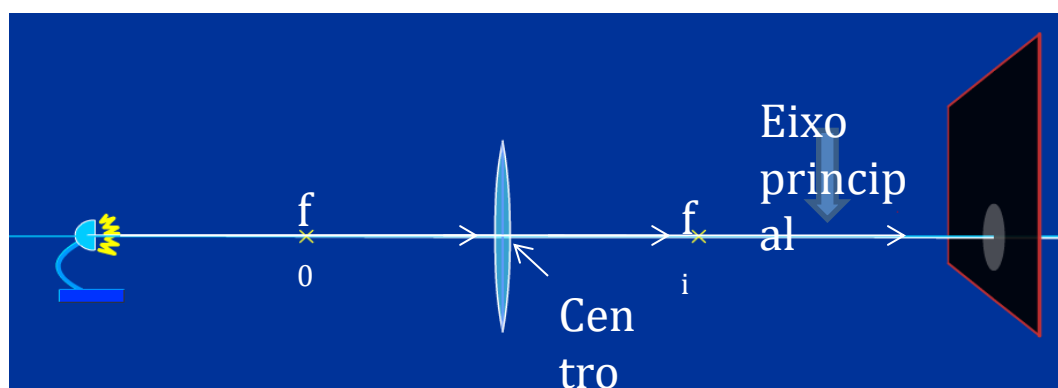
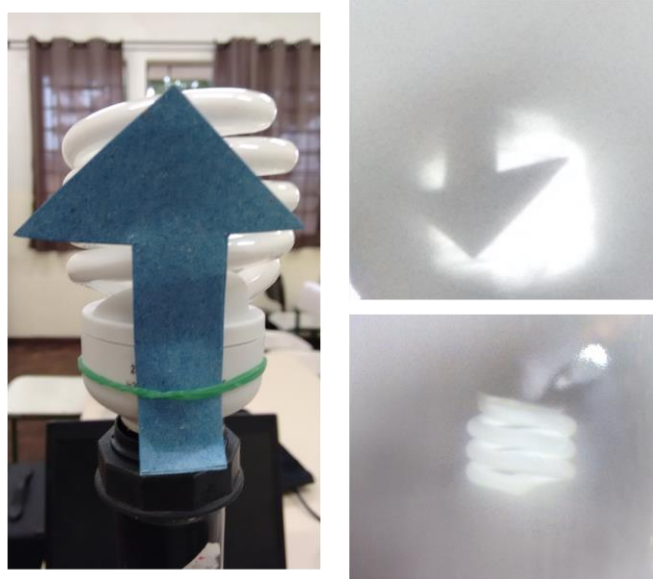


Figura 4.3 Raio de luz sobrepondo no eixo principal passando pelo centro óptico. Não há desvio. [Trierweiler, 2016]

No simulado tem a opção para mudar os valores raio de curvatura e índice de refração. É importante que o professor varie estas medidas, para mostrar a sua relação com a imagem formada.

Em seguida o professor deve explicar a classificação da imagem em relação ao tamanho, orientação e natureza. Para isso, o professor pode usar o material de apoio, que tem as regras para a construção das imagens, com o auxílio do simulador. O professor deve contextualizar, comentando as aplicações destas imagens. Estas informações encontram-se no material de apoio.

Para melhor entendimento das imagens formadas pelas lentes esféricas, o professor pode usar uma lente esférica convergente, que pode ser retirada do ajuste de foco de um projetor sem uso. Como objeto, o professor deve levar uma lâmpada acesa instalada com um bocal, mostrando as diferentes imagens formadas pela lente.



O professor deve abordar os problemas de visão mais comuns: Miopia, Hipermetropia, Astigmatismo e a Presbiopia. O conteúdo deve ser discutido apontando as causas destas anomalias. No material de apoio, tem algumas imagens que podem ser usadas para auxiliar na explanação no conteúdo.

Por fim, o professor deve construir graficamente imagens em diferentes situações, mudando as posições dos objetos, em relação à lente, e/ou variando a distância focal da lente. Alguns exemplos estão disponíveis no anexo desta aula. É importante que o educador faça pelo menos um exemplo, deixando o restante como tarefa de casa e corrigindo na próxima aula.

4.2.3 Síntese Integradora

Tempo estimado é de 25 minutos. O Professor deve perguntar aos alunos, durante o uso do simulador (perguntando antes e mostrando com o simulador depois) e no momento que estiver demonstração das imagens formadas pela lente esférica (pergunta final). O professor pergunta:

A lente do simulador é convergente ou divergente?

Resposta esperada: Convergente.

Aumentando o raio de curvatura da lente do simulador, os raios de luz refratados, se aproximam ou se afastam da lente? Por quê?

Resposta esperada: Se aproximam, pois há mudanças das retas normais que são parâmetros para o ângulo de refração.

Podemos concluir que quanto maior o raio de curvatura da lente do simulador, mais a luz refrata? Justifique.

Resposta esperada: Não. O ângulo de refração é o mesmo, pois este depende da frequência de luz incidida e dos índices de refração da lente em relação ao meio. O que muda é a direção da reta normal.

Sem mexer no raio de curvatura e aumentar o índice de refração da lente do simulador, a luz irá se aproximar ou se afastar da lente? E o ângulo de refração aumenta ou diminui? Por quê?

Resposta esperada: Aumentando o índice de refração, irá reduzir o ângulo de refração, se aproximando da reta normal e consequentemente se aproximando da lente.

Qual relação que podemos propor entre o índice de refração e a distância focal?

Resposta esperada: Quanto maior o índice de refração, menor a distância focal.

Qual a relação entre raio de curvatura e índice de refração com a posição da imagem formada?

Resposta esperada: Quanto menor o raio de curvatura e maior o índice de refração, mais próximo à imagem se forma da lente.

A lente do projetor é classificada como convergente ou divergente? Qual seu nome?

Resposta esperada: Convergente. Sua nomenclatura: côncava – convexa.

4.3 Objetos Educacionais

- Aparato experimental
- Quadro giz.
- Projetor e computador.
- Lente de Retroprojetor

4.4 Referências

HEWITT, Paul G., **Física conceitual**. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.

BONJORNO E CLINTON, **Física, História e Cotidiano - Coleção Delta**. São Paulo. Volume Único, Editora da FTD. 2ª edição, 2005.

GASPAR, Alberto, **Compreendendo a Física**, São Paulo. Volume 2. Editora Ática. 2ª edição, 2014.

<http://www.hospitaldeolhos.net/especialidades-astigmatismo.asp> acessado em 05 de dezembro de 2015.

<http://mundomulheres.com/problemas-de-visao-mais-comuns/> acessado em 05 de dezembro de 2015.

[Trierveiler, 2016] **Gustavo Trierveiler Anselmo**. *Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano*. Dissertação de mestrado submetida na Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

4.5 Anexo.

Lentes esféricas

É uma boa aplicação da lei da refração. São formadas por duas calotas esféricas ou uma superfície plana com a interseção de uma esfera.

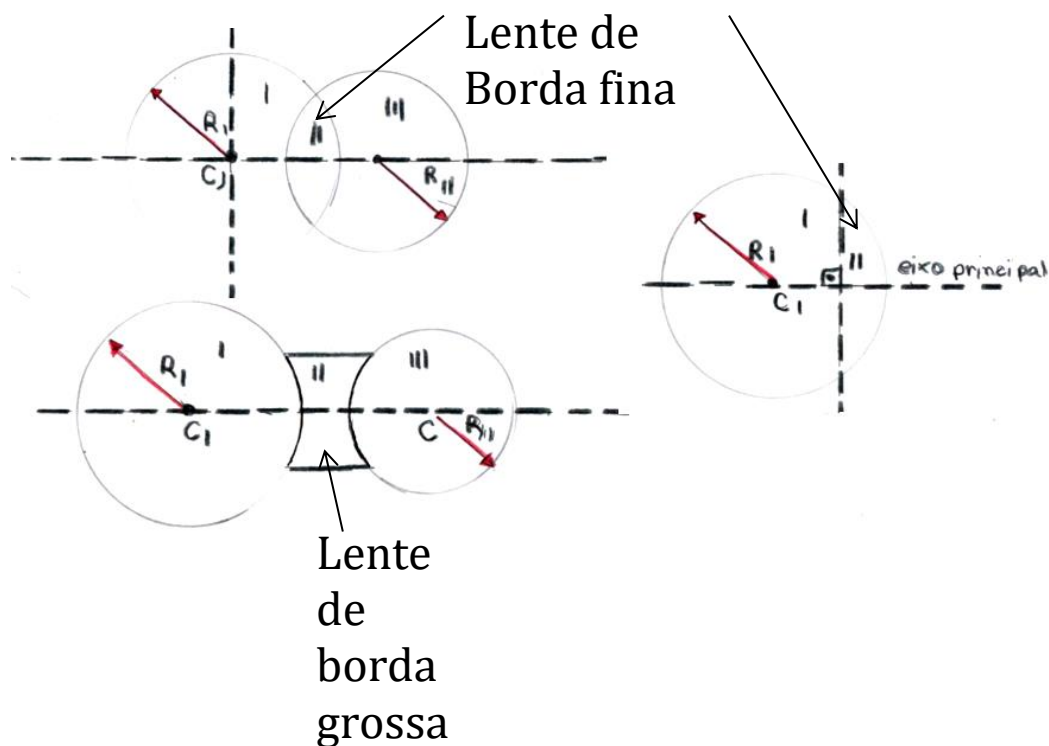


Figura 1 Combinação de esferas que formam as lentes esféricas.

Vamos analisar um caso usual, onde o **meio refringente da lente é maior que o meio refringente do meio**. Temos dois tipos de lentes: borda fina e de borda grossa, em relação à espessura do centro.

As lentes são ser nomeadas conforme seu formato. O nome tem origem, conforme a superfície vista (côncava ou convexa) nomeando inicialmente aquela que possui maior raio de curvatura.

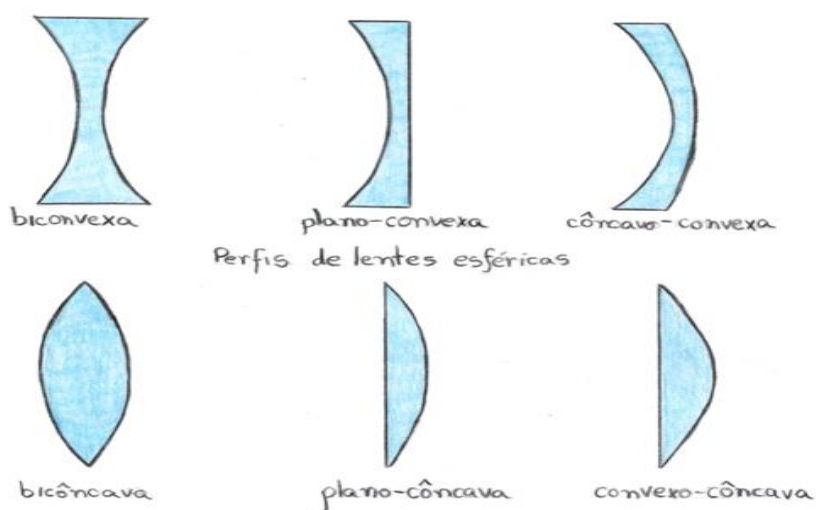


Figura 2 Observe os nomes das lentes esféricas. As lentes de borda grossa terminam com a palavra convexa e as lentes de borda fina com a palavra côncava.

Analisando o comportamento óptico das lentes, as lentes de borda fina convergem à luz, por isso são chamadas de **Lentes Convergentes**. Já as lentes de borda grossa divergem o feixe de luz, assim são chamadas de **Lentes Divergentes**.

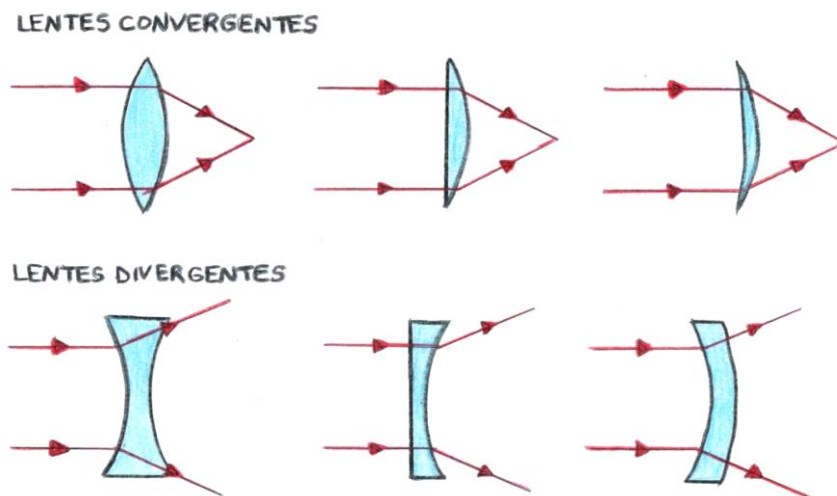


Figura 3 Lembrando que este comportamento é válido para lentes formadas com material mais refringente que o meio que ela está inserida.

A espessura da lente influencia na nitidez das imagens, pois os raios de luz não convergem para o mesmo ponto de imagem, ou seja, a luz que esteja mais afastada do eixo principal converge em pontos ligeiramente diferentes. Esse problema é chamado de aberrações ou defeitos das lentes.

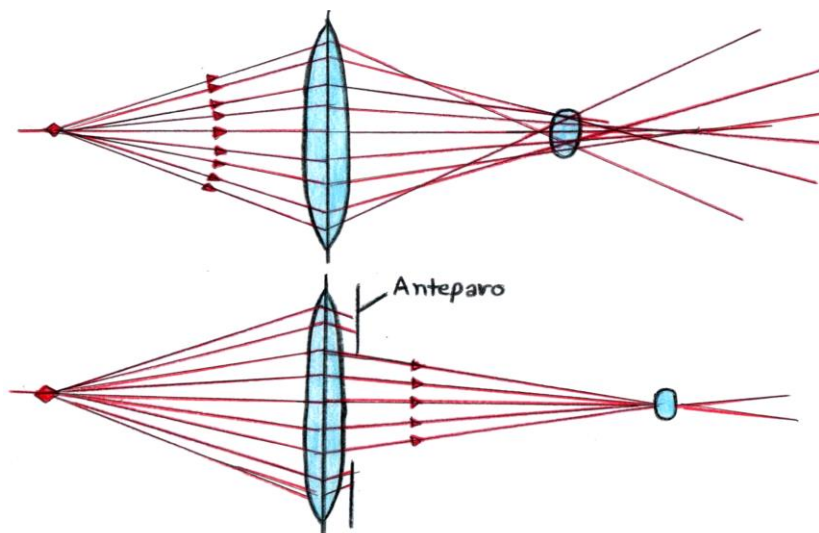


Figura 4 Raios de luz sobre o eixo principal se concentram em pontos pouco diferentes uns dos outros. Para evitar isso, podemos colocar um anteparo na parte mais externas da lente, mas em compensação reduz a quantidade de luz que forma a imagem.

Para evitar isso, as lentes devem respeitar as condições de estigmatismo de Gauss:

- As lentes devem ser **delgadas**, ou seja, devem ter espessuras muito pequenas em relação às distâncias consideradas.

- Os raios incidentes devem ser paraxiais, ou seja, sua inclinação em relação ao eixo principal deve ser muito pequena.

Elementos ópticos

Alguns elementos fundamentais são necessários para a descrição das lentes. O **eixo principal** é uma linha que passa pelos dois centros de curvatura de suas superfícies.

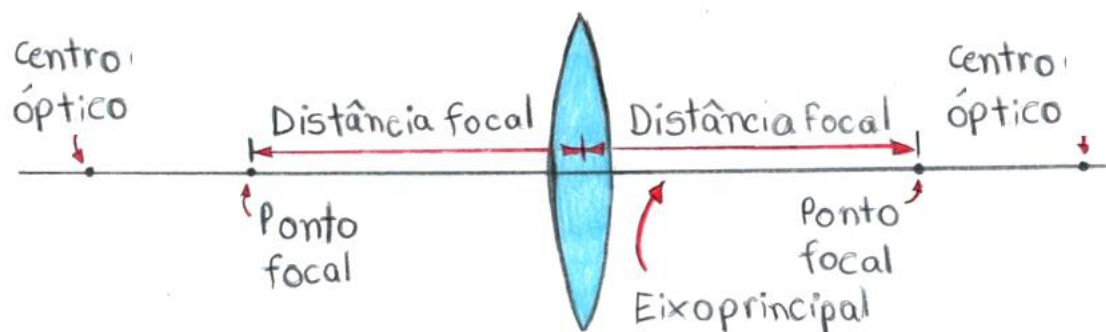
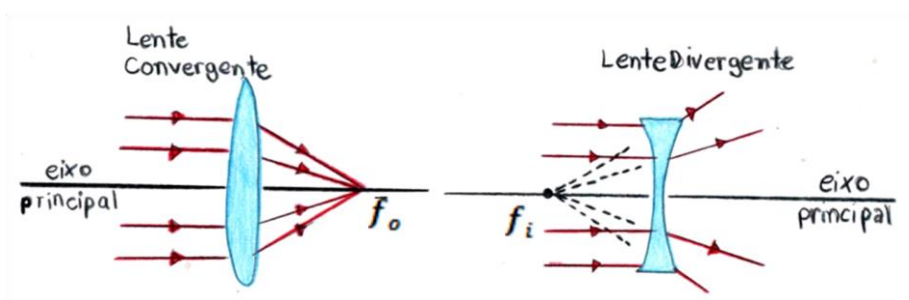


Figura 5 Elementos principais de uma lente esférica.

O **foco** é um ponto do eixo principal onde os raios luminosos convergem para esta posição. Isto é válido para uma lente convergente e caso o feixe luminoso esteja com raios de luz paralelos ao eixo principal. Em uma lente divergente, a luz que incide paralela ao eixo principal, diverge orientada pelo ponto focal.

Figura 6 Convergência e divergência dos raios luminosos das lentes delgadas. Observe que todos os raios de luz convergem ou se alinham sobre o mesmo ponto.

A lente apresenta focos duplos, chamados de foco objeto f_o e foco imagem f_i . A distância entre a superfície da lente e o ponto focal é chamada de distância focal. Em uma lente delgada, os dois focos estão à mesma distância na lente.



O centro óptico é centro de curvatura das superfícies dos dioptróps que formam a lente. Ele está localizado no eixo principal. Os raios de luz que o atravessam não sofrem desvio. A figura abaixo mostra este efeito e a representação das lentes delgada convergente e divergente.

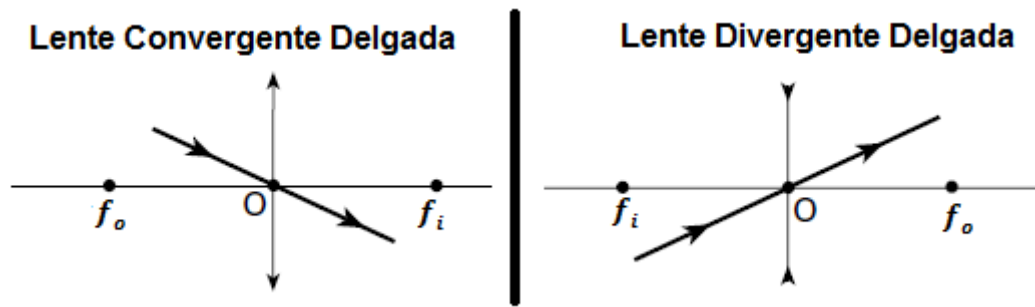
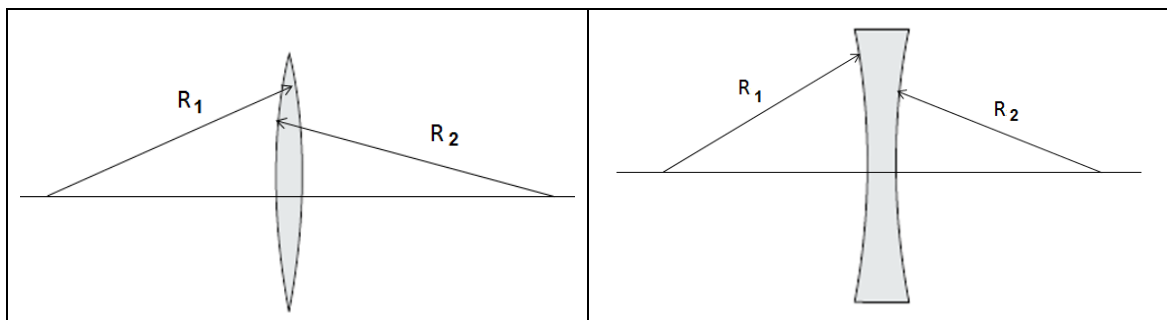


Figura 7 Representação de lentes delgadas. Observe que o raio de luz não sofre desvio ao passar pelo ponto O.

Existe uma relação entre as distâncias do ponto focal e do centro de curvatura, ambos em relação à lente. Para uma lente delgada, a distância do centro óptico a lente é duas vezes maior que a distância focal.

Equação dos Fabricantes de Lentes.

Conhecida também como Equação de Halley. Ela relaciona a distância focal com os raios de curvaturas. Para uma Lente espessa, ou seja, não delgada, é:



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

Onde

$P = \frac{1}{f}$ que é chamada de *Potência da Lente*.

n = índice de refração da lente

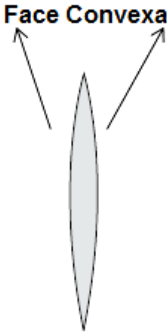
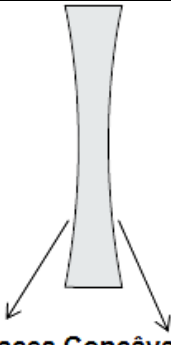
n_{meio} = índice de refração do meio que a lente está inserida.

R_1, R_2 raio das superfícies esféricas que formam a lente esférica

d = A espessura da lente.

- A potência da Lente é medida em dioptrias (D) desde que a distância focal seja em metros. A dioptria é erroneamente relacionada com “os graus” dos óculos.

É importante salientar que existe uma convenção de sinais. Assim:

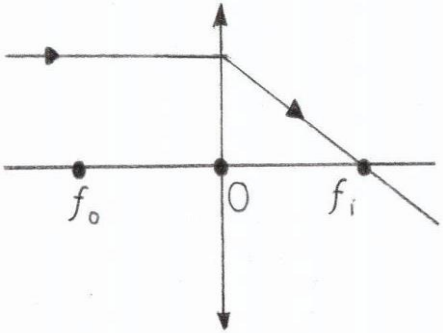
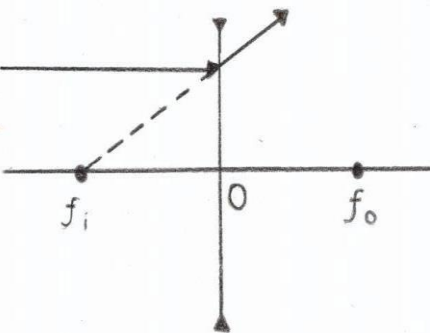
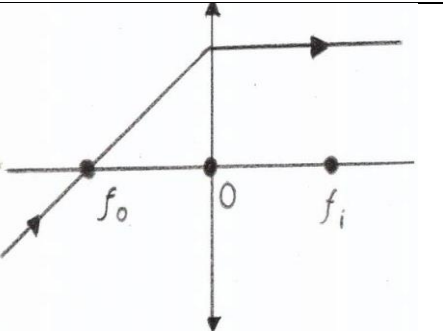
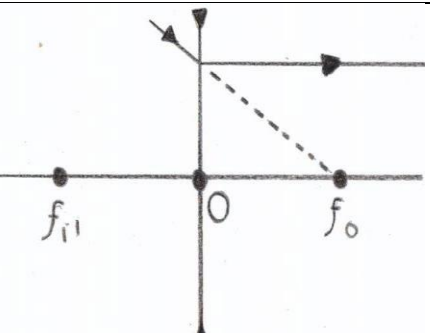
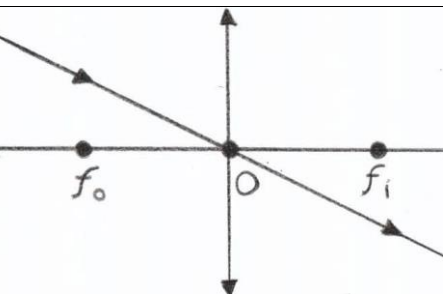
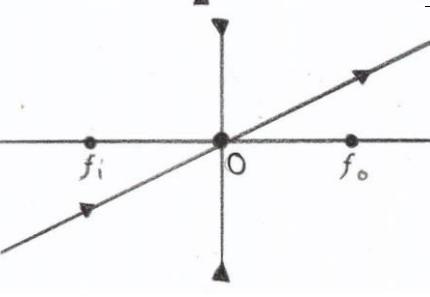
	
Sinal positivo ($R > 0$) para superfícies convexas. Para Lentes Convergentes a distância focal $f > 0$ (<i>positivo</i>).	Sinal negativo ($R < 0$) para superfície côncava. Para Lentes Divergentes a distância focal $f < 0$ (<i>negativo</i>).

Para uma lente delgada ($d \cong 0$) inserida no ar ($n = 1$), substituindo na equação acima, obtemos:

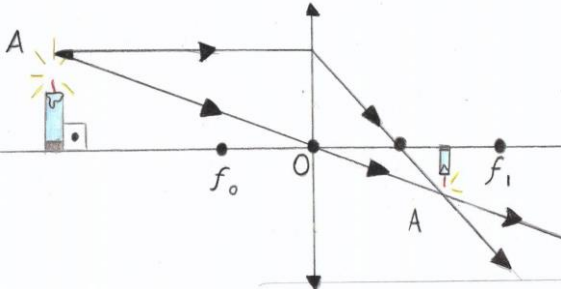
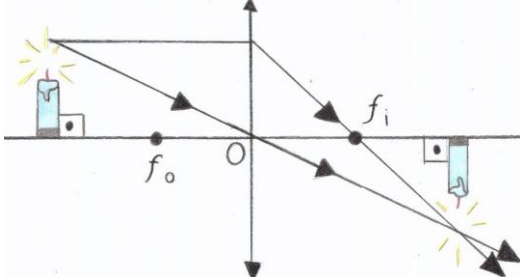
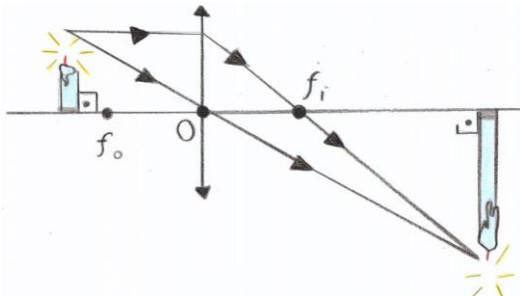
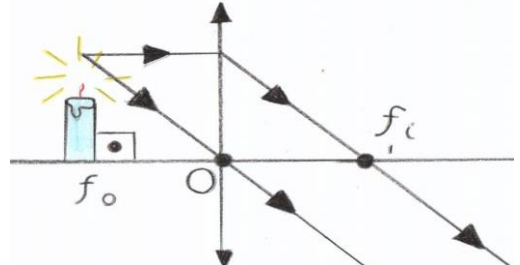
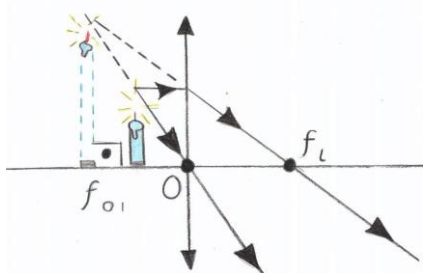
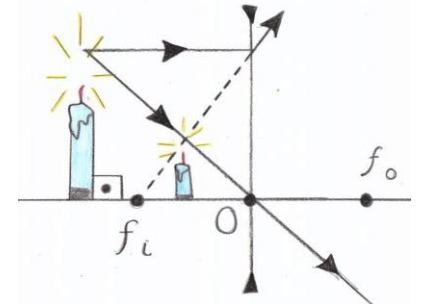
$$\frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Construção e Classificação das Imagens

Algumas regras para a construção das imagens.

“Todo o raio incidente que esteja paralelo ao eixo principal, refrata e passa ou se alinha com foco.”		
“Todo o raio incidente que passa pelo foco objeto, refrata e sai paralelo ao eixo principal.”		
“Todo o raio incidente que passa pelo centro óptico O, refrata, mas não sofre desvio.”		

Abaixo temos a formação e classificação da imagem conforme as regras acima.

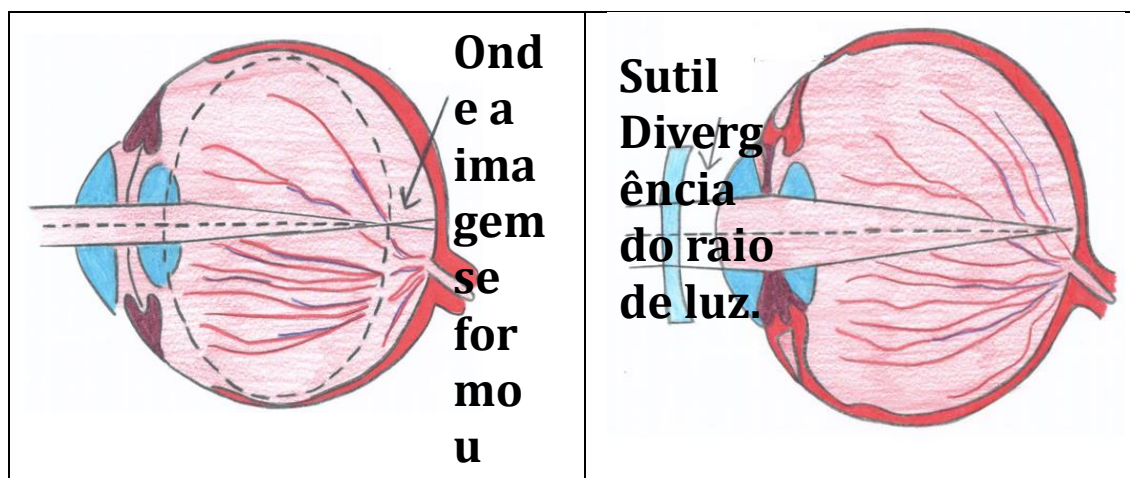
	• Lente Convergente. • Imagem Real, Invertida e menor. • Objeto a uma grande distância do centro óptico (maior que duas vezes a distância focal). • Aplicado em câmara fotográfica e vista humana.
	• Lente Convergente. • Imagem Real, Invertida e Igual. • Objeto a uma distância duas vezes maior que a distância focal. • Aplicado em Máquina fotocopadora ("Xerox")
	• Lente Convergente. • Imagem Real, Invertida e Maior. • Objeto a uma distância menor que duas vezes a distância focal. • Aplicado em Projetores de Slide e filmes.
	• Lente Convergente. • Objeto sobre o foco objeto. • Imagem imprópria (formada no infinito). • Aplicado em Holofotes e conjunto óptico dos faróis de veículos.
	• Lente Convergente. • Imagem Virtual, Direita e Maior. • Objeto entre o foco e o centro óptico O. • Aplicado na correção da hipermetropia e como lente de aumento, por exemplo, Lupa.
	• Lente Divergente. • Imagem Virtual, Direita e Menor. • Objeto pode estar a qualquer distância da lente. • Aplicado na correção da miopia

Problemas de Visão

Um das aplicações da óptica é a correção dos problemas de visão, que em geral, utiliza lentes esféricas. Elas proporcionam melhor produtividade e qualidade de vida. Abaixo citemos alguns problemas e como corrigi-las.

Miopia

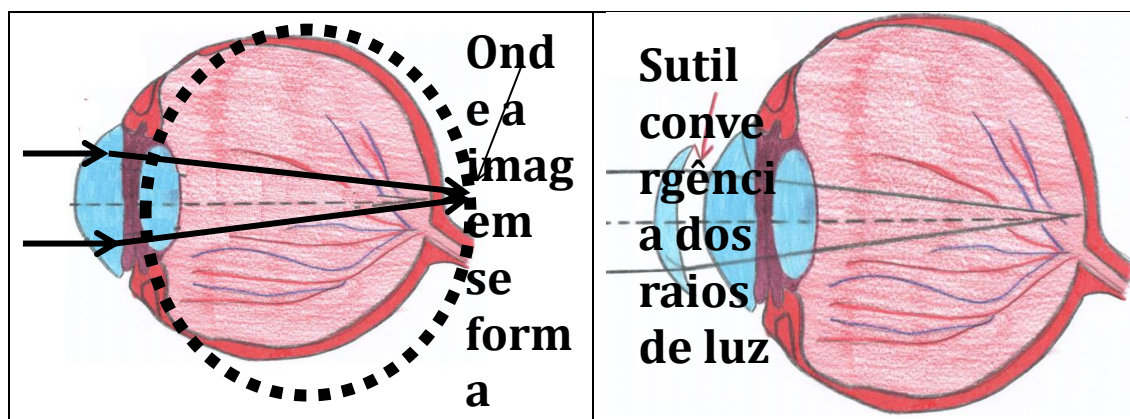
Essa anomalia causa falta de nitidez em imagens de objetos distantes do olho, ou seja, objetos tendendo ao infinito. Assim a imagem é formada antes da retina. O globo ocular do míope é mais alongado longitudinal que o normal. Esse problema é corrigido com o uso de lentes divergentes.



Hipermetropia

Ao contrario da miopia, essa anomalia causa a falta de nitidez em objetos próximos ao olho, aproximadamente 25 cm. Isso é causado pelo encurtamento longitudinal do globo ocular.

Para focalizar melhor a imagem na retina, os músculos ciliares tem que fazer muita força sobre o globo ocular, provocando dor de cabeça e dificuldades de fazer leituras mais longas. Esse problema é resolvido usando lentes convergentes



Astigmatismo

Essa anomalia faz com que a imagem formada seja embaçada independente da distância. Isso é causado por irregularidades na superfície da córnea, pois ela é mais oval que o normal. Isto faz com que os raios de luz não se focalizem em um único ponto.

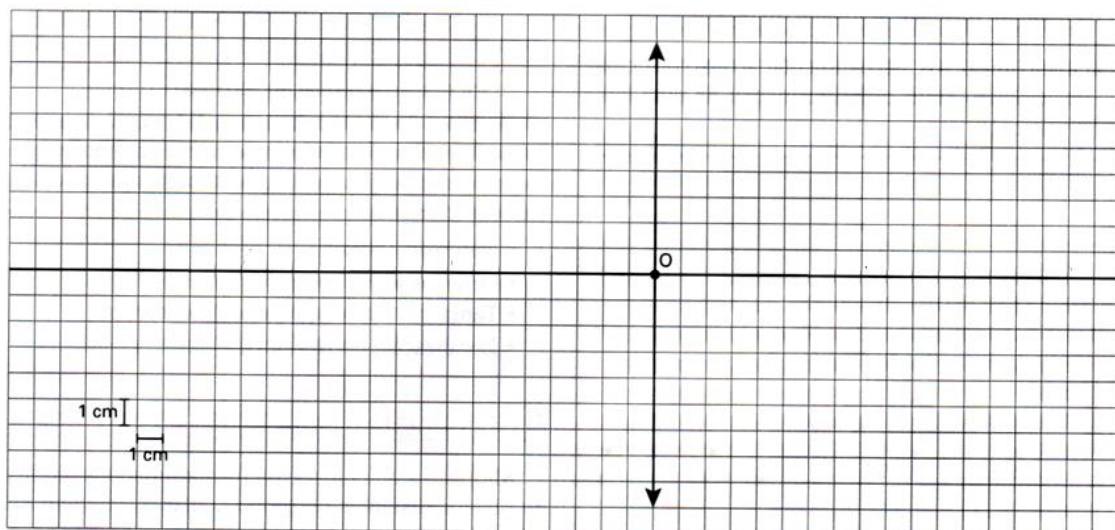
Esse problema geralmente vem junto com a miopia e a hipermetropia sendo resolvido com o uso de lente tóricas ou cilíndricas.

Presbiopia

Conhecida como vista cansada, a sua causa está associada na perda de flexibilidade do cristalino, devido o aumento da sua espessura com o passar da idade. Por isso, há uma redução na capacidade de do cristalino em realizar o processo de acomodação, dificultando a visualização nítida de objetos próximos. Como na hipermetropia, a presbiopia é corrigida com o uso de lentes convergentes.

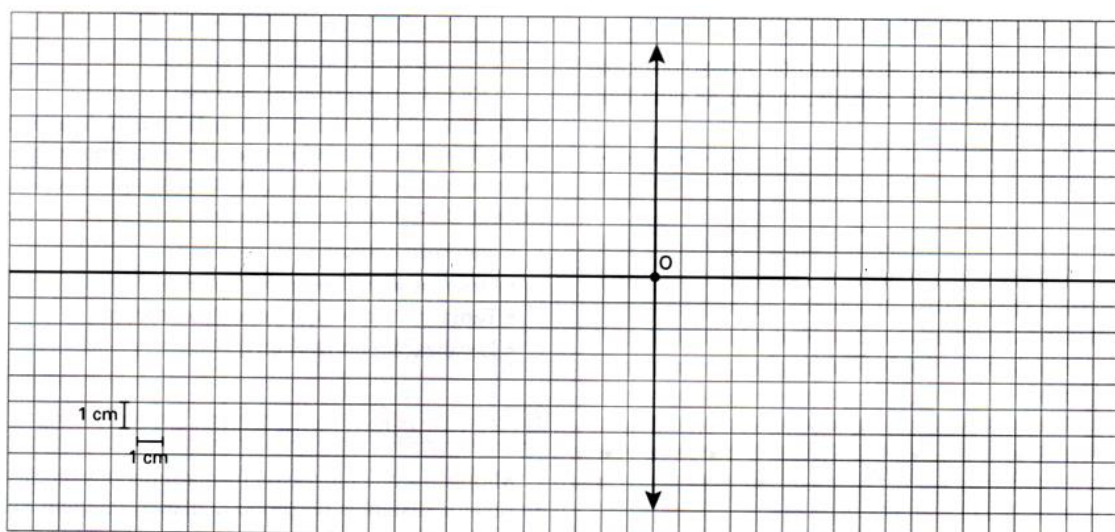
Exercícios

01. Que tipo de lentes pode ser usado para formar imagem real? E para uma imagem virtual?
02. Usando os dados fornecidos nos exemplos abaixo, construa graficamente as imagens e as classifique-as.
 - a) Objeto de 3 cm de altura que se encontra a 15 cm de uma lente convergente delgada de distância focal de 5 cm



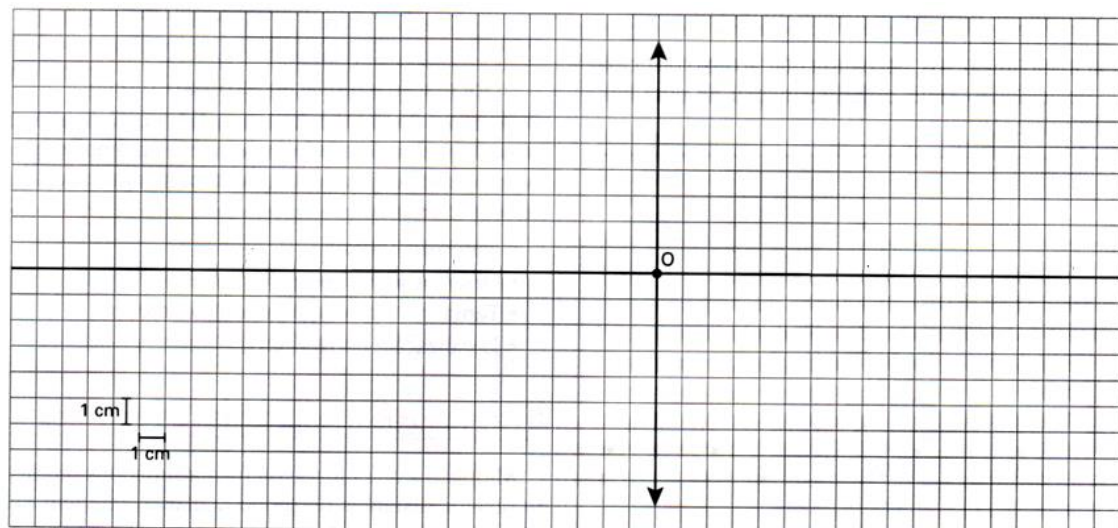
Classificação da imagem: _____

- b) Objeto de 3 cm de altura que se encontra a 8 cm de uma lente convergente delgada de distância focal de 6 cm.



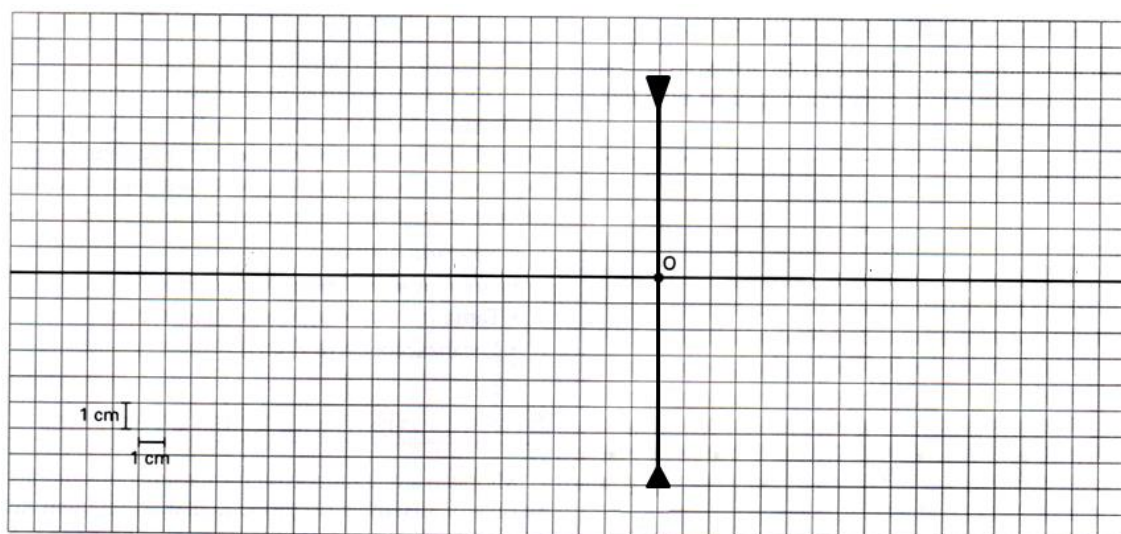
Classificação da imagem: _____

- c) Um objeto de 3 cm de altura que se encontra a 5 cm diante de uma lente convergente delgada de distância focal de 8 cm.



Classificação da imagem: _____

- d) Um objeto de 5 cm de altura que se encontra a 8 cm de distância do centro óptico de uma lente divergente delgada de distância focal de 5 cm.



Plano de aula nº 05 – Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano.

IDENTIFICAÇÃO:

COLÉGIO: _____

CURSO: _____

DISCIPLINA: _____

SÉRIE/ANO LETIVO: _____

CARGA HORÁRIA: 03 HORA/AULA (50 MIN)

ASSUNTO: Distância focal de uma lente esférica, simulador do olho humano e acomodação do cristalino.

5.1 COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

- a) Construa um modelo que seja capaz de reproduzir a convergência dos raios luminosos dentro do olho humano.
- b) Entenda a formação da imagem dentro do olho humano, através de feixe de luz de raios paralelos e divergentes relacionando-os, respectivamente, com um objeto distante e próximo ao globo ocular.
- c) Associe a lente usada pelo simulador com o cristalino do olho humano.
- d) Aplique a equação dos fabricantes de lentes e encontre a distância focal da lente usada, comparando-a com o valor experimental.
- e) Reproduza o processo de acomodação do olho humano.

5.2 MOMENTOS DA AULA

5.2.1 Incentivação

Tempo estimado é de 5 minutos. O professor deve perguntar a turma: “Como sabemos não é possível focalizar, com nitidez e simultaneamente, um objeto próximo e outro distante do olho humano, ou seja, nós focalizamos imagem para uma situação de cada vez, mas nunca as duas ao mesmo tempo. Por quê?”. Em seguida, após ouvir as respostas, o professor comenta “*Iremos representar descobrir como é possível, utilizando o simulador proposto*”.

5.2.2 *Desenvolvimento*

O tempo estimado é de 70 minutos. O professor deve ter organizado previamente, todos os aparatos experimentais, que são: modelo em isopor do globo ocular, lasers modificados, suportes dos lasers e fonte de alimentação. O tempo de construção destes equipamentos não está contabilizado neste planejamento. Mas os procedimentos da sua fabricação estão disponíveis no anexo deste plano de aula.

O professor deve organizar os alunos em equipes. Cada grupo deve ficar responsável pela confecção dos aparatos e pelo manuseio do simulador (operação e coleta de dados).

O objetivo é construir uma lente flexível, feito com um preservativo masculino de látex, para simular o processo de acomodação do cristalino. Os alunos irão simular duas situações: para objetos distantes, com feixe de luz paralelo ao eixo principal e para objetos próximos, com um feixe de luz divergente.

O feixe de luz será produzido com lasers, conectados a fontes de pilhas e instalados em suportes construídos com desodorante “roll on”, que nos fornece uma livre movimentação para as principais direções.

Os alunos devem seguir a montagem do Simulador conforme orientação descrita no roteiro, que se encontra no anexo deste plano de aula. O professor deve auxiliar na montagem dos aparatos, caso precise. É importante que o educador chame a atenção dos alunos para a localização do eixo principal e alinhamento dos lasers.

Inicialmente, o roteiro pede aos alunos que determinem as distâncias focais experimental (através das marcações no eixo principal) e teórico (com o modelo das “ball lens”) da lente flexível. No roteiro há perguntas que instigam o aluno a fazer um comparativo entre o simulador didático e o olho humano de verdade. Isto é, o aluno é induzido a pensar sobre as limitações do aparato experimental e as aproximações com o modelo teórico proposto.

Além encontrar estes valores, os alunos irão simular as duas principais do olho humano: a miopia e a hipermetropia. Para isso, os alunos devem deslocar o modelo de isopor do globo ocular. Assim é possível simular o alongamento ou encurtamento longitudinal do globo ocular representando, respectivamente, a miopia e a hipermetropia.

Na última questão, os alunos devem simular o processo de acomodação do olho humano. Para isso, eles deverão comprimir a lente flexível no eixo horizontal da lente, representando o trabalho realizado pelos músculos ciliares.

5.2.3 Síntese integradora

Tempo estimado desta etapa é de 25 minutos. O professor deve pedir para que os alunos respondam as perguntas do roteiro, auxiliando-os quando necessário.

A questão última questão do roteiro, pede para que chame o professor. Ele deve aproximar o feixe de lasers em direção à lente e divergindo-os, como mostrado na figura 5.1.



Figura 5.1 Divergindo os raios luminosos. [Trierveiler, 2016]

O professor fazer o seguinte comentário: “Quando utilizamos feixe de luz paralelo, estamos simulando a focalização da imagem sobre a retina, para um objeto distante do globo ocular. Agora, mudamos para um feixe de luz divergente, que representa os raios de luz proveniente de um objeto próximo ao olho humano”.

“Como estamos vendo nesta situação, os raios luminosos do laser não estão mais convergindo na retina e conseqüentemente, o mesmo ocorre quando estamos visualizando algo próximo. O que o olho tem que fazer para focalizar novamente a imagem sobre a retina?”

Resposta esperada: deforma o cristalino.

E o professor deve pedir a equipe: “Este processo é chamado de acomodação. Represente-o usando o simulador didático e descreva o que vocês fizeram no espaço reservado da questão 9”.

Ação esperada: que os alunos pressionem a lente pela lateral, fazendo o papel de músculo ciliar.

Até aqui utilizamos 2 aulas. A terceira aula do plano será usada para discutir os resultados encontrados pela turma e solucionar possíveis dúvidas.

5.3 Objetos Educacionais

- Aparato experimental
- Roteiro

5.4 Referências

HEWITT, Paul G., **Física conceitual**. Porto Alegre. Editora: Bookman, 9ª Edição, 2002.

BONJORNO E CLINTON, **Física, História e Cotidiano - Coleção Delta**. São Paulo. Volume Único, Editora da FTD. 2ª edição, 2005.

GASPAR, Alberto, **Compreendendo a Física**, São Paulo. Volume 2. Editora Ática. 2ª edição, 2014.

Guedes, André F., BRAUN Luci F. e RIZZATTI, Mara R. **Simulador Didático do Cristalino Ocular**. Porto Alegre PUC, Publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, volume 22, nº 1, ano de 2000. Disponível em http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_137.pdf acessado em 05 de dezembro de 2015.

[Trierveiler, 2016] **Gustavo Trierveiler Anselmo**. *Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano*. Dissertação de mestrado submetida na Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

5.5 Anexo

5.5.1 Confeção dos aparatos experimentais

Confeção do modelo em isopor do globo ocular.

Material.

- Um hemisfério de isopor oco de 250 mm.
- Um hemisfério de isopor oco de 200 mm (apenas para medida)
- Canetinha, faca ou estilete para marcar e corta o isopor.
- Tinta para artesanato (PVA, acrílico ou Tecido) de várias cores.
- Pincéis de artesanato. (chato mais largo (nº 24) e outros mais finos para os detalhes (nº 0 e nº 8)).

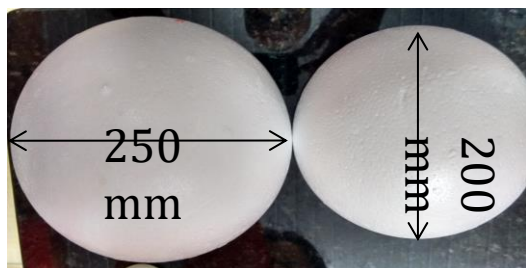
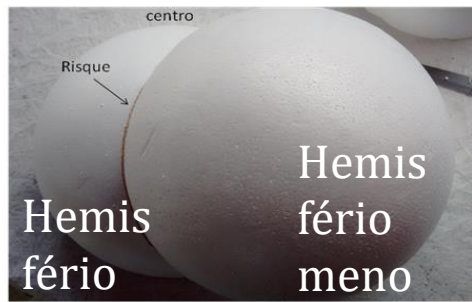


Figura5.2 Imagens de alguns materiais e sugestões de cores de tinta [Trierveiler, 2016]

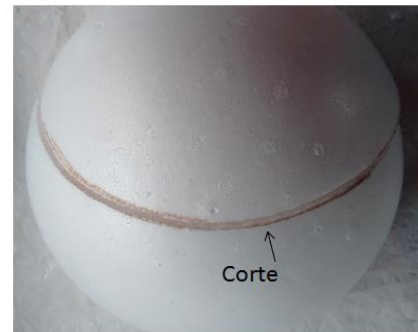
Procedimentos.

Vamos construir o nosso olho humano usando um hemisfério de isopor, representando principalmente a parte de trás do globo ocular, onde se encontra a retina.

Vamos fazer o espaço destinado ao cristalino do nosso olho. Para isso, vire o hemisfério maior de isopor de cabeça para baixo. Sobreponha o hemisfério menor sobre o maior como está representado na figura 5.3.



(A)



(B)

Figura 5.3 Risque a bola maior usando como base o contorno da bola menor e a corte. [Trierveiler, 2016]

O pedaço que sobrou também será usado. O hemisfério cortado será nossa base inferior do globo ocular e podemos representar um pedaço da parte superior do olho com a calota cortada que sobrou, como mostra a figura abaixo.



Figura 5.4 A calota que sobrou será aproveitada para fazer a parte superior do olho, visto de cima para baixo. Na foto da esquerda temos uma ideia de como será a maquete do olho humano [Trierveiler, 2016].

Assim já podemos pintar as principais partes do olho humano. Estamos sugerindo dois esboços do olho humanos, como mostrado na figura 5.5. É possível usar os desenhos produzidos pelos próprios alunos. O mais importante é usar cores vivas que destacam as principais partes do globo ocular.

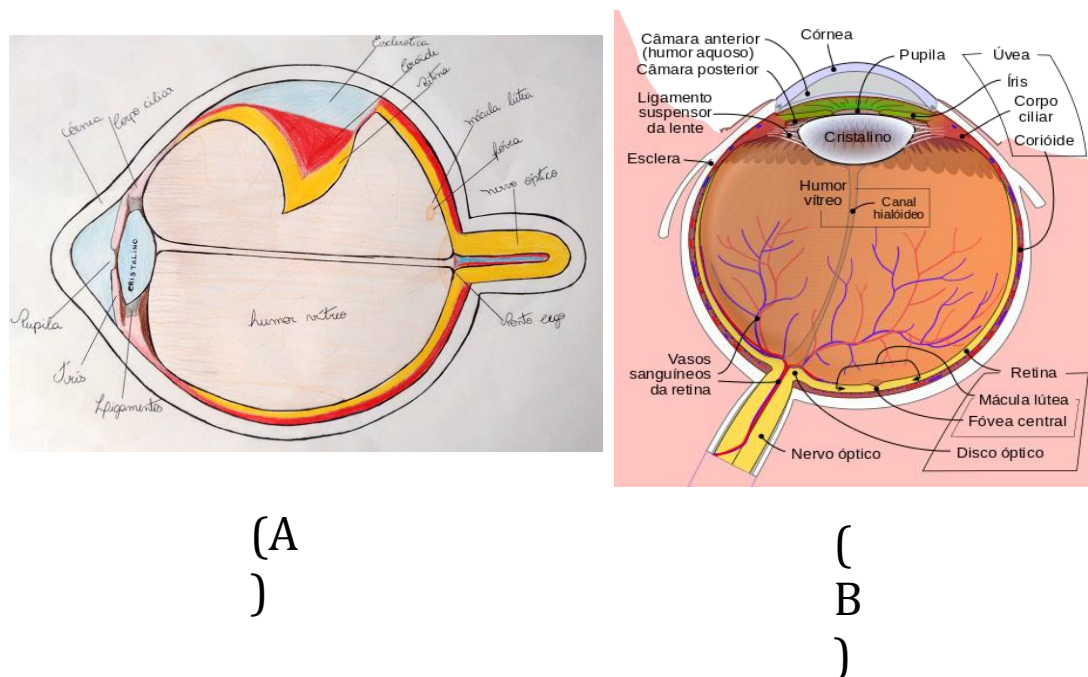


Figura 5.5 Olho humano e suas partes¹³ [Trierveiler, 2016].

Temos que lembrar que vamos pintar da parte do fundo para frente. Iremos representar as principais camadas do globo ocular: a retina, a coróide e a esclera.

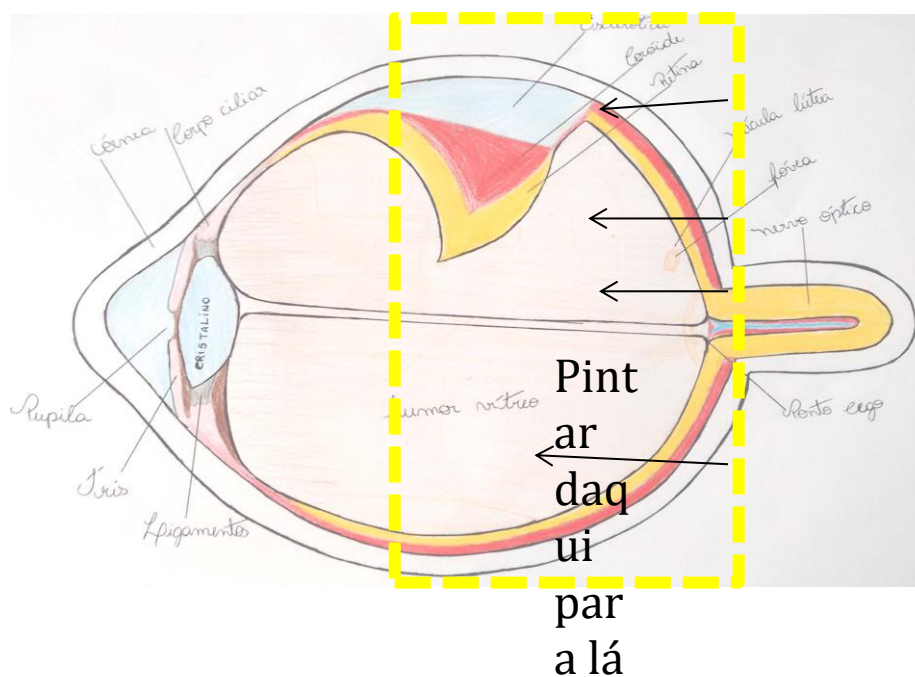


Figura 5.6 Pintar a bola de isopor do fundo do olho para frente.

¹³ “Diagrama esquemático do olho humano” Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_diagram_of_the_human_eye_pt.svg acessado em 22/05/2016.

No lado externo, temos que representar os seis músculos oculares responsáveis pela movimentação do olho. Ao final temos as principais partes que compõe o olho humano.

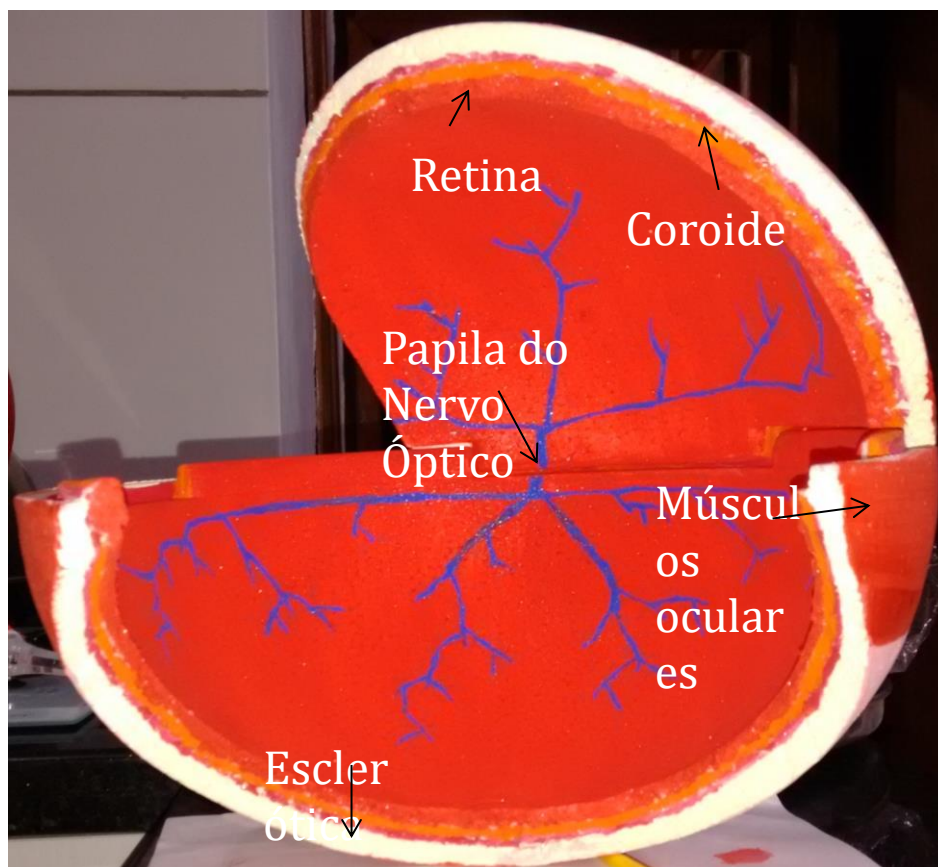


Figura 5.7 Imagens do olho depois de pintado [Trierveiler, 2016].

Construção dos suportes para os lasers

Materiais	
• 2 Frascos vazios de desodorantes <i>Roll on</i> da mesma marca e modelo. • Cola selante comprada em materiais de construção • Lixa • Arame, alicate • Imãs retirados de um HD sem uso.	

Figura 5.8 Em destaque o frasco de desodorante e a cola usada para colar os imãs na esfera do *roll on* [Trierveiler, 2016].

Procedimentos

Retire os imãs do HD, tendo cuidado na hora de abrir, pois são bem vedados e muitas vezes exigem chaves de diferentes formatos. Em geral os imãs são colados com

seus suportes, assim para retirá-los use uma chave de fende aplicando pressão ou se preciso use um martelo. Logo após, divida ao meio.

No Roll on, veja se a esfera do frasco está bem justa do seu encaixe. Caso contrário, use um pedaço de arame e alicate faça um anel na base encaixe apertando até o ponto ideal. A bola do “Roll on” deve permitir uma movimentação justa.

Agora lixe e limpe a região onde irá ser colado um das metades do imã. É importante que a superfície esteja livre de sujeira ou resíduos para melhor fixação da cola tanto na esfera de *roll on* quanto na superfície do imã.



Figura 5.9 Os imãs colados nos suportes. [Trierveiler, 2016].

Como os frascos são leves, é aconselhável fazer um pequeno furo na lateral e preenche-los com argamassa, usada para assentar piso.



Figura 5.10 Detalhe dos orifícios usados para preencher os frascos. Isto aluda a dar peso aos suportes facilitando seu uso. Os arames amarrados na base do encaixe do roll on ajudam a firmar as bolinhas do frasco. [Trierveiler, 2016].

Adaptação dos lasers.

Lista de materiais	
--------------------	--

• Dois lasers do mesmo modelo, que usem três pilhas (4,5 V) do tipo botão. • 4 pedaços fio fino (0,10 mm² usados em eletrônica) flexíveis de 30 cm cada de duas cores diferentes. • 2 arruela de 2 cm de diâmetro. • Cola selante. • Um bastão de cola quente do mais fino (1,0 cm de diâmetro) • Lixa, faca, alicate.	
--	--

Figura 5.11 Lista de material [Trierveiler, 2016].

Iremos fazer os procedimentos descritos nos dois lasers. Vamos trocar as pilhas que vem no conjunto por uma fonte externa. Encaixe o bastão de cola, marque e corte na marcação, Em seguida usando o pedaço cortado como medida marque e corte a lateral do corpo do laser, como mostrado na figura 5.12.



Figura 5.12 Corte do bastão de cola e no corpo do laser. [Trierveiler, 2016].

Agora vamos fazer a conexão elétrica nos terminais dos lasers. Para isso descasque as pontas dos condutores e faça a conexão com os polos dos lasers, passando pelo orifício aberto, como mostra a figura 5.13 (A). Em geral o polo negativo é uma mola que se encontra no fundo do corpo do laser e o polo positivo é o corpo lateral do mesmo. (B).

Para fixar os condutores nos polos, enrole a parte descascada do condutor na mola (Polo negativo) e usando o pedaço de bastão, prenda o outro condutor nas paredes do corpo do laser, como mostrado na figura 5.13 (C). É importante que o bastão fique bem justo e que não haja curto.

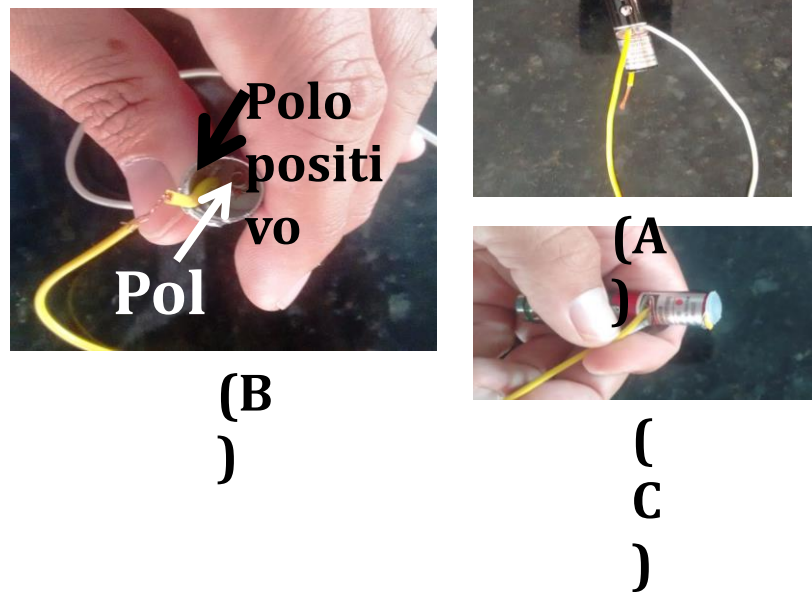


Figura 5.13 Conexão elétrica dos lasers. [Trierveiler, 2016].

Em geral, os lasers encontrados têm outras funções que não serão usadas no simulador. Para facilitar o manuseio na hora do uso, identifique o botão que aciona a função lasers e o trave usando fita isolante.

Em seguida, lixe o lado oposto que contém os botões, limpe a superfície e cole a arruela, com a cola selante, como mostrado na figura 5.14.

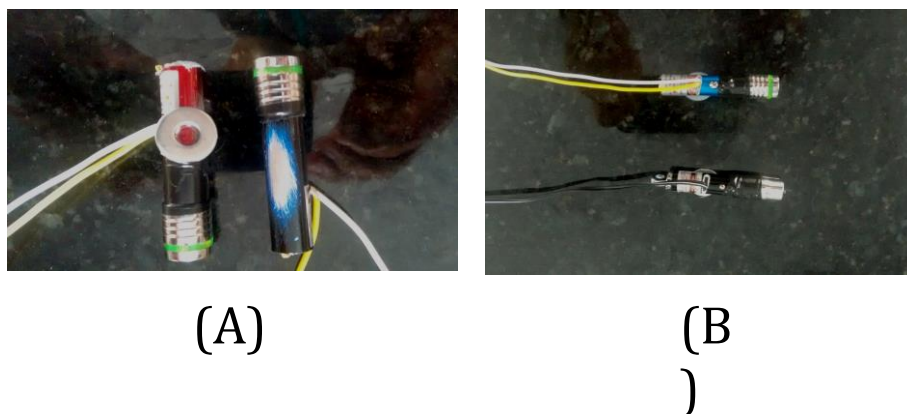


Figura 5.14 As superfícies que deveram ser coladas devem estar livre de impurezas. [Trierveiler, 2016].

Fonte de pilha estabilizada

Os lasers são muito sensíveis a variações de tensões. Assim vamos construir uma fonte de pilha estável e barata que pode ser usada inclusive em outros experimentos. Abaixo, na figura 5.15 vamos listar os materiais necessários:

Lista de materiais	
• 15 cm de comprimento de cano de PVC de 20 mm de diâmetro para água fria. • 3 pilhas comuns do tipo AA. • 2 tampões para cano 20 mm de diâmetro de PVC para água fria. • 30 cm de fio rígido 2,5 mm² de área de seção reta. • Duas garras jacarés de cores diferentes • Soldador estanho. • Fio de estanho para solda. • Pasta de limpeza para solda estanho • Alicate e serra para corta cano de PVC.	

Figura 5.15 Lista de material e ferramentas necessárias [Trierveiler, 2016].

Vamos construir uma fonte para 4,5 V, usando três pilhas do tipo AA. Vamos medir o comprimento das três pilhas, colocando-as em sequência, como mostra a figura 5.16. Em seguida, corte o cano de PVC com um comprimento um cm menor, que a medida obtida. Para ter acesso a várias tensões, caso queira, abra orifícios entre as pilhas. Sugestões de medidas estão sendo mostradas na figura abaixo.



Figura 5.16 O Tamanho das pilhas podem mudar conforme o fabricante [Trierveiler, 2016].

Vamos fazer os terminais elétricos da fonte. Para isso, retire o isolante elétrico do fio rígido e o enrole com o auxílio do alicate (Fig. 5.17 (A)). Em seguida, fure o centro tampão de PVC, aquecendo a ponta do fio que não foi enrolada, e fixe e dobre o terminal elétrico, como mostrado na figura 5.17 (B) e 5.17 (C).

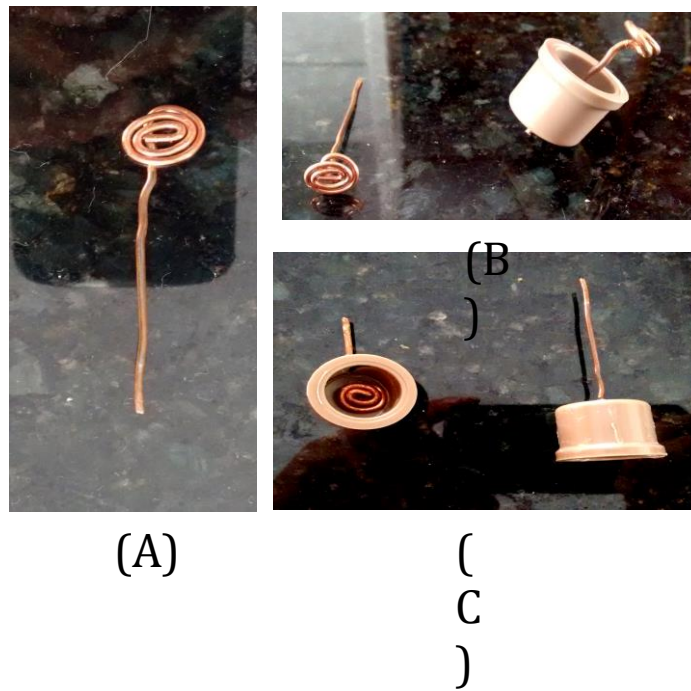


Figura 5.17 fabricação do terminal elétrico [Trierveiler, 2016].

Para obter as diferentes tensões é só colocar um pedaço de fio de cobre com a ponta amassada entre as pilhas através dos orifícios abertos no PVC. Para melhorar o contato elétrico e identificar os polos negativo e positivo, podemos soldar garras jacarés de cores diferentes, como mostrado na figura 5.18.



Figura 5.18 Fonte elétrica montada. [Trierveiler, 2016].

5.5.1 Roteiro da atividade experimental

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Aluno: _____ n° 2ª _____

Materiais	
• Preservativo masculino do tipo Ultra Resistente de preferência • Detergente • Água • Suportes • Lasers preparados • Fonte estabilizada. • Fita métrica de costureira • Pires • Calços de madeira • Modelo em isopor do olho humano • Régua • Fita crepe ou adesiva • Caixa ou anteparo para a luz do laser	

Figura 1 Tabela de materiais [Trierweiler, 2016].

Montando o aparato experimental

Preparando a lente flexível (Cristalino)

Retire o preservativo masculino da embalagem e o lave com água para o excesso de lubrificante. Caso necessário, use uma gota de detergente. É importante que o preservativo ainda tenha uma fina película de lubrificante.

Logo em seguida o encha com água até um diâmetro de aproximadamente de 20 cm, ou do tamanho da palma da mão. Amarre a ponta esticando até o máximo possível, sem estourar, para obter o formato mais esférico possível.

Preparando o experimento

Estique a fita de costureira sobre uma mesa e a prenda com um pedaço de fita. Ela será nosso eixo principal. Coloque a lente flexível sobre um pires e o posicione de tal forma que a fita métrica passe bem no centro dela, como mostra a figura 2. É importante que ela fique sobre um número de medida bem definido para facilitar a leitura.

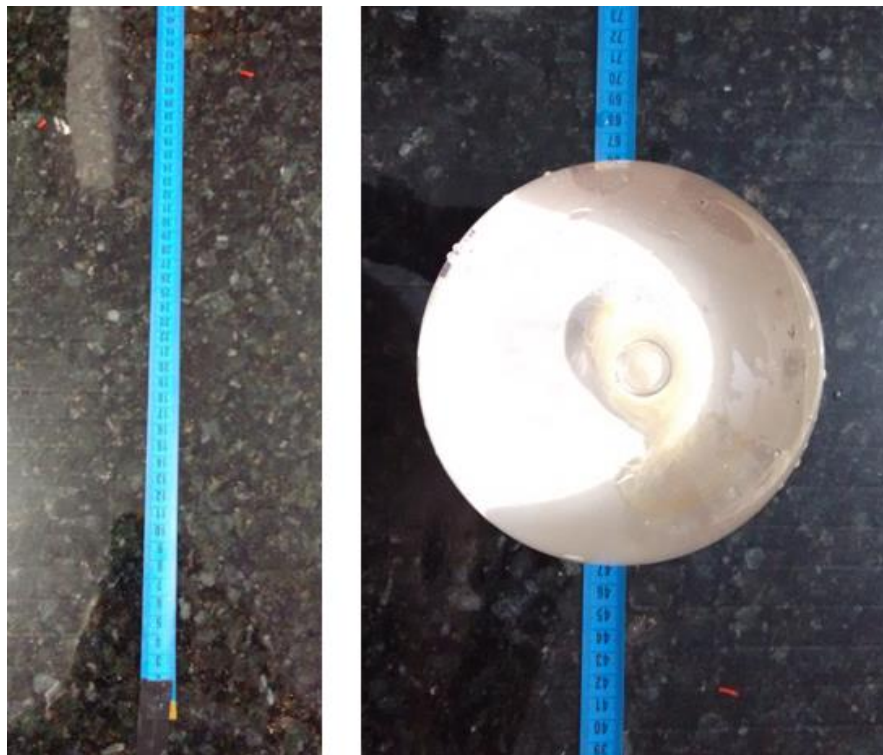


Figura 2 Fita métrica que será nosso eixo principal e o posicionamento da lente em relação à fita métrica [Trierveiler, 2016].

Logo em seguida prepare os suportes e coloque os lasers, ligando-os na fonte de energia, como mostra a figura 3.

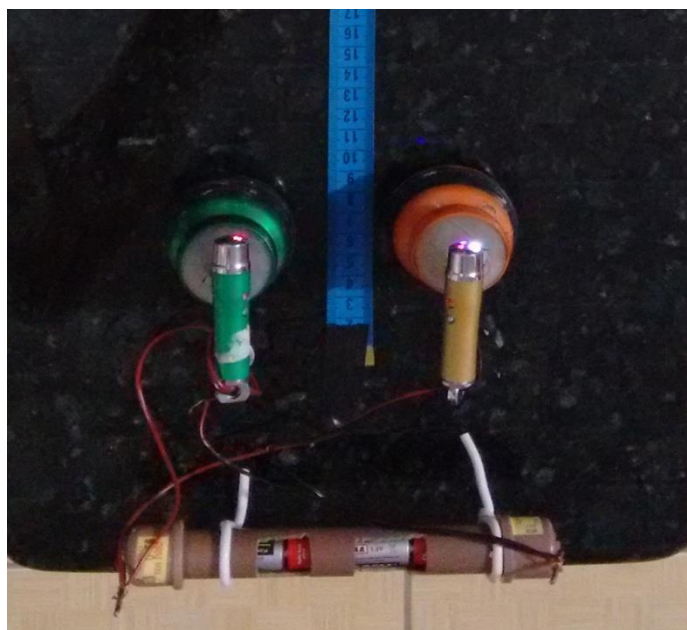


Figura 3 Instalação dos lasers. [Trierveiler, 2016].

Agora pense: Como podemos achar o eixo principal da nossa lente?

A luz não sofre desvio quando está sobre o eixo principal. Assim é preciso incidir o feixe do laser na lente e posicioná-la, de tal forma que, a luz não sofra desvio. Para isso, precisamos de um feixe de luz paralelo a fita métrica (eixo principal), que representará o eixo principal. Portanto, precisamos ajustar o feixe de luz tanto no eixo vertical e horizontal.

Com o auxílio de uma regra e um elástico, medimos e marcamos altura próxima ao feixe de luz laser e depois perto da lente, sendo necessário que ambas sejam iguais, como mostra a figura 4. Caso contrário, ajustamos movimentando a junta esférica do suporte. Devemos deixar o laser alinhado com a fita.

Com a altura correta, colocamos um dos lasers com suporte sobre a fita métrica com seu feixe ao longo dela. Devemos ajustar a altura da lente com auxílio de pires ou calços.

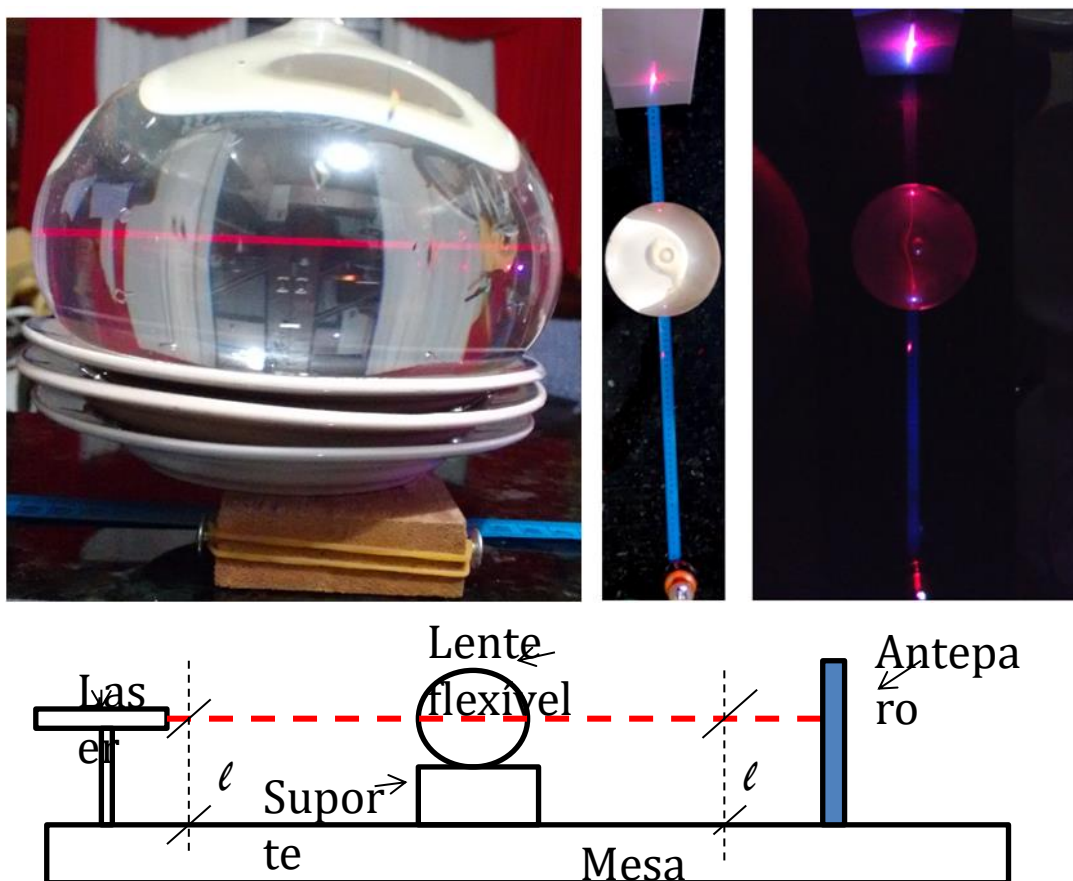


Figura 4. Na imagem da esquerda ajustando a altura da lente em relação ao feixe luminoso. Podemos perceber que a luz sofre muito pouco desvio. Na imagem direita, com um auxílio de um anteparo. [Trierveiler, 2016].

1) Resposta: Nossa lente flexível é divergente ou convergente? Por quê?

Agora pense: Como podemos determinar a distância focal da nossa lente de maneira experimental?

Podemos usar a primeira regra de construção de imagens vista na aula anterior. *“Todo o raio incidente que esteja paralelo ao eixo principal, refrata passando pelo foco”*.

Assim precisamos de um feixe de raios paralelos ao eixo principal. Para isso, alinhamos novamente, mas agora os dois eixos: vertical e horizontal. Usando a régua e o elástico, alinhamos o feixe luminoso, de tal forma que, o feixe do laser fique próximo e paralelo à fita métrica ou, neste caso, ao nosso eixo principal, como mostra a figura 5. Devemos fazer isso em ambos os feixes.

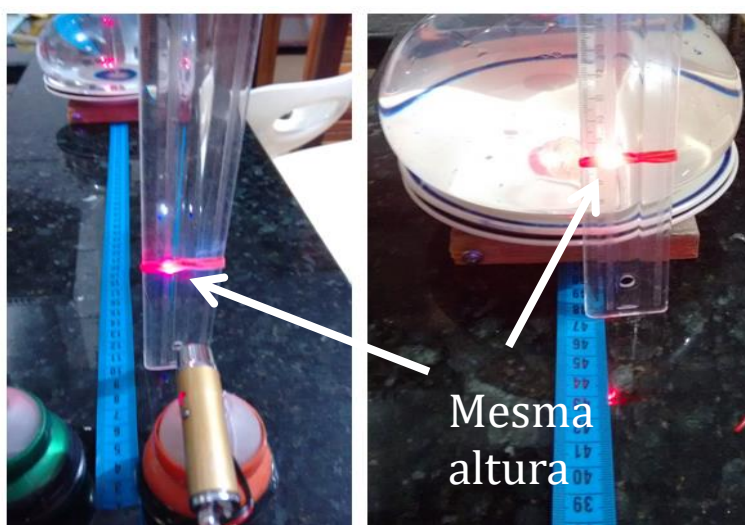
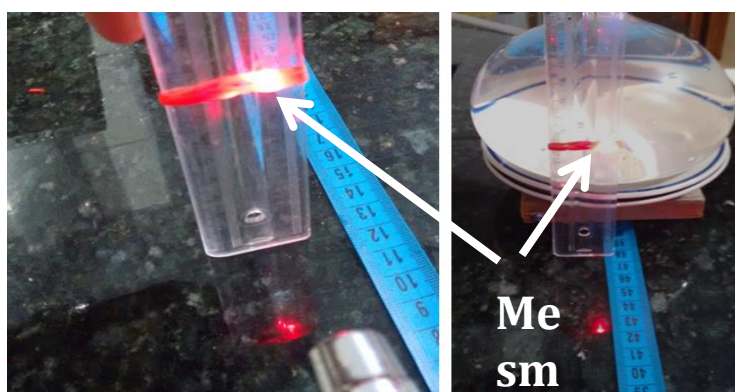


Figura 4: Fazendo o alinhamento da altura dos feixes luminosos. Assim teremos feixes de luz paralelos ao eixo principal ou neste caso, a fita métrica. [Trierveiler, 2016].

Como nossa lente é convergente, os raios luminosos irão passar pelo ponto focal do eixo principal. Usando o anteparo podemos encontrar a posição em relação à fita métrica, que os dois raios de luz se coincidem. Este ponto é o ponto focal.

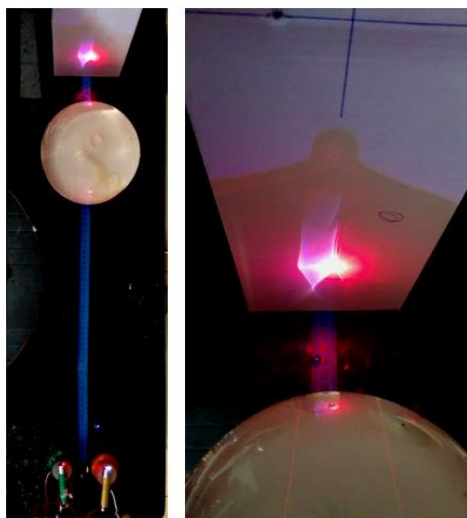
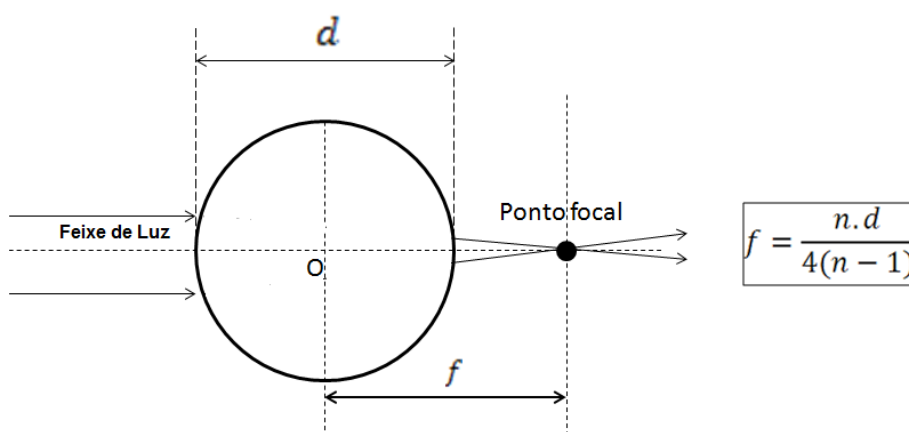


Figura 5: convergência dos raios de luz [Trierveiler, 2016].

Atenção: não mexa nas posições dos equipamentos do experimento!!!!!!

2) Responda: Podemos atribuir a nossa lente com um modelo teórico e determinar a distância focal com a equação dos fabricantes de lentes. Para isso devemos considerar nossa lente como sendo espessa ou delgada? Por quê?

A lente produzida pode ser comparada com uma *Ball Lenses*, usadas em detectores e em transmissão de fibras ópticas. A relação para determinar sua distância focal f é dada por:



[Trierveiler, 2016].

Onde:

f = distância focal *

n = índice de refração da lente. No nosso caso $n_{\text{água}} = 1,33$

d = espessura da lente*

**As unidades da distância focal e espessura da lente devem ser as mesmas, pois o índice de refração é adimensional.*

3) Assim usando os dados fornecidos pelo roteiro e pelo experimento, determine a distância focal teórica f_{teo} (aplicando a relação acima) e a experimental f_{exp} (retirado das medidas do experimento) da sua lente.

4) Calcule a exatidão ou a acurácia (e) entre os valores teórico e experimental.

Dado: $e = \left(\frac{f_{teo} - f_{exp}}{f_{teo}} \right) \cdot 100$. O que esse resultado significa?

5) Desafio: Usando a equação dos fabricantes de lentes e as regras de sinais dos raios que formam as lentes, prove a relação matemática das *Ball Lenses* citada acima.

6) Sem mexer nas posições dos equipamentos do aparato experimental, insira seu modelo em isopor do olho humano posicionando de forma que se obtenha a imagem mais nítida possível de um objeto. Como você fez isso?

Daqui em diante você pode mexer no posicionamento dos aparatos experimentais.

7) Podemos dizer que no nosso modelo representa com fidelidade um olho humano de verdade? Justifique sua resposta.

8) Crie uma situação em que temos um olho com miopia e outro com hipermetropia. Descreva o que você fez.

9) Chame o professor e pergunte o que precisa fazer.

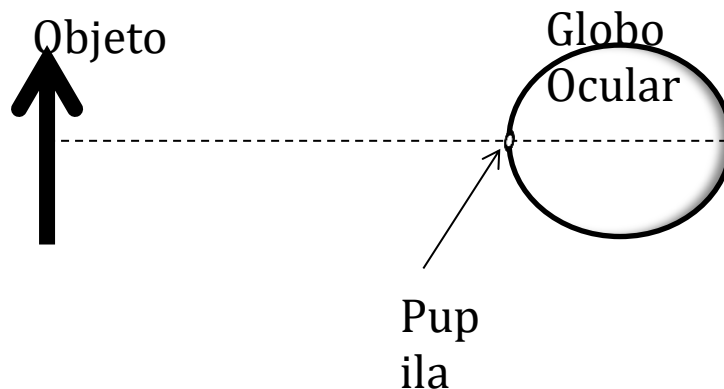
Anexos

Questionário do Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano.

01. (UFMG Adaptado) Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Desenhe a trajetória do(s) raio(s) de luz que permitam que Dirceu veja a Marília.



02. Desenhe a imagem da seta vista pelo olho respeitando o sentido, a posição e o tamanho dela no globo ocular. Use a figura abaixo.



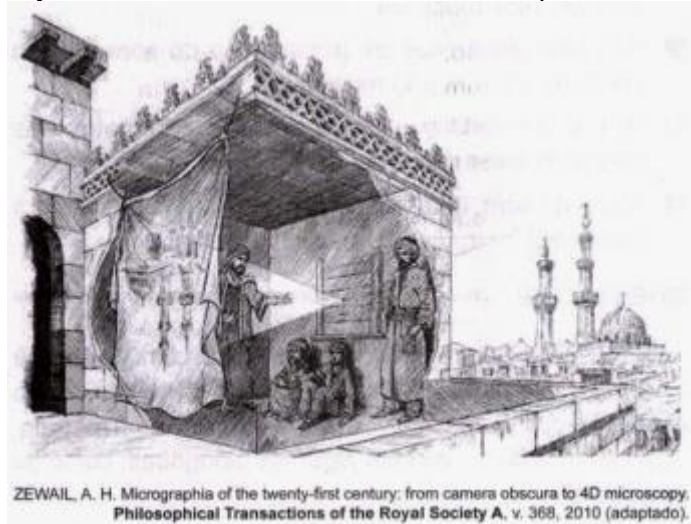
03. Para que você possa ver uma flor colocada em um vaso é necessário que:

- a) Somente que os sinais nervosos passem dos olhos até o cérebro.
- b) Que a luz de uma lâmpada, por exemplo, reflita na flor chegue até os olhos e seja transmitida ao cérebro por sinais elétricos através do nervo óptico.
- c) Que a flor seja iluminada, bastando isso para vê-la.
- d) Os raios de luz que saiam de seus olhos e chegue até a flor.
- e) Que os olhos emitam raios luminosos refletindo na flor chegando novamente aos olhos. Essa informação é transmitida para o cérebro através de pulsos nervosos pelo nervo óptico.

04. É possível que a luz faça curva ou mude sua trajetória? Você poderia citar um exemplo ou situação?

05. Se um colega filosofa e diz “Todos somos fontes de luz”. Analisando no aspecto da Física ele está certo? Justifique.

06. (ENEM) Entre os anos de 10258 e 1038, Alhazen (ibn AL-Haytham; 965-1040 d.c) escreveu sua principal obra, o Livro da Óptica, que, com base em experimento explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo.



Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(s)

- | | |
|-----------|---------------|
| a) Iris. | d) Córnea. |
| b) Retina | e) Cristalino |
| c) Pupila | |

07. É possível focalizar simultaneamente um objeto longe e outro perto? Para que entenda melhor, aproxime um de seus dedos na linha dos olhos a uma distância de aproximadamente de 30 cm e tente enxergar com nitidez seu dedo e um objeto distante, como, por exemplo, o quadro ao mesmo tempo. Como o olho se ajusta para essas duas situações?

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms

Wanderley Marcílio Veronez, Luiz Américo Alves Pereira, Gélson Biscaia de Souza

VOLUME 2 – O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna

Marilene Probst Novacoski, Gélson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 3 – Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday

Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol

Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano

Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária

Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton

Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais

Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – Física Nuclear e Sociedade

Tomo I – Caderno do Professor

Tomo II – Caderno do Aluno

Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento

Tomo I – Caderno do Professor

Tomo II – Caderno do Aluno

Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua

Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – Nas Cordas dos Instrumentos Musicais

Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas

Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –

Tomo I - Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física

Tomo II – Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii

Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos

Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons –
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

Disponível em:

<http://uepg.br/proex/Home/ebook.html>

