



SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ÓPTICA:

Um olhar para a modalidade CEJA

AGNALDO DE CARVALHO SANT'ANNA

Volta Redonda - RJ
Dezembro de 2018



SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ÓPTICA:

Um olhar para a modalidade CEJA

Agnaldo de Carvalho Sant'Anna

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas (UFF) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Volta Redonda - RJ
Dezembro de 2018


SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ÓPTICA: um olhar para a modalidade CEJA

Agnaldo de Carvalho Sant'Anna

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas (UFF) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

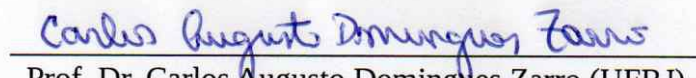
Aprovada por:



Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin (UFF/MNPEF)
Orientador



Prof. Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho (UEZO-RJ)
Membro Externo



Prof. Dr. Carlos Augusto Domingues Zarro (UFRJ)
Membro Externo



Prof. Dr. Ladário da Silva (UFF/MNPEF)
Membro Interno

Volta Redonda - RJ
Dezembro, 2018

Ficha catalográfica automática - SDC/BAVR
Gerada com informações fornecidas pelo autor

S231s Sant'anna, Agnaldo de Carvalho
Sequência Didática para Ensino de Óptica: um olhar para a
modalidade CEJA / Agnaldo de Carvalho Sant'anna ; José
Augusto Oliveira Huguenin, orientador. Volta Redonda, 2018.
100 f. : il.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de
Física)-Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PROFIS.2018.mp.88956067791>

1. Ensino de Física. 2. Óptica. 3. Educação de Jovens e
Adultos. 4. Aprendizagem Significativa. 5. Produção
intelectual. I. Huguenin, José Augusto Oliveira, orientador.
II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciências
Exatas. III. Título.

CDD -

Esta dissertação é dedicada ao professor e amigo Júlio César de Almeida Laranjeira (*in memoriam*), com todo o meu reconhecimento e gratidão pelos ensinamentos profissionais e de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela força e coragem nessa longa caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin, pela paciência, e por ter colaborado e incentivado a realização desse projeto acadêmico.

Aos meus pais, Miguel de Sant'Anna e Tereza de Carvalho Sant'Anna, que com grande empenho e esforço me permitiram estudar.

À minha esposa, Elisa, e aos meus filhos, João Guilherme e Júlia, pelo apoio na realização de mais essa etapa da vida acadêmica.

Agradeço à CAPES pelo suporte financeiro concedido durante o período compreendido entre 2016 e 2018, por meio de uma bolsa de mestrado.

*Se sou amado,
quanto mais amado
mais correspondo ao amor.*

*Se sou esquecido,
devo esquecer também,
Pois o amor é feito espelho:
tem que ter reflexo.*

Pablo Neruda

RESUMO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ÓPTICA - UM OLHAR PARA A MODALIDADE CEJA

Agnaldo de Carvalho Sant'Anna

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas(UFF) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O presente trabalho consiste da elaboração, aplicação e análise de duas sequências didáticas relacionadas ao ensino da óptica na modalidade Centro de Estudos de Jovens e Adultos (CEJA). A primeira sequência versa sobre a refração da luz, e a segunda sobre a formação de imagens por lentes. Explorando o caráter de ensino semipresencial, com atividades desenvolvidas na plataforma Moodle, as sequências desenvolvem o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC's) através do uso de simulação computacional do PHET (Tecnologia Educacional em Física), com observações e respostas às simulações preenchidas em formulário eletrônico, possibilitando aos alunos realizarem as atividades tanto no ambiente escolar quanto em casa. A experiência permitiu constatar a eficácia na construção do seu próprio conhecimento em um ambiente de estímulo e motivação, com ocorrência de aprendizagem significativa através de um material potencialmente significativo, além do grande envolvimento dos alunos, um excelente aproveitamento em classe.

Palavras-chave: **Ensino de Física. Óptica. Tecnologias de Informação e Comunicação.**

ABSTRACT

TITLE OF DISSERTATION

Agnaldo de Carvalho Sant'Anna

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Ciências Exatas(UFF) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

In this work we present the elaboration, application and analysis of two didactic sequences for teaching of optics in the Young and Adult teaching modality. The first sequence is about the refraction of light and the second about the formation of images by lenses. Exploring the blended presential teaching character, with activities in the Moodle platform, the sequences develop the use of information and communication technologies (ICT's) through the use of PHET simulation and observations and responses to the simulations in an electronic form so that the students can perform in both in the school and in the home environment. We observed a great involvement of the students and an excellent.

Keywords: Physics education. Optics. Information and Communication Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Reflexão e Refração.....	18
Figura 2 -	Reflexão da luz por um espelho.....	19
Figura 3 -	Propagação de uma onda plana no espaço livre, de acordo com o princípio de Huygens.....	21
Figura 4 -	Estágios da refração de várias frentes de onda em uma interface plana entre o ar (meio 1) e o vidro (meio 2)	22
Figura 5 -	Vários raios divergindo de uma fonte puntiforme P.....	24
Figura 6 -	Ângulo Limite.....	25
Figura 7 -	Lentes Convexas.....	26
Figura 8 -	Lentes Côncavas.....	27
Figura 9 -	Foco imagem F' e Foco objeto F em lentes convergentes	28
Figura 10 -	Foco imagem F' e Foco objeto F em lentes divergentes	28
Figura 11 -	Imagem formada por refração numa superfície esférica.....	29
Figura 12 -	Geometria para dedução da equação (25).....	30
Figura 13 -	Desenho esquemático para dedução da Equação de Halley	31
Figura 14 -	Lente biconvexa.....	33
Figura 15 -	Construção de imagem em uma lente convergente.....	34
Figura 16 -	Construção de imagem em uma lente divergente.....	35
Figura 17 -	Tela inicial do PhET Simulations	45
Figura 18 -	Imagem da simulação desvio da luz do Phet Simulations.....	46
Figura 19 -	Imagem da simulação Ótica Geométrica do Phet Simulations	47
Figura 20 -	Tela da sala de aula de Física	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise dos conteúdos para questão Q1	56
Tabela 2 -	Análise dos conteúdos para questão Q2	57
Tabela 3 -	Análise dos conteúdos para questão Q3	58
Tabela 4 -	Análise dos conteúdos para questão Q4	59
Tabela 5 -	Análise dos conteúdos para questão Q5	60
Tabela 6 -	Análise dos conteúdos para questão Q6	60
Tabela 7 -	Análise dos conteúdos para questão Q7	61
Tabela 8 -	Análise dos conteúdos para questão Q8	62
Tabela 9 -	Análise dos conteúdos para questão Q9	63
Tabela 10 -	Análise dos conteúdos para questão Q10	64
Tabela 11 -	Análise dos conteúdos para questão Q1	65
Tabela 12 -	Análise dos conteúdos para questão Q2	66
Tabela 13 -	Análise dos conteúdos para questão Q6	67
Tabela 14 -	Análise dos conteúdos para questão Q8	68
Tabela 15 -	Análise dos conteúdos para questão Q9	68
Tabela 16 -	Análise dos conteúdos para questão Q14	69

LISTA DE ABREVIATURAS

AVA- TelEduc	Ambiente virtual de aprendizagem
CEB	Câmara de Educação Básica
CECIERJ	Centro de Ciências e educação superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro
CEE	Conselho Estadual de Educação
CEJA	Centro de Educação de jovens e Adultos
CNE	Conselho Nacional de Educação
CONFINTEA	Conferência Internacional de Educação de Adultos
EAD	Educação a Distância
EJA	Educação de jovens e adultos
LDBN	Lei de diretrizes e bases da educação nacional.
MOODLE -	Modular Object Oriented Distance Learning
PhET	Tecnologia no Educacional em Física.
SEEDUC-RJ	Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro
TIC	Tecnologia da informação e comunicação
TUG-K	Teste sobre o entendimento de gráficos da Cinemática
UnB	Universidade de Brasília

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 2	17
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 REFRAÇÃO DA LUZ E FORMAÇÃO DE IMAGENS	17
2.1.1 ÂNGULO LIMITE E REFLEXÃO TOTAL	
2.1.2 CÁLCULO DO ÂNGULO LIMITE	
2.2 FORMAÇÃO DE IMAGENS POR LENTES ESFÉRICAS.....	26
2.2.1 LENTES.....	26
2.2.2 REFRAÇÃO EM UMA SUPERFÍCIE ESFÉRICA	29
2.2.3 EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES	31
2.2.4 APROXIMAÇÃO DELENTE DELGADA	33
2.2.5 FORMAÇÃO DE IMAGENS POR LENTEDELGADA	34
2.3 TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	35
2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	39
CAPÍTULO 3	43
METODOLOGIA	43
3.1 ESCOLHA DO PÚBLICO E DO TEMA.....	43
3.2 USO DO PHET	44
3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	47
3.4 APLICAÇÃO DO PRODUTO.....	51
3.5 AVALIAÇÃO DO PRODUTO.....	52
CAPÍTULO 4	54
RESULTADOS	54
4.1 RELATO DOS ENCONTROS	54
4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO	55
4.2.1 Roteiro 1	55
4.2.2 Roteiro 2.....	64
4.3 AVALIAÇÃO DOS ALUNOS.....	70

CAPÍTULO 5	72
CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS	74
APÊNDICES	Erro! Indicador não definido.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) no ensino é cada vez mais uma realidade. São muitos trabalhos que utilizam o uso dessas tecnologias no ensino de Física. Por exemplo, Melo (2010) utilizou o *software modellus* que trabalha com simulação e modelagem computacional aplicados ao ensino de conceitos básicos de corrente elétrica, voltagem e associação de resistores, descritos pela lei de ohm - observando que o *modellus* possui ferramentas amplas e modernas, que deixam o aluno livre para criar e modificar o modelo quantas vezes ache necessário. Ressalta-se a importância do professor como incentivador para a utilização das TIC's na educação, levando o aluno a uma construção eficaz do seu próprio conhecimento. Conclui-se que a utilização do *software* educativo de simulação e modelagem computacional deve ser uma ferramenta a auxiliar no processo didático, e nunca um fim em si mesmo.

Já Araújo *et al.* (2004) desenvolveram um conjunto de atividades computacionais utilizando o *software modellus*, visando a superação das dificuldades de interpretação de gráficos em cinemática, traduzindo o teste TUG-K sobre o entendimento de gráficos da Cinemática e o aplicando a alunos da UnB.

A pesquisa indica que o resultado mais relevante alcançado é a experiência de interatividade entre o estudante e o experimento como fator decisivo em situações onde houver aprendizagem. Crê-se que a modelagem computacional é uma das práticas de ensino que melhor permite a interação dos estudantes com o processo de construção e análise do conhecimento científico, permitindo que compreendam melhor os modelos físicos e discutam o contexto de validade dos mesmos.

Macêdo *et al.* (2012) relatam o processo de elaboração e aplicação de um roteiro de atividades, dirigido a professores do ensino médio, utilizando-se de simulações computacionais para o aprendizado de temas selecionados sobre Eletromagnetismo. As atividades se desenvolveram com base nos momentos pedagógicos de Delizoicov (2011): problematização inicial; organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. A programação de conteúdos foi

composta por treze atividades sobre circuitos simples e oito atividades sobre ímãs, corrente elétrica e indução eletromagnética. O desenrolar das atividades se apoia nas simulações computacionais desenvolvidas pelo projeto de Tecnologia no Ensino de Física (PhET) da Universidade do Colorado, disponível gratuitamente *on-line*. A análise de dados obtidos por aplicação de questionários de pré e pós-testes, concluiu que as aulas baseadas no simulador computacional, quando bem conduzidas pelo professor, proporcionam um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento, melhorando o processo de ensino aprendizagem.

Silva (2015) investigou como a simulação computacional pode contribuir para a aprendizagem do tema do “efeito fotoelétrico” no ensino médio através do simulador PhET, criando uma sequência didática que utiliza algumas mídias, sendo a simulação parte desta, envolvendo levantamento de conhecimento prévio e a discussão histórico-científica sobre a natureza da luz. O autor conclui que a técnica é viável, constituindo uma boa opção para o ensino do efeito fotoelétrico.

Heckler *et al.* (2007) utilizaram a simulação computacional com parte integrante da criação de um CD-ROM aplicado à área de Óptica. Verificaram ou que o conteúdo ficou mais dinâmico, mais atraente e ilustrado, em relação a aulas tradicionais criando um ambiente de estímulo e motivação. Os autores chegaram à conclusão de que os recursos disponibilizados por novas tecnologias devam ser utilizados como ferramentas auxiliares no ensino das aulas de Física.

No que concerne ao processo de aprendizagem, a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1968) tem sido muito utilizada para fundamentar propostas de ensino de Física (MOREIRA, 2011). Vale destacar dois aspectos importantes da teoria, a ser discutida sucintamente mais adiante. O primeiro é o engajamento do aluno no processo de aprendizagem, ou seja, o discente deve apresentar predisposição ao aprendizado. (MOREIRA, 2011). Para este fim, as TIC's demonstram potencial papel motivador, capaz de gerar interesse e facilitar o engajamento desejado. (PIRES e VEIT, 2006). Além disso, as gerações chamadas “nativo digitais” têm nos ambientes de tecnologia um local de natural trânsito (BARROQUEIRO e AMARAL, 2011). Outro aspecto importante para ocorrência de uma aprendizagem significativa está no fato de o estudo ser potencialmente significativo (MOREIRA, 2011). Isso implica que o material didático deve permitir a

ocorrência da diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. O aluno deve ter a possibilidade de rever e aplicar os conceitos. Neste aspecto, o uso de simulações demonstra grande potencial. (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

Num país como o Brasil, com grandes problemas na área da educação, faz-se necessário lançar um olhar mais atencioso para a educação de jovens e adultos, a qual é historicamente marcada por muitos desafios, desde a época colonial.

Especificamente na Educação de Jovens e Adultos (EJA), a história não só registra os movimentos de negação e de exclusão que atingem esses sujeitos, mas se produz a partir de um direito conspurcado muito antes, durante a infância, esta negada como tempo escolar e como tempo de ser criança a milhões de brasileiros. (PAIVA, 2006 apud CAPUCHO, 2012, p. 64).

É uma necessidade premente das instituições que trabalham com a EJA, oferecer um ensino gratuito, com oportunidades educacionais apropriadas, considerando-se as características, interesses, condições de vida e de trabalho do cidadão. (Brasil, 1996).

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos, a oferta desse ensino deve afastar-se da ideia de compensação e suprimento, e assumir a natureza de reparação, equidade e qualificação. (BRASIL, 2000).

Recomendações internacionais da Conferência de Hamburgo (1997) demonstram que a EJA deve seguir novas orientações devido ao processo de transformações socioeconômicas e culturais ocorrido nas últimas décadas do século XX. O desenvolvimento das sociedades exige de seus membros a capacidade de descobrir e potencializar os conhecimentos e a aprendizagem de forma global e permanente. (UNESCO, 1997).

A rede CEJA desenvolvendo um ensino a distância, através de um ambiente virtual de aprendizagem se encontra em consonância com as demandas educacionais dessa modalidade, na aprendizagem em rede e na aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação. (RIO DE JANEIRO, 2010).

Ao se aplicar essa sequência didática se oferece aos alunos uma oportunidade de aprendizagem transformadora, na qual ele poderá experimentar ações interativas através de simulação, alterar condições de contorno, explorar

diversas combinações de parâmetros e repetir diversas vezes o experimento. (ARANTES *et al.*, 2010).

Buscando avançar num ensino coerente, adequado e de acordo as novas demandas da educação dos alunos da rede CEJA, cria-se essa sequência didática que utiliza uma simulação computacional e roteiros que vão modificar a maneira de estudar assuntos de Física dessa modalidade, possibilitando-se uma interação com a tecnologia educacional, uma maior articulação com seus conhecimentos, valendo-se de uma metodologia de aprendizagem moderna. Para a construção da sequência didática, foi escolhido o fascículo que versa sobre Óptica Geométrica, no entanto este recurso pode ser montado para qualquer dos oito fascículos que compõem a grade de Física da rede CEJA, o que o torna uma ferramenta de grande alcance para modernizar os recursos da plataforma, colocando o professor no papel de desenvolvedor de estratégias adequadas às condições de aprendizagem dos alunos e possibilitando uma avaliação formativa, observando todo o processo de aprendizagem.

A estrutura da presente dissertação está distribuída entre os seguintes capítulos: o capítulo 2 traz a fundamentação teórica do tema, abordando os fenômenos de reflexão e refração, bem como a utilização das TIC's e o conceito de aprendizagem significativa. O capítulo 3 descreve a metodologia utilizada, a motivação para escolha do público e do tema, bem como o uso do PhET, a sequência didática e a avaliação do produto. No capítulo 4 é apresentado um relato dos encontros realizados e a análise das respostas colhidas nos formulários eletrônicos respondidos pelos alunos. O capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os referenciais teóricos que embasaram a elaboração dos produtos educacionais propostos por esta dissertação.

2.1 Refração da Luz e Formação de Imagens

Para a finalidade deste trabalho usamos a representação de uma onda luminosa por meios de raios, ao invés de frentes de onda. Sabemos que os raios foram o primeiro modelo proposto para descrever a luz, estabelecido pelo Físico inglês Isaac Newton em 1672 antes de a natureza ondulatória estar estabelecida por Christian Huygens, que não foi imediatamente aceita.

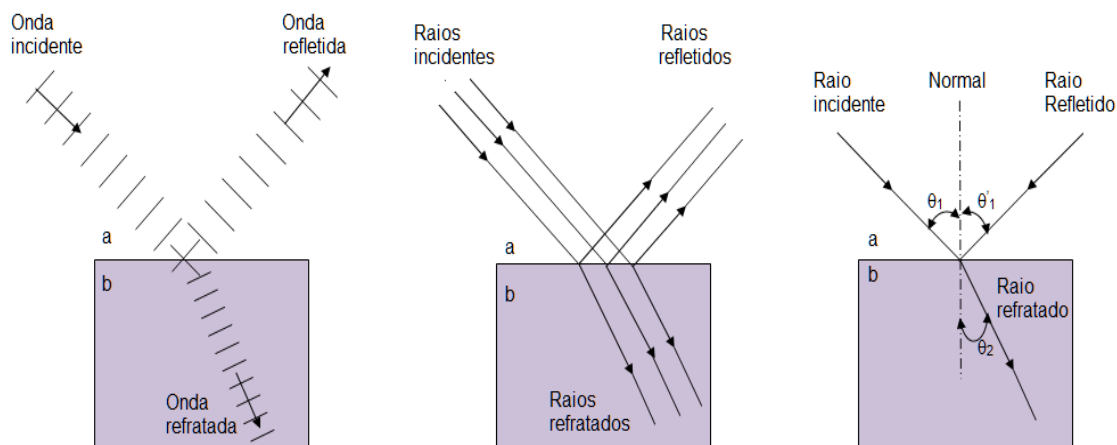
No modelo corpuscular, o raio é uma trajetória seguida por um corpúsculo de luz enquanto que o modelo ondulatório o raio é uma linha imaginária na direção de propagação da onda, sendo assim, os raios das frentes de ondas são retas perpendiculares às frentes de onda, como ilustrado na figura 1.

Tanto no meio isotrópico homogêneo quanto na formação de dióptro com esses meios, os raios são linhas retas perpendiculares às frentes de onda. Mesmo em um meio não homogêneo, como o ar atmosférico onde a densidade e a velocidade variam com a altura, os raios se curvam permanecendo perpendiculares às frentes de ondas.

As condições de utilização dos meios materiais ópticos deste estudo considera que as superfícies são lisas e que suas irregularidades são pequenas em comparação com o comprimento de onda e parte dela é refletida e a outra parte é transmitida para o segundo meio.

Para o desenvolvimento deste produto com observação aos fenômenos de reflexão e refração, foi utilizado apenas um raio em cada em cada feixe de luz de sua respectiva frente de onda. Desta forma temos a base da Ótica Geométrica, cujos fenômenos citados anteriormente podem ser entendidos sem que haja necessidade de recorrer ao estudo ondulatório da luz neste momento.

Figura 1 – Reflexão e Refração.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Adaptada de Sears, F; Zemansky, M.W; Young H.D, 1994, p. 794.

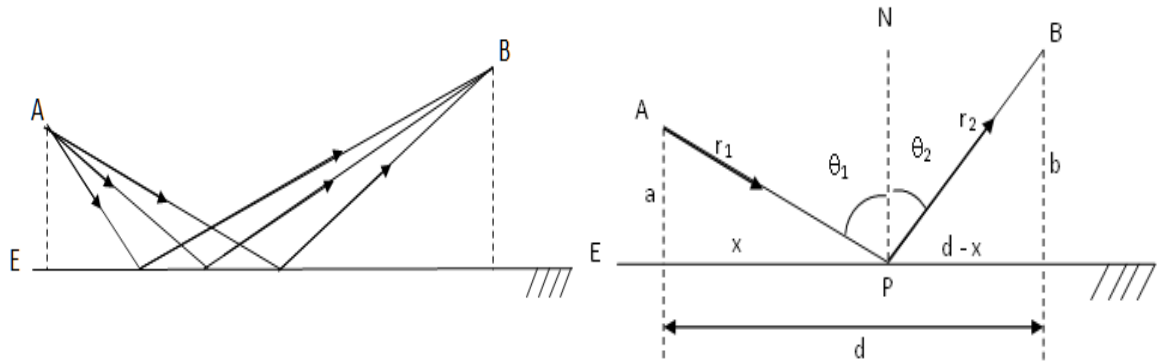
As direções dos feixes de luz incidentes, refletidos e refratados são medidas em relação à reta normal com relação à superfície, no ponto de incidência, e para representar o estudo experimental utiliza-se apenas um raio. São observadas as seguintes leis:

Lei da Reflexão

1. Os raios incidentes, refletidos e refratados, e a reta normal são coplanares;
2. O ângulo de reflexão, θ_1 , é igual ao ângulo de incidência, θ'_1 .

O fenômeno da reflexão também pode ser estudado utilizando-se o Princípio de Fermat, baseado na ideia de que “a natureza sempre atua pelo caminho mais curto”. (FERMAT, 1957 apud NUSSENZVEIG, 1998, p. 11). O enunciado do Princípio de Fermat é: de todos os caminhos possíveis para ir de um ponto a outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mínimo.

Figura 2 – Reflexão da luz por um espelho.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Courrol, L. C; Preto A.P, 2011, p.19.

Observando-se a figura 2, nota-se que existem várias trajetórias possíveis para um raio de luz seguir do ponto *A* ao ponto *B* por reflexão no plano especular. Pelo Princípio de Fermat, um raio de luz percorre o trajeto entre dois pontos determinados levando sempre o menor tempo possível. A figura e o teorema de Pitágoras mostram que o comprimento do trajeto de *A* até o ponto *P* de reflexão no espelho, é

$$r_1 = \sqrt{a^2 + x^2} \quad (1)$$

e que o comprimento do trajeto até o ponto *B* é igual a:

$$r_2 = \sqrt{b^2 + (d - x)^2} \quad (2)$$

O tempo de trânsito para ir de *A* até *B* é a soma dos tempos gastos pelos raios incidentes e refletidos:

$$t = t_{AP} + t_{PB} = \frac{r_1}{v} + \frac{r_2}{v} = \frac{r}{v} \quad (3)$$

No caso da luz, propagando-se com velocidade *v*, ao longo do trajeto de *A* a *B*, o tempo gasto necessário é o comprimento total do trajeto dividido por *v*. Assim,

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + x^2} + \sqrt{b^2 + (d - x)^2}}{v} \quad (4)$$

Como o valor de t depende de x , o cálculo diferencial mostra que, se houver um valor de x que minimize t , então dt/dx será igual a zero. Logo, é possível calcular a derivada, de acordo com Fermat, obtendo:

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{v} \frac{dr}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{dt}{dx} = \frac{1}{v} \left[\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{d-x}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \right] \quad (5)$$

Igualando a derivada a zero, resulta

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \frac{(d-x)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} \quad (6)$$

O lado esquerdo dessa igualdade é exatamente $\sin(\theta_1)$, e o lado direito é exatamente $\sin(\theta_2)$. Portanto, tem-se que:

$$\sin(\theta_1) = \sin(\theta_2) \rightarrow \theta_1 = \theta_2 \quad (7)$$

Isto significa que, na reflexão, o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

As teorias corpuscular e ondulatória não estão dissociadas, mas sim combinadas. É possível se chegar à lei da refração tanto pelo princípio de Fermat quanto pelo princípio de Huygens.

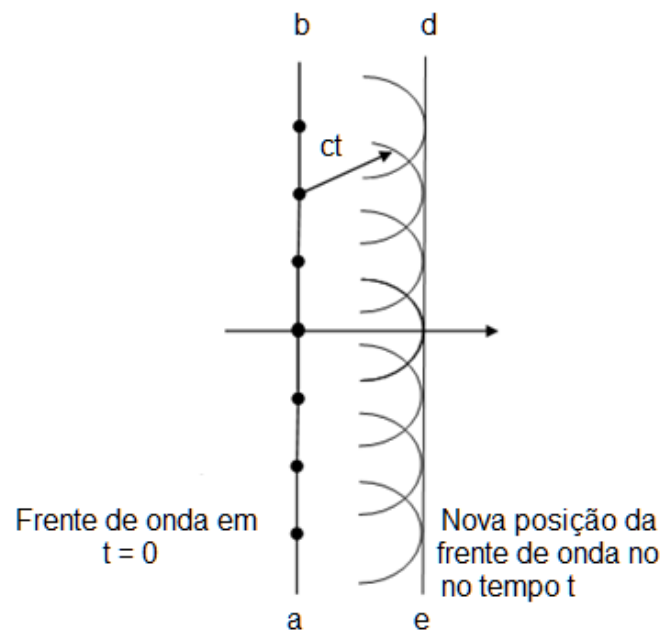
Lembrando o princípio de Huygens para deduzir a lei da refração, este observa que:

Todos os pontos de uma frente de onda funcionam como fontes pontuais para ondas secundárias. Depois de um tempo t , a nova posição da frente de onda será dada por uma superfície tangente a essas ondas secundárias. (HUYGENS, 1678, apud HALLIDAY et al., 1995, p. 62).

A onda plana representada na figura 3 por (ab) está viajando para direita no espaço livre (vácuo). Ela estará à frente após um intervalo de tempo t , de tal forma que os pontos do plano (ab) funcionem como fontes pontuais de ondas secundárias. Passado um tempo t , o raio dessas ondas esféricas é (ct) , onde c é a velocidade da luz no espaço livre. O plano tangente a essas esferas no tempo t é o plano (de) . Este plano é a frente de onda da onda plana no tempo t ; ele é paralelo ao plano (ab)

a uma distância (ct) desse plano. Assim, as frentes de onda de uma onda plana se propagam como planos, com velocidade c .

Figura 3 – Propagação de uma onda plana no espaço livre, de acordo com o princípio de Huygens.

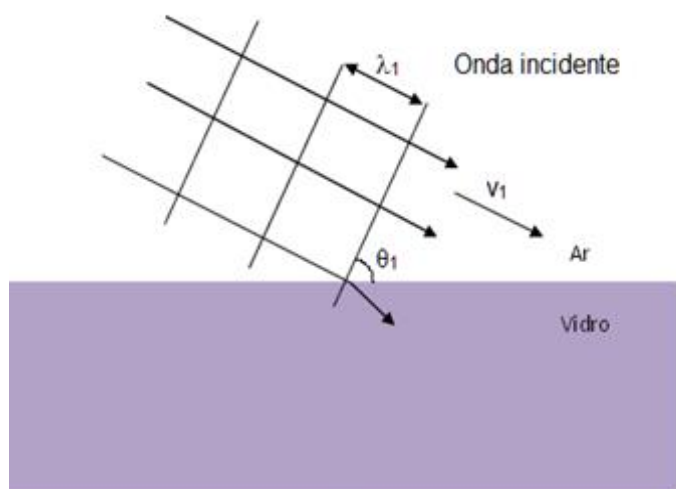


Fonte: Elaborada pelo autor, 2018
Baseada em Halliday, D., Resnick, R., Walker, 1995, p.62

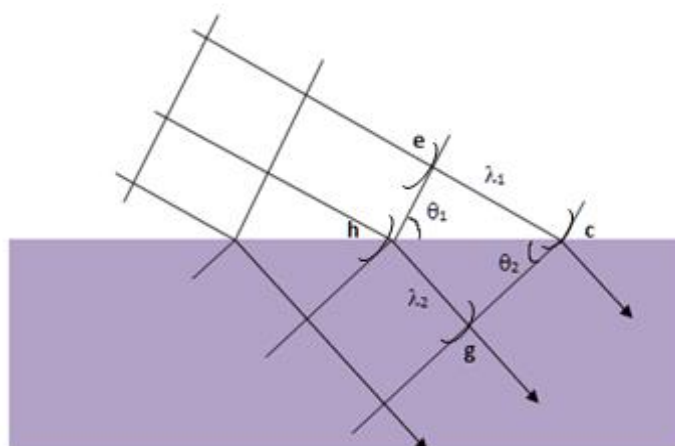
A Lei da Refração

Utilizando-se três estágios da refração de várias frentes de onda em uma interface plana entre o ar (meio 1) e o vidro (meio 2), representado na figura 4 - a, escolhe-se arbitrariamente frentes de onda do feixe incidente separadas por uma distância, o comprimento de onda no meio 1; considerando que a velocidade da luz no ar seja v_1 e que a velocidade da luz no vidro seja v_2 , sendo $v_2 < v_1$ (situação real).

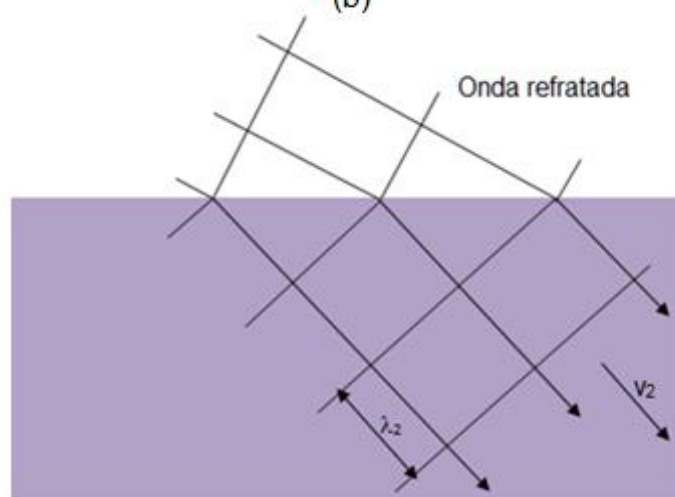
Figura 4 – Estágios da refração de várias frentes de onda em uma interface plana entre o ar (meio 1) e o vidro (meio 2).



(a)



(b)



(c)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Adaptado de Halliday, D., Resnick, R., Walker, 1995, p .62

Usando a geometria plana, vê-se que o ângulo θ_1 entre a frente de onda e a superfície é o ângulo de incidência na figura 4 - a. O tempo ($= \lambda_1/v_1$) que uma onda secundária de Huygens leva para ir do ponto e da figura 4 - b até o ponto c é igual ao tempo ($= \lambda_2/v_2$) que uma onda secundária no vidro leva para ir, com uma velocidade menor, v_2 , do ponto h até o ponto g . Igualando-se esses tempos, obtém-se a relação que mostra que os comprimentos de onda da luz nos diferentes meios são proporcionais às velocidades da luz nesses meios.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (8)$$

A frente de onda da onda refratada deve ser tangente a um arco de raio λ_2 com centro em h . Como c está sobre a nova frente de onda, a tangente também deve passar por este ponto. Observa-se que θ_2 , o ângulo entre a frente de onda refratada e a superfície, é também o ângulo de refração.

Para os triângulos retângulos hce e hcg pode-se escrever

$$\text{sen}\theta_1 = \frac{\lambda_1}{hc} \text{ (para o triângulo } hce) \quad (9)$$

$$\text{e } \text{sen}\theta_2 = \frac{\lambda_2}{hc} \text{ (para o triângulo } hcg). \quad (10)$$

Dividindo-se a equação (9) pela equação (10) e utilizando-se a equação (8), tem-se:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (11)$$

Pode-se definir um **índice de refração** para cada meio como razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio. Assim, $n = \frac{c}{v}$ (índice de refração). (12)

Para os dois meios, resulta que:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \text{ e } n_2 = \frac{c}{v_2} \quad (13)$$

Combinando-se as equações 11 e 13, então tem-se:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (14)$$

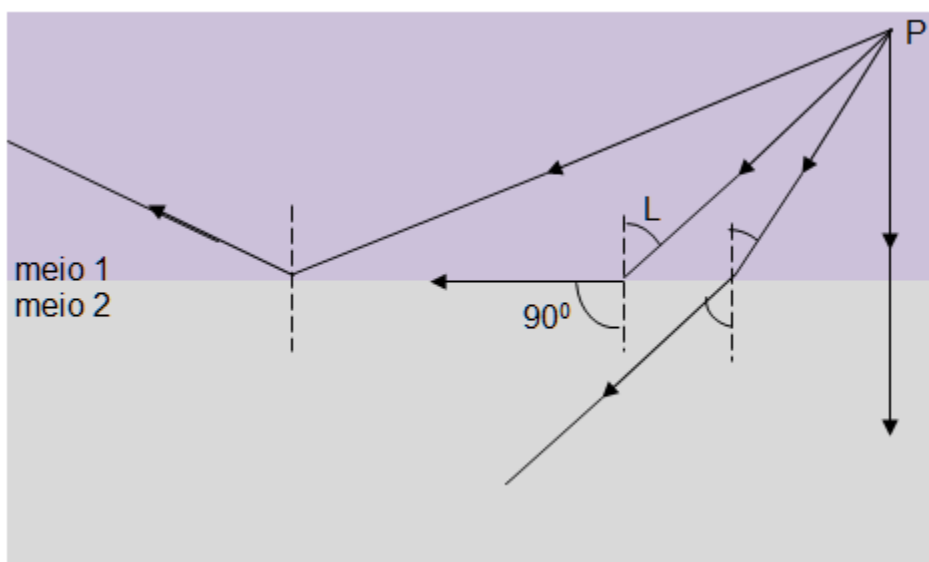
$$\text{Ou } n_1 \cdot \text{sen}\theta_1 = n_2 \cdot \text{sen}\theta_2 \text{ (Lei da refração).} \quad (15)$$

2.1.1 Ângulo-limite e Reflexão total

Foi visto anteriormente que quando a luz incide na interface de um dióptro, ocorre, em geral, tanto a refração quanto a reflexão. Para dado dióptro e determinado pincel de luz incidente, a quantidade de luz refletida é tanto maior quanto maior o ângulo de incidência.

Tome-se agora um dióptro, onde um pincel cilíndrico de luz monocromática dirige-se de um meio mais refringente para outro menos refringente, como ilustrado na figura 5. A medida que aumentamos o ângulo de incidência, há um aumento na quantidade de luz refletida e uma redução na quantidade de luz refratada, enquanto o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração aumenta, mas a quantidade de luz refratada é cada vez menor. Veja-se a figura abaixo:

Figura 5 – Vários raios divergindo de uma fonte puntiforme P.



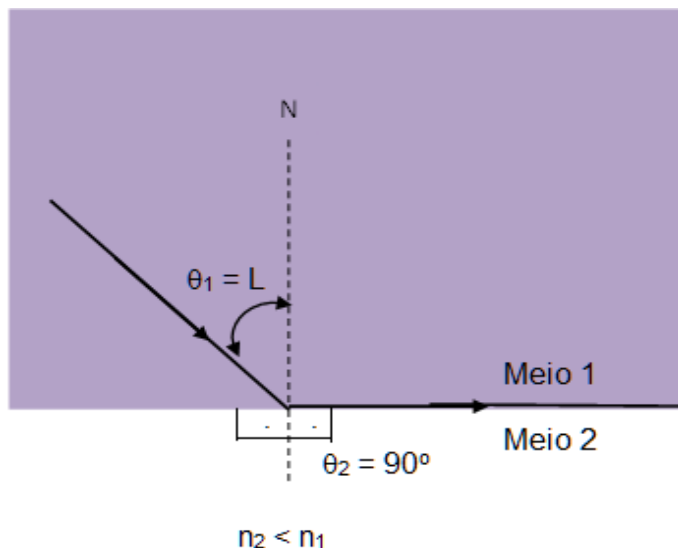
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Baseada em Sears, F; Zemansky, M.W; Young H.D, 1994, p.797.

Quando o ângulo de incidência tende a um valor L , denominado ângulo-limite, o ângulo de refração tende a 90° , mas a quantidade de luz refratada tende a zero. Atingindo esse ângulo-limite, não mais ocorre refração, e a luz incidente é totalmente refletida.

2.1.2 Cálculo do ângulo-limite

Figura 6 – Ângulo Limite



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Baseada em Gualter, J.B; Bôas, N.V; Doca, R.H, 2007, p.353

Tem-se, pela lei de Snell:

$n_1 \cdot \text{sen} \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen} \theta_2$, fazendo $\theta_1 = L$ e $\theta_2 = 90^\circ$, advindo daí que:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \text{sen} L &= n_2 \cdot \text{sen} 90^\circ \\ \text{sen} L &= \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} \end{aligned} \quad (16)$$

É necessário observar que a ilustração do raio rasante na figura 6, comumente encontrada em livros, experimentalmente não existe. E por outro lado, de uma consideração teórica, ele contraria o princípio da reversibilidade da luz. Mas, para que se possa resolver questões propostas em livros didáticos e avaliações de Física, é preciso considerar que ele existe.

Resumindo-se então, as condições para que ocorra a reflexão total é que a luz deve-se dirigir do meio mais refringente para o meio menos refringente, sendo que o ângulo de incidência deve ser igual ou superior ao ângulo limite do dióptro.

A reflexão interna total tem aplicações importantíssimas na área da medicina e das telecomunicações.

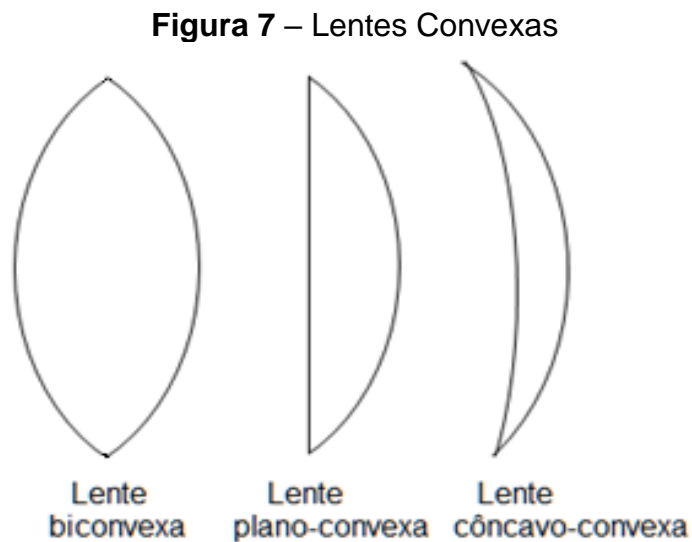
2.2 Formações de imagens por lentes esféricas

2.2.1 Lentes

Uma lente esférica é um corpo transparente, geralmente fabricado em vidro, cristal ou acrílico, constituído por dois dioptrios esféricos ou um dioptrio esférico e um plano, nos quais a luz sofre duas refrações.

As lentes são classificadas em duas categorias, dependendo da espessura da região periférica quando comparadas à espessura da região central, denominadas lentes côncavas e lentes convexas.

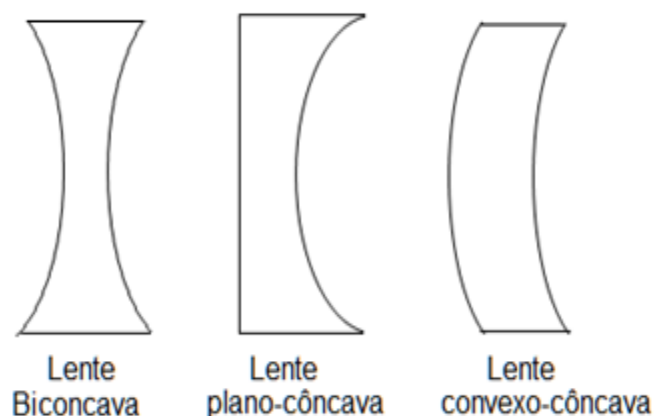
Existem três tipos de lentes convexas, ilustradas na figura 7 abaixo:



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p. 55.

E três tipos de lentes côncavas, ilustradas na figura 8:

Figura 8 – Lentes Côncavas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto, A. O, 2011, p. 55.

Observa-se que a nomenclatura das lentes esféricas é realizada indicando-se em primeiro lugar a natureza da face de maior raio de curvatura. Por exemplo, na lente convexo-côncava, a face convexa apresenta maior raio de curvatura.

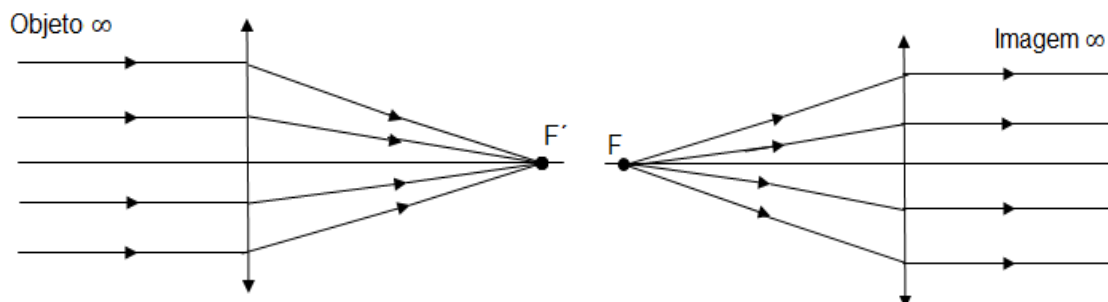
Quanto ao comportamento óptico, as lentes esféricas podem ser convergentes ou divergentes.

Convergentes

Quando um feixe de raios paralelos ao eixo principal incide sobre uma lente convergente, ele emerge convergindo os raios de luz em direção a um ponto denominado foco imagem.

A distância do foco à lente é chamada de distância focal, e indica o ponto onde está localizada a imagem com relação a um objeto situado no infinito. Como a lente possui dois dióptros, existe um segundo foco denominado foco objeto, como ilustrado na figura 9.

Figura 9 – Foco imagem F' e Foco objeto F em lentes convergentes.

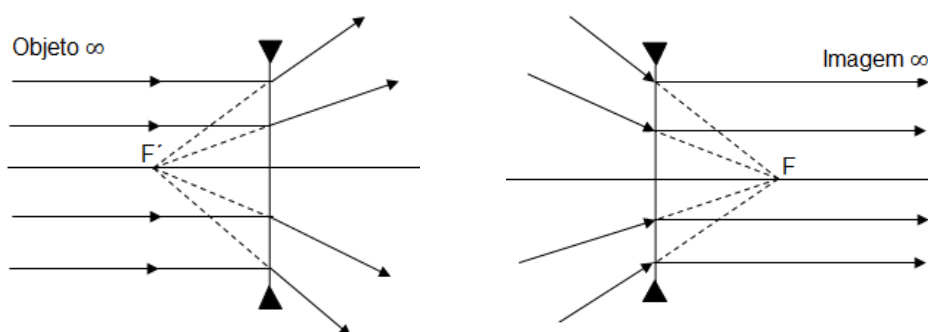


Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p. 56.

Divergentes

Quando um feixe de raios de luz paralelos ao eixo principal incide em uma lente divergente, ele emerge divergindo os raios de luz, e prolongando esses raios divergentes obtém-se o foco imagem por intercessão dos mesmos. O foco objeto da lente divergente também é obtido por prolongamento dos raios incidentes, como ilustrado na figura 10.

Figura: 10 – Foco imagem F' e Foco objeto F em lentes divergentes.



Fonte: Elabora pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto,A. O, 2011, p.57.

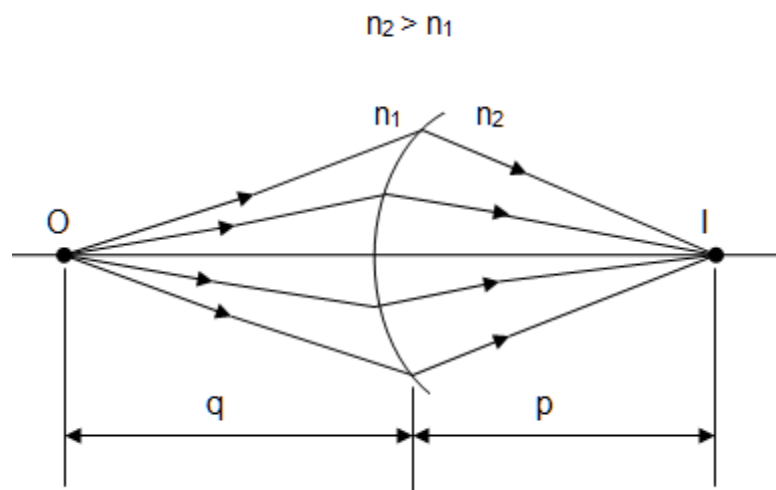
É importante salientar que tais comportamentos destacados levam em conta que as lentes estão imersas em meios com índice de refração menor que o existente na lente. Por isso, as lentes que têm comportamento convergente, conhecidas como lentes de bordas finas, podem ser: biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa. E

as lentes que apresentam comportamentos divergentes, conhecidas como bordas grossas, são: bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava.

2.2.2 Refração em uma superfície esférica

Os raios luminosos provenientes de um objeto puntiforme O são interceptados por uma superfície refratora esférica, convexa, de raio de curvatura r . A superfície separa dois meios: o meio contendo a luz incidente tem índice de refração n_1 , e o outro meio tem índice de refração n_2 , maior. Depois de refratado pela superfície, os raios se combinam para formar uma imagem real I , à uma distância p da superfície ao longo do eixo central, conforme mostra a figura 11.

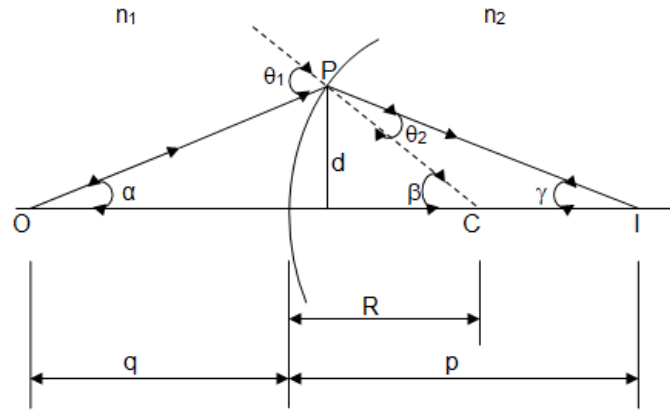
Figura 11 – Imagem formada por refração numa superfície esférica.



Fonte: elabora pelo autor, 2018.
Baseada em Currol,L.C; Preto,A.O, 2011, p.59.

Utilizando-se apenas um raio partindo de O e passando por I , vamos analisar a construção figura 12.

Figura 12 – Geometria para dedução da equação (25)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p.59.

Pela Lei de Snell, tem-se que:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (17)$$

Usando-se as aproximações $\sin \theta_1 \sim \theta_1$ e $\sin \theta_2 \sim \theta_2$ (para ângulos pequenos e em radianos), a Lei de Snell, fica assim representada:

$$n_1 \theta_1 = n_2 \theta_2 \quad (18)$$

Aplicando-se o teorema do ângulo externo nos triângulos OPC e PIC na figura 12,

$$\theta_1 = \alpha + \beta \quad (19)$$

$$\beta = \theta_2 + \gamma \quad (20)$$

E combinando-se as três últimas igualdades, resulta:

$$\begin{aligned} n_1(\alpha + \beta) &= n_2(\beta - \gamma) \\ n_1 \alpha + n_1 \beta &= n_2 \beta - n_2 \gamma \\ n_1 \alpha + n_2 \gamma &= (n_2 - n_1) \beta \end{aligned} \quad (21)$$

Utilizando-se ainda as aproximações para pequenos ângulos $\tan \theta \sim \theta$, obtêm-se que:

$$\alpha = \frac{d}{q} \quad (22)$$

$$\beta = \frac{d}{R} \quad (23)$$

$$\gamma = \frac{d}{p} \quad (24)$$

Substituindo-se as equações 22, 23 e 24 na equação 21 acima e dividindo-se por d obtêm-se:

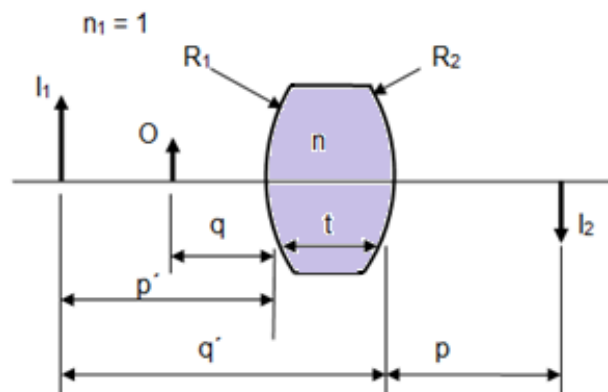
$$\frac{n_1}{q} + \frac{n_2}{p} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \quad (25)$$

2.2.3 Equação dos fabricantes de lentes

Atribuída ao astrônomo inglês Edmond Halley (1656 – 1742), a equação dos fabricantes de lentes permite calcular a abscissa focal de uma lente, sendo conhecido seu índice de refração em relação ao meio externo e os raios de curvatura de suas faces.

A ideia essencial para localizar a imagem final de uma lente é usar a imagem formada por uma superfície refratora como objeto de uma segunda superfície refratora.

Figura 13 – Desenho esquemático para dedução da Equação de Halley.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Baseada em Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p.60.

Seja uma lente com um índice de refração n , e limitada por duas superfícies esféricas de raios de curvatura R_1 e R_2 , como mostra a figura 13. Um objeto é colocado no ponto O a uma distância q em frente da primeira superfície refratora. Neste exemplo, q foi escolhida de modo a formar-se uma imagem virtual I_1 , localizada à esquerda da lente. Esta imagem é usada como o objeto de segunda superfície, de raio R_2 , o que leva à formação de uma imagem real I_2 .

A equação da superfície refratora esférica fornece que:

$$\frac{n_1}{q} + \frac{n_2}{p} = \frac{(n_2 - n_1)}{R} \quad (25)$$

Considerando $n_1 = 1$, verifica-se que a imagem formada pela primeira superfície obedece à equação

$$\frac{1}{q} + \frac{n}{p'} = \frac{(n-1)}{R_1} \quad (26)$$

Utilizando-se a segunda superfície e tomando-se $n_1 = n$ e $n_2 = 1$, a luz se aproxima da segunda superfície refratora como se partisse da imagem, I_1 , formada pela primeira superfície refratora. Tomando q' como a distância do objeto e p como a distância da imagem, ambas à segunda superfície, obtém-se:

$$\frac{n}{q'} + \frac{1}{p} = \frac{(1-n)}{R_2} \quad (27)$$

Entretanto, $q' = -p' + t$, onde t é a espessura da lente (note que p' é um número negativo e que q' tem de ser positiva pela convenção de sinais). No caso de uma lente delgada, pode-se desprezar t . Com esta aproximação e pela figura 13, percebe-se que $q' = -p'$. Logo, a equação (27) fica:

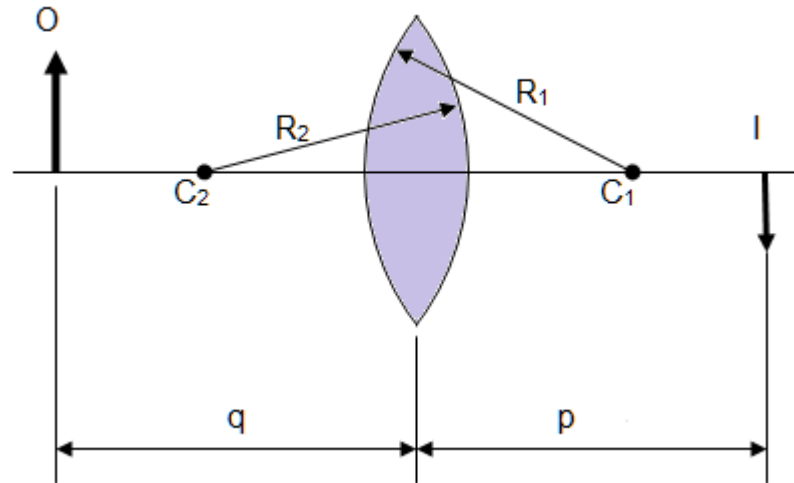
$$\frac{n}{-q'} + \frac{1}{p} = \frac{(1-n)}{R_2} \quad (28)$$

Somando (26) e (28), encontra-se a equação dos fabricantes de lentes:

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (29)$$

2.2.4 Aproximação de lentes delgadas

Figura 14 – Lente biconvexa.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Adaptada de Serway, R.A, 1996, p.342.

No caso de uma lente delgada pode-se simbolizar por q a distância do objeto e por p a distância da imagem, como na figura 14. Então, é possível escrever:

$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (30)$$

Esta expressão, que relaciona a distância da imagem p , formada por uma lente delgada, com a distância do objeto q e com as propriedades da lente delgada é válida quando os raios são paraxiais e quando a espessura da lente for pequena em relação aos raios R_1 e R_2 .

Como já foi definida a distância focal f de uma lente delgada como a distância da imagem de um objeto no infinito, vê-se que, se $q \rightarrow \infty$, então $f = p$. Portanto, o inverso da distância focal de uma lente delgada é dado por:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (31)$$

Logo, pode-se estabelecer a equação 32, conhecida como Equação de Gauss,

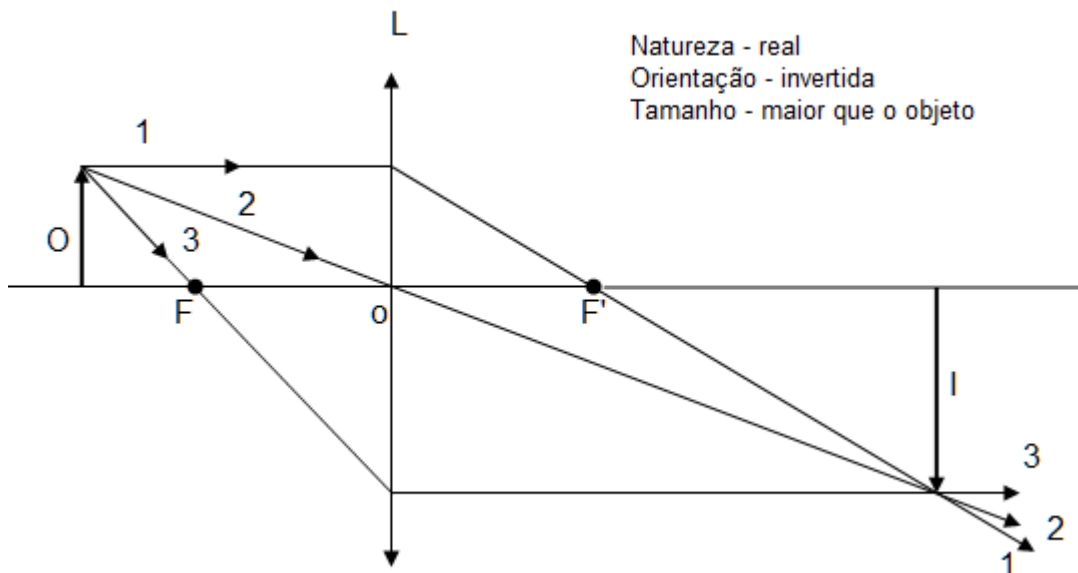
$$\frac{1}{q} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f} \quad (32)$$

2.2.5 Formação de imagens por lentes delgadas

São utilizados três raios traçados a partir do objeto para a construção de imagens nessas lentes:

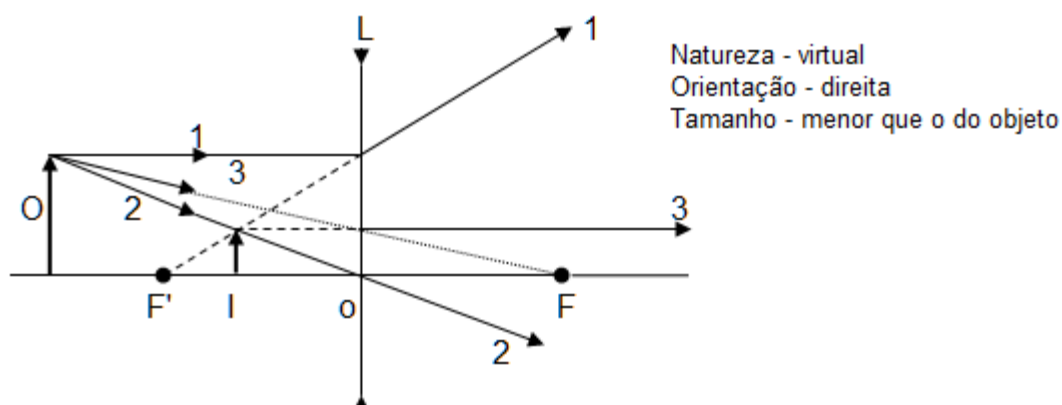
- 1º - O raio que incide paralelamente ao eixo principal refrata passando pelo foco imagem F' ;
- 2º - O raio que incide passando pelo centro óptico da lente O não sofre desvio;
- 3º - O raio que incide passando pelo foco objeto F que refrata paralelamente ao eixo principal.

Figura 15 - Construção de imagem em uma lente convergente.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Adaptada de Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p.62

Figura 16 - Construção de imagem em uma lente divergente.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Adaptada de Currol, L.C; Preto, A.O, 2011, p.62

A situação apresentada figura 15 para uma lente convergente é o esquema de um projetor de filmes ou slides.

Para uma lente divergente na figura 16, a imagem formada no prolongamento dos raios refratados. As características das imagens obtidas de um objeto real por uma lente divergente, para qualquer posição, são sempre as mesmas, ou seja, virtual, menor que o do objeto e direita.

2.3 TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Atualmente, é muito difícil não imaginar a educação sem o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's). A sociedade atingiu tamanho nível de dependência dessas tecnologias, que qualquer pessoa hoje em dia necessita, em algum grau, fazer uso dessas ferramentas modernas em suas atividades cotidianas, seja no envio de um *e-mail*, para solicitar uma segunda via de documento, assistir a um vídeo, ouvir música, ou para se informar através de uma plataforma.

Na educação não é diferente. Com o desenvolvimento dos computadores e de toda a tecnologia ao seu entorno, é impossível imaginar o ensino sem esses recursos da atualidade. O termo TIC não está associado apenas a computadores e seus recursos, mas a todos os instrumentos de informática que possibilitam acesso às informações, como *internet*, base de dados, ou aqueles que transformam ou

produzam novas informações, como imagens, sons, documentos de hipermídia ou multimídia e hipertextos. (PONTE, 2002).

Há, atualmente, uma variedade de recursos educacionais disponíveis na *internet*, seja na educação presencial ou à distância. São as ferramentas computacionais que auxiliam na confecção de gráficos e tabelas, em simulações computacionais de alta qualidade em diversas áreas, e também em repositórios com recursos digitais de diferentes formatos, quer em áudio, vídeo ou animação.

Através da TIC é possível criar conteúdos de aprendizagem interativos, usar programas de simulação e modelagem computacional, realizar experimentos que, em outros tempos, seriam viáveis apenas em laboratório, possibilitando um aprimoramento da aprendizagem com a participação ativa do aluno no processo de construção, ressignificando o conceito mesmo de produção de conhecimento.

Alguns artigos encontrados em revistas especializadas em ensino de física corroboram com a ideia acima, como por exemplo, a proposta do uso de TIC's para motivar e ampliar o aprendizado (PIRES e VEIT, 2006). Nesse trabalho, os autores relatam a experiência didática de aplicação das TIC's no ensino de física em nível médio, com objetivo de melhorar a aprendizagem e obter ganhos na produção do conhecimento. O trabalho foi desenvolvido através da plataforma de ensino Ambiente Virtual de Aprendizagem (TelEduc) e inserido em sítio sobre gravitação e temas afins, tais como em ilustrações, questionários e principalmente simulações interativas.

O ambiente virtual de aprendizagem utilizado (AVA-TelEduc) abarca várias possibilidades de interação estudante – conhecimento – professor, utilizando recursos de TIC's (hipertextos e simulações interativas *applet-java*) e comunicação (plataforma de educação à distância com fórum de discussão, diário de bordo e correio eletrônico).

Foi adotado como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria de educação de Novak. A implementação ocorreu em duas turmas da primeira série do ensino médio, com participação de sessenta e oito estudantes durante quatro semanas.

No laboratório de informática da escola, foram desenvolvidas as atividades propostas do TelEduc sobre os temas abordados no sítio de gravitação e conteúdos

afins. As atividades constaram de leituras de partes de hipertextos e de exploração de simulações interativas, com respostas que deveriam ser postadas nos portfólios individuais. Os conteúdos aprendidos serviriam de subsídios nos fóruns de discussão realizados. A interação entre professor-coordenador de curso e os estudantes ocorreu de forma virtual e assíncrona, porém, de maneira intensiva e sistemática, via mensagens eletrônicas, em todos os fóruns de discussão.

Além de conseguirem viabilizar a proposta de aumento virtual de carga horária da Física, houve ganhos importantes como o aumento da motivação dos estudantes, que segundo Ausubel e Novak é fundamental para aprendizagem significativa.(MOREIRA, 2011). O tema gravitação que é pouco explorado pode ser desenvolvido de maneira fortemente associada à Astronomia, e contextualizado com os eventos astronômicos. Verificou-se que as simulações interativas podem ser uma alternativa complementar às escassas aulas experimentais, sendo de extrema valia para a compreensão dos fenômenos que se deseja investigar. Por fim, as atividades motivaram os estudantes a se envolverem com a informática e fazerem uso da *web* para o seu aprendizado, mostrando que o uso das TIC'S pode melhorar o ensino de Física.

O uso de simulações também foi estudado por Heckler e colaboradores (HECKLER et al., 2007). Os autores relatam o desenvolvimento e aplicação de um *CD-ROM* de óptica para o ensino médio, cobrindo todos os conteúdos usualmente vistos nessa disciplina. O material contém, além de textos didáticos escritos em linguagem *HTML*, 77 animações e 64 imagens, entres figuras geradas no computador e fotos com câmera digital, assim como 13 simuladores (*JavaApplets*) disponíveis na *internet*. Os autores comentam sobre a aplicação e a boa recepção do material por 40 alunos pertencentes a duas turmas de 3ª do ensino médio.

No artigo de Heckler e colaboradores é relatada a falta de uma metodologia moderna no sentido pedagógico e tecnológico como uma das causas do fracasso no ensino de Física. Os autores destacam o uso de tecnologias educacionais usadas em diversos trabalhos de ensino de Física, quando notaram que a área de Óptica é pouco explorada. E ainda atualizaram o conteúdo, fazendo uma ponte entre a Física clássica e a Física Moderna, que se apresenta de forma gradual no currículo de ensino médio. A linha de desenvolvimento pedagógica utilizada foi a construtivista

cognitivista, cujo ensino inicia-se na figura do educador e evolui para o descobrimento e construção de conhecimentos pelos estudantes, ambos auxiliados pelo material proposto, buscando auxiliar a aprendizagem significativa.

Na implantação do *CD-ROM* desenvolvido por Heckler e sua equipe, foram explorados os ambientes do laboratório de informática, o laboratório de Física, a própria sala de aula e o livro didático, além de outras referências para o aprofundamento dos conteúdos e resolução de questões, dando preferência sempre ao trabalho em dupla, estimulando a troca de informações entre aluno-aluno e professor-aluno, favorecendo as interações sociais. Foi constatado um aumento do interesse dos alunos pelas aulas no laboratório de informática e a redução de problemas recorrentes em sala de aula, como conversas, atrasos e participação dos alunos em aulas de Física de outras turmas que não fizeram uso do laboratório de informática. Os alunos foram consultados sobre as vantagens e desvantagens do uso do material durante a sua aplicação e se manifestaram de forma espontânea.

Após avaliação sobre o uso do material em sala de aula, os docentes chegaram à conclusão de que:

- O conteúdo de óptica ficou mais atraente e ilustrado do que na apresentação de simples exercícios e descrição de fenômenos em aulas tradicionais;
- O uso de simulações e animações permitiu uma abordagem de um número maior de fenômenos num intervalo de tempo menor;
- Os materiais aplicados proporcionaram um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento no processo de ensino/aprendizagem, com participação ativa dos alunos na aquisição de informação e construção do conhecimento.

Entretanto, algumas desvantagens foram verificadas pelos desenvolvedores do *CD-ROM* e também pelos alunos, no que diz respeito à distração no uso do computador como recurso didático. O forte apelo oferecido pelas imagens móveis desestimula a leitura de textos explicativos, levando os alunos a se aterem apenas às imagens e simulações. Pode tender também a desviar a atenção das turmas do assunto principal da aula, pelo fato de possibilitar o acesso a outros recursos disponibilizados pelo computador, às vezes mais atraentes que a própria aula.

Contudo, os autores acreditam que os recursos de novas tecnologias devem ser utilizados como ferramenta auxiliar no ensino das aulas de Física, constituindo

uma ferramenta a mais no processo ensino/aprendizagem, devendo se aliar aos recursos já existentes.

Cabe ao professor, a dosagem do tempo de uso de cada recurso e a criação de um espaço onde o aluno possa perguntar, debater, refletir, pesquisar, e onde ambos se sintam responsáveis pelo ensino / aprendizagem. Os autores consideram ainda que o material não pode ser encarado como acabado, devendo ser melhorado ainda mais.

Como se vê, as TIC's são ferramentas de grande utilidade para enfrentar as dificuldades no ensino de física em salas de aula.

2.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Nesta seção, apresenta-se uma breve descrição sobre a base teórica na qual se apoia este trabalho, e que constitui a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (AUSUBEL, 1968). Destacam-se aspectos gerais e introdutórios, os quais podem potencializar a aprendizagem efetiva em detrimento da aprendizagem mecânica. Para isso, discorre-se sobre o conceito de subsunçores e organizadores prévios, e como esses elementos se apresentam na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

Na década de 1960, David Ausubel, um representante do cognitivismo, propôs a Teoria da Aprendizagem Significativa, a qual enfatiza a aprendizagem de significados como sendo aquela mais relevante para os seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva, e, desse modo, a humanidade tem dela se valido para transmitir as informações ao longo das gerações. (TAVARES, 2004).

Destaca-se, ainda, que aprender receptivamente significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender, e que isso não implica passividade; pelo contrário, a aprendizagem significativa receptiva requer muita atividade cognitiva para relacionar, interativamente, os novos conhecimentos com aqueles já existentes na estrutura cognitiva, envolvendo processos de captação de significados, ancoragem, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. (MOREIRA, 2011).

A diferenciação progressiva ocorre quando se parte de uma ideia mais geral e inclusiva para uma ideia menos inclusiva, de um princípio programático da matéria de ensino e, progressivamente, diferenciado ao longo do processo.

Do ponto de vista cognitivo, é o que acontece com determinado subsunçor, à medida que serve de ancoradouro para novos conhecimentos em um determinado processo interativo e dialético.

A reconciliação integrativa é outra maneira de propiciar a aprendizagem significativa, sob um ponto de vista instrucional, devendo, também, explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Do ponto de vista cognitivo, é a recombinação de elementos previamente existentes já estabelecidos na estrutura cognitiva.

Dessa forma, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são dois processos simultâneos da dinâmica da estrutura cognitiva. Por meio desses processos, o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva em determinado campo de conhecimentos.

Hierarquicamente, significa que alguns subsunçores são mais gerais, mais inclusivos que outros, mas essa hierarquia não é permanente; à medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a estrutura cognitiva vai mudando.

Segundo informa Moreira (2011), David Ausubel (1918-2008) considerava a aprendizagem um processo por meio do qual uma nova informação se relacionava a um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo; esse processo, no entender de Ausubel, envolvia a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento própria, a qual o autor definia como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, encontrado na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. (MOREIRA, 2011).

Conforme o exposto, a aprendizagem para ser significativa deve estar baseada, ancorada, em conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo essa o fator isolado que mais influencia a aprendizagem. Os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva individual serão

transformados através da interação com os conhecimentos novos, de forma não literal e não arbitrária. No decorrer do processo, os novos conhecimentos adquirem significado, e os conhecimentos prévios alcançam maior estabilidade cognitiva.

A atenção de Ausubel era voltada totalmente para o cotidiano escolar. Existem três requisitos fundamentais para a aprendizagem significativa: oferta de um material a ser aprendido/novo conhecimento estruturado de maneira lógica, denominado de material potencialmente significativo; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilitem a conexão com o novo conhecimento adquirido e a atitude explícita/vontade de aprender do aprendiz, com a responsabilidade do professor em despertar o interesse em aprender do aluno.

Os conhecimentos prévios citados na aprendizagem significativa são chamados por Ausubel de 'subsunçores' ou 'ideias-âncora'.

Subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico existente na estrutura da gnose do indivíduo, que permite dar significado a um novo saber que lhe é apresentado ou é por ele descoberto.

Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (MOREIRA, 2011).

Estudantes interessados em aprendizagem significativa podem fazer a seguinte pergunta: E se o aprendiz não possui subsunçores adequados para uma ancoragem dos novos conhecimentos?

Ausubel propõe o uso de organizadores prévios na facilitação da aprendizagem significativa, que são recursos instrucionais para aqueles alunos desprovidos de subsunçores adequados para dar significado aos novos conhecimentos. Não há definição específica precisa do que sejam organizadores prévios, pois ela depende de cada caso, mas podem ser citados alguns, como filmes, textos, simulações, aplicativos, que sirvam para formar os novos subsunçores necessários na ancoragem do novo conhecimento na aprendizagem de forma significativa. (MOREIRA, 2011).

A forma de aprendizagem prevalecente na escola de hoje é a aprendizagem mecânica, totalmente oposta à significativa.

A aprendizagem mecânica é caracterizada pela memorização pura e simples dos conteúdos, de forma direta e arbitrária, sem atribuição de significados conteudísticos. Não há respeito aos saberes do aluno, ao que ele traz de conhecimento; existe apenas transferência de conhecimento.

Para exemplificar esse tipo de aprendizagem, toma-se as situações corriqueiras, em que o aluno pergunta quais fórmulas precisa usar para resolver o problema, ou quando ele decora uma solução para determinados tipos de exercícios. Conforme bem observa Freire (2006) deve-se “saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção.” (FREIRE, 2006, p.47).

Baseado nos ensinamentos de Ausubel, a presente proposta cria uma sequência didática que conduz o aluno, transformando e aumentando seus conhecimentos, por meio de um questionário a ser respondido por ele próprio a partir da manipulação simultânea de uma simulação computacional.

Os questionários iniciam em torno de questões sobre conhecimentos prévios, podendo ser encaradas como organizadores prévios. Sequencialmente dão comandos para observação da simulação de pequenos passos conceituais (material potencialmente significativo); os conceitos são simulados em diferentes contextos (diferenciação progressiva), e a sequência culmina com as leis físicas cientificamente aceitas que englobam os conceitos simulados (reconciliação integrativa).

Busca-se, com isso, criar uma maneira de ensinar alguns conteúdos da Óptica Geométrica, através de uma metodologia potencialmente significativa.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

Este capítulo mostra a construção da sequência didática que tem como objetivo constituir um material potencialmente significativo no estudo da Óptica Geométrica para a modalidade CEJA. A sequência didática é disponibilizada nas tarefas propostas pelo professor, integrando os demais recursos no sentido de uma aprendizagem significativa na plataforma de estudos dos alunos do CEJA.

3.1 ESCOLHA DO PÚBLICO E DO TEMA

Os Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJAs) são escolas da Rede Estadual de Ensino do Estado do Rio de Janeiro destinadas a jovens e adultos que estão fora da idade escolar e que desejam concluir o ensino fundamental e o ensino médio. Durante muito tempo, foram conhecidos com CES (Centros de Estudos Supletivos). (BRASIL,2010).

As escolas da Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) estão sob administração da Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (Fundação CECIERJ). O Modelo de ensino é o semipresencial gerenciado por um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). No CEJA, não existem aulas regulares como nas escolas tradicionais. O material didático é adquirido gratuitamente, em sistema de empréstimo, na escola ou no ambiente virtual de aprendizagem. O aluno estuda de acordo com o seu tempo, retorna para tirar dúvidas e fazer avaliações. (RIO DE JANEIRO,2006).

O desenvolvimento de um trabalho com o público da EJA deve-se a uma percepção que considera este público heterogêneo, com interesses, necessidades, preocupações e expectativas diferentes em relação a escola, cuja vida é marcada pela exclusão social. Por isso, é de extrema importância conhecer as especificidades deste público na construção de uma proposta pedagógica, já que não existem muitos materiais didáticos para este público na literatura.

A escolha do tema vem de encontro a um tipo de escola que se caracteriza pelo uso de tecnologia de informação e comunicação, sendo o estudo e toda

interação feitos através da plataforma *Modular Object Oriented Distance Learning*(Moodle) que também pode ser chamada de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA).

A teoria da aprendizagem significativa associada ao uso das TIC's representa uma metodologia moderna e tecnológica que pode favorecer a construção de uma proposta pedagógica, através da qual os conhecimentos prévios trazidos de experiências de vida possam ser usados nas ações e no planejamento, possibilitando ainda uma maior inclusão digital.

Desta forma, a escola contribui para a construção de uma identidade própria e para a valorização da EJA como um espaço de direito do sujeito.

3.2 USO DO PHET

Neste trabalho utiliza-se de uma simulação para o ensino de Física, desenvolvida por Carl Wieman, laureado com o Nobel de Física de 2001, que é o PhET – sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física, um programa disponibilizado pela Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências. O programa está disponibilizado no portal da instituição para ser usado *on-line* ou baixado gratuitamente, procurando conectar fenômenos diários com a ciência por trás deles, oferecendo aos alunos modelos fisicamente corretos de maneira acessível.

As simulações são apresentadas em várias seções: simulações em destaque; novas simulações; pesquisa de ponta; simulações traduzidas em vários idiomas. Além dessas simulações, também são agrupadas em seções específicas para cada área, como física, química, ciências da terra e matemática. Todas as simulações são classificadas de acordo com o nível de ensino. Na área de física, as simulações são agrupadas em sete categorias: movimento; trabalho, energia, potência; som e ondas; calor e termodinâmica; eletricidade, magnetismo e circuitos; luz e radiação; e fenômenos quânticos.

Uma característica importante do PhET é a facilidade de acesso, já que as simulações podem ser usadas diretamente na página principal ou baixadas. Elas são geralmente desenvolvidas em *Flash*, e se o computador não tiver *plug-in*, o usuário é direcionado a baixar e instalar o recurso em sua máquina.

As simulações do PhET são planejadas, desenvolvidas e avaliadas antes de serem publicadas no sítio, conforme figura 17. Por meio da pesquisa, entrevistas são realizadas com diversos estudantes, as quais são fundamentais para entender como esses interagem com as simulações e o que as torna efetivas educacionalmente. (ARANTES *et al.*, 2010).

Figura 17 – Tela inicial do PhET Simulations

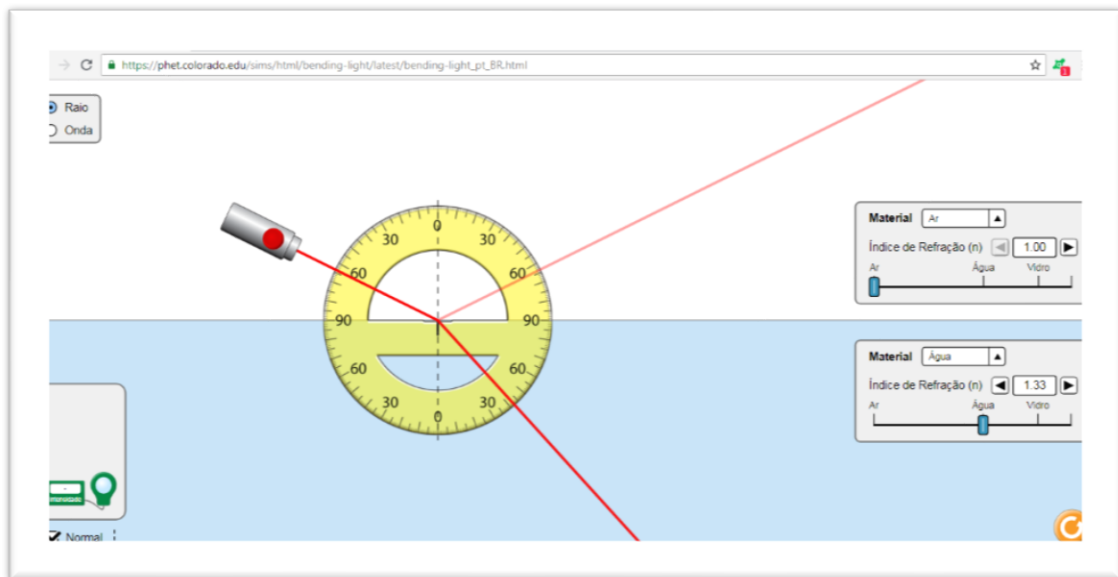


Fonte: PHET, 2018.

O produto educacional aqui desenvolvido é uma sequência didática para o ensino de Óptica Geométrica. As simulações “Desvio da Luz” e “Óptica Geométrica” (lentes) foram escolhidas justamente por atenderem tanto no ensino a distância quanto no apoio ao ensino presencial, e pelas qualidades apresentadas pelo próprio simulador: conexão com o mundo real, alto grau de interatividade, facilidade de uso, acesso intuitivo por parte de professores e alunos não familiarizados com o manuseio de computadores, flexibilidade e granularidade.

Estas simulações estão de acordo com a proposta de ensino ora apresentada, de tal forma que possibilitam uma aprendizagem qualitativa do assunto, ajudando a introduzir os tópicos, a construir conceitos e a reforçar ideias.

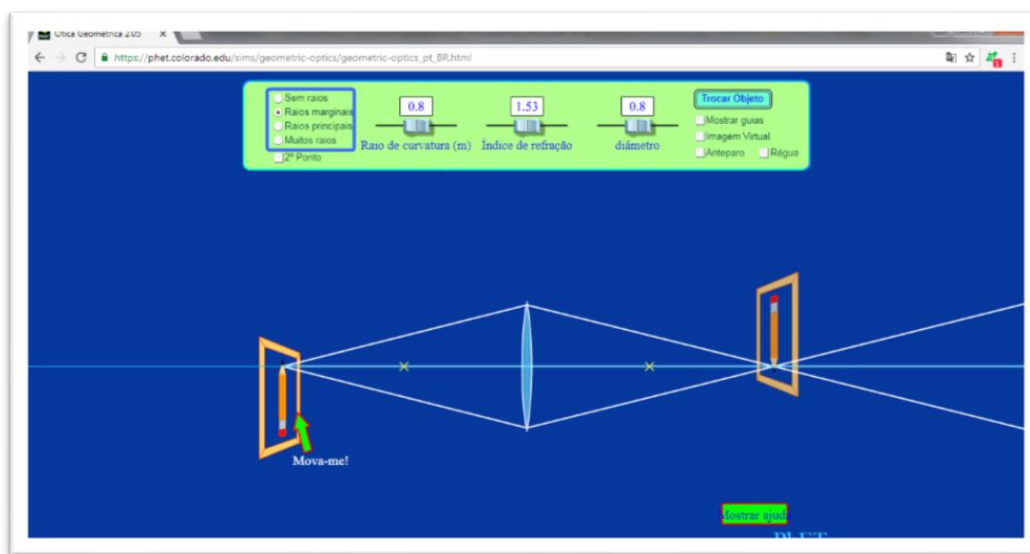
Figura 18 – Imagem da simulação desvio da luz do Phet Simulations



Fonte: PHET, 2018.

Nesta simulação mostrada na figura 18 é possível explorar o desvio da luz entre dois meios com diferentes índices de refração, mudando o ângulo de incidência e alterando os índices de refração dos materiais. Pode-se mudar a luz para o formato de onda ou raio de luz e ainda escolher as ferramentas: transferidor e luxímetro.

Figura 19 - Imagem da simulação Ótica Geométrica do Phet Simulations



Fonte: Ótica geométrica, PHET, 2018.

Nesta simulação mostrada na figura 19 é possível mostrar como a lente forma uma imagem, como os raios de luz são refratados por uma lente e observar a mudança da imagem de acordo com o ajuste de fatores como a distância focal da lente, do índice de refração, além de observar as mudanças com a movimentação do objeto ou a da lente, variando as posições p e p' . No material do professor (APÊNDICE 2), disponibilizamos um tutorial que auxilia na instalação e fornece instruções para alguns recursos destas simulações.

3.3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática é um roteiro de atividades/questões que são realizadas/respondidas a partir da manipulação de simulações computacionais, e encontra-se no APÊNDICE 1. Foram utilizadas duas simulações do PHET e para cada uma delas foi construído um roteiro. As sequências buscam, antes de tudo, organizar os conhecimentos prévios dos alunos. Através de observações da atividade de simulação desenvolvida pelos alunos, objetiva-se levá-los a compreender desde os conceitos mais iniciais até as leis físicas cientificamente aceitas. No primeiro roteiro, utiliza-se o simulador “Desvio da Luz”, que apresenta os seguintes tópicos:

- Lei de Snell
- Refração
- Reflexão

O simulador de desvio da luz tem como alguns de seus objetivos de aprendizagem, explicar como a luz se desvia na interface entre dois meios, e o que determina o ângulo de refração, aplicando a lei de Snell a um raio *laser* que incide na interface entre dois meios, descrevendo como a velocidade e o comprimento de onda da luz mudam em diferentes meios, além de descrever o efeito da mudança de comprimento de onda do ângulo de refração.

Utiliza-se para realização do segundo roteiro o simulador “Ótica Geométrica”, que aborda os tópicos:

- Refração e
- Lentes

Possui entre seus objetivos explicar como uma imagem é formada por uma lente convergente, utilizando diagramas de raios e as mudanças sofridas pela imagem quando se ajusta a distância focal, o diâmetro e o índice de refração.


A sequência didática proposta foi pensada para ser utilizada após o estudo do fascículo 7 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, da matéria de Física do curso de ensino médio da rede CEJA. Neste momento do estudo, o aluno irá interagir, refletir, revisar e aprofundar o conteúdo, de tal forma que se integre efetivamente à sua estrutura de conhecimento. A elaboração deste material tem os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Identificar o fenômeno da refração em alguns casos simples;
- associar a Lei de Snell à aproximação (ou afastamento) do raio, refratado com relação à normal;
- esquematizar a construção de imagens em lentes convergentes e divergentes, como função da distância relativa entre o objeto e a lente;
- relacionar a reflexão interna total ao funcionamento das fibras ópticas;
- associar a refração e as lentes estudadas às situações reais em que elas podem ser utilizadas, em função de suas propriedades.

A sequência didática proposta por este produto foi disponibilizada junto com o endereço eletrônico do simulador PhET na sala de aula de Física da plataforma

virtual, em um espaço reservado para que o professor possa separar materiais de estudos complementares aos já existentes na plataforma, chamado de “Quadro Negro Virtual”. A Figura 20 mostra a imagem deste ambiente virtual onde os alunos tiveram contato com produto educacional.

Figura 20 - Tela da sala de aula de Física.

SALA DE AULA DE FÍSICAEnsino Médio

Fascículo 1Fascículo 2Fascículo 3Fascículo 4Fascículo 5Fascículo 6Fascículo 7Fascículo 8

FASCÍCULO 7

Vamos estudar?

Vídeos, textos, exercícios, Questionários, animações...

e muito mais!

CLIQUE AQUI!

Seja bem-vindo ao fascículo 7 de Física!

Você sabe explicar para uma criança o que é luz? O ramo da física que se dedica ao estudo da luz é chamado de Óptica.

Neste fascículo vamos estudar os fenômenos ondulatórios aplicados em Óptica.

Na unidade 16 vamos estudar como enxergamos as coisas no dia a dia e na unidade 17 aplicar esses conceitos de Óptica em óculos, máquinas fotográficas, filmadoras, etc.

Deu para ter uma visão geral do fascículo?

Clique no quadro ao lado e veja o material que selecionamos para você começar!!!

Para acessar o Fascículo 7 em formato digital, clique no botão "Material Impresso".

Após o estudo do seu material você deverá atingir alguns objetivos. Clique no botão "O que você aprenderá" para conhecê-los.

Caso tenha alguma dúvida, deixe uma mensagem no botão "Fale com o seu professor".

E aqui embaixo, no **Quadro Negro Virtual**, você poderá encontrar outros materiais separados pelo seu professor. Confira!

MATERIAL IMPRESSO

O QUE VOCÊ APRENDERÁ

FALE COM O SEU PROFESSOR

QUADRO NEGRO VIRTUAL

FALE COM O SEU PROFESSOR

Fonte: Sala de Aula de Física. Disponível em: <<https://cejarj.cecierj.edu.br/ava/course/view.php?id=1037>>. Acesso em: 24 ago. 2018

O primeiro roteiro é composto por dez perguntas que têm como objetivo revisar e aprofundar o estudo da refração da luz, conduzindo o aluno à percepção do desvio da luz com a mudança de velocidade e da troca de meio de propagação, visualizando os ângulos de reflexão e de refração, apreciando a Lei de Snell de forma qualitativa e identificando o ângulo limite da reflexão total.

O segundo roteiro é composto por quatorze perguntas que conduzem o aluno pelo funcionamento de uma lente biconvexa, passando pelo comportamento dos raios, pela formação de suas imagens e pela aplicação no seu dia a dia.

É importante destacar que na elaboração dos roteiros buscou-se a utilização de linguagem adequada para facilitar a comunicação entre o professor e o aluno na modalidade EJA, com a intenção de promover um processo de ensino-aprendizagem mais satisfatório, considerando-se as especificidades do curso semipresencial, com adoção de linguagem dialógica, semi-informal e própria do EAD.

3.4 APLICAÇÃO DO PRODUTO

A aplicação do produto é feita a partir do momento em que o aluno faz a leitura e estuda o conteúdo, realização as atividades previstas no fascículo e a interação no ambiente virtual de aprendizagem nas Salas de Aula Virtuais CEJA, onde estão disponibilizados diferentes recursos para melhor fixação do conteúdo apresentado pelo livro didático impresso.

No encontro presencial é dada a orientação sobre o roteiro e seus objetivos, sendo, em seguida, o aluno convidado a usar o simulador PhET e a responder as perguntas, que poderão ser enviadas por *e-mail* ao professor, através no campo “Fale com o seu professor” que fica disponibilizado, ou por meio do formulário eletrônico, a exemplo de como foi feito nesta pesquisa. Em último caso, pode ser enviado por escrito em folha de papel.

As perguntas do roteiro foram estruturadas em formulário eletrônico, respondido à medida que as atividades vão sendo desenvolvidas. Essa possibilidade é perfeitamente adequada ao modelo EAD, no qual os alunos podem realizar seu estudo em horários alternativos. Além disso, permite ao professor o uso de ferramentas de correção e análise de desempenho.

As respostas são avaliadas e discutidas com o aluno, tendo como finalidade fazer o fechamento do estudo, contribuindo para a consolidação dos conhecimentos adquiridos e visando a preparação para avaliação do fascículo pelas turmas.

3.5 AVALIAÇÃO DO PRODUTO

Para avaliar o resultado da aplicação do produto, além de uma análise qualitativa geral, optou-se por analisar os formulários eletrônicos respondidos pelos alunos. Para tanto, utilizou-se o método de análise de conteúdo. Este método define um conjunto de técnicas de análise das comunicações que permitem inferências a respeito das condições na produção e recepção de mensagens, isto é, tratam a informação contida nas mensagens, através da criação de categorias no texto pesquisado. (BARDIN, 1979, p.42).

Para desenvolvimento do trabalho, adotou-se a sistemática de recolher todas as respostas preenchidas nos formulários eletrônicos enviados. Inicialmente, foram observados todos os tipos de respostas dadas às perguntas, de forma a poder retratar o panorama de conteúdos apresentados. Esta etapa foi denominada de 'Categorização de Conteúdo', ou seja, cada questão foi identificada de acordo com as categorias de conteúdos estabelecidas para as respostas encontradas.

A fim de analisar se as respostas eram satisfatórias, elas foram classificadas em uma de três grandes categorias de conteúdo pré-estabelecidas, conforme sua correção e completude, sendo elas:

Completas: quando apontam a correção em todos os aspectos envolvidos, identificando todos os parâmetros para a situação física estudada;

Parciais: quando apresentam pelo menos um aspecto correto;

Incorretas: quando nenhum aspecto correto da situação discutida é claramente apontado.

Estabelecida a categorização para cada uma das questões, foi efetuada uma tabulação para avaliação estatística, observando-se qualitativamente e qualitativamente as respostas obtidas e analisando-se criticamente cada uma.

Visando compreender a percepção dos alunos sobre o produto, foi aplicado um questionário de avaliação e também um formulário eletrônico para que pudessem se manifestar a respeito da sequência, dando suas contribuições

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados obtidos com a aplicação do produto, descrevendo-se o local da aplicação e elaborando-se um resumo dos acontecimentos durante os encontros. Na sequência, apresenta-se a análise das respostas fornecidas pelos alunos ao 'Roteiro Um' (Desvio da Luz) e ao 'Roteiro Dois' (Ótica Geométrica).

4.1 RELATO DOS ENCONTROS

O produto resultante da atividade foi aplicado em um grupo de alunos do ensino médio de um colégio pertencente à rede estadual, da modalidade semipresencial da rede CEJA, com faixa etária entre 22 e 64 anos, na cidade Angra dos Reis-RJ, escolhidos por estarem fazendo algum fascículo da matéria de Física, uma vez que seria muito difícil reunir um grupo em que todos estivessem estudando o mesmo fascículo. Nessas turmas, o professor regente, que vem prestando os atendimentos é o próprio autor do projeto. Os encontros foram realizados individualmente e em pequenos grupos no laboratório de informática da escola.

Na primeira aplicação, foi preciso criar e resgatar os e-mails, pois alguns alunos não os utilizavam. Feito isso, prosseguiu-se enviando os questionários eletrônicos para os respectivos *e-mails* dos participantes. O tempo de aplicação de cada questionário eletrônico foi de aproximadamente dois tempos de aula de 50 minutos. Alguns alunos já tinham uma experiência maior com computadores e realizavam as atividades mais rapidamente, enquanto outros, por serem mais idosos, demoravam um pouco mais, devido ao pouco contato com as novas tecnologias.

Nessa etapa, foram obtidas 17 respostas para o primeiro roteiro e 12 respostas para o segundo roteiro aplicado. No início das atividades, os alunos se mostraram um pouco tímidos, mas logo se sentiam à vontade para realizar a atividade. No final das tarefas, percebiam que a simulação os ajudava na aprendizagem e na visualização dos fenômenos, o que pode ser constatado no questionário de satisfação que foi enviado para cada aluno.

4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Considera-se que os questionários articulam as experiências e conhecimentos dos estudantes, adquiridos de maneira informal, pois estes trazem consigo as vivências do cotidiano de sua realidade social, e muitos já estão inseridos no mundo do trabalho. Sendo assim, pressupõe-se a existência de conhecimentos prévios para a abordagem desse conteúdo nos questionários.

Nas respostas dos alunos teve-se a preocupação de deixá-los à vontade, para que cada um respondesse de acordo com seu entendimento e se expressasse conforme a sua própria linguagem, sem a interferência dos orientadores e sem esclarecimentos do conteúdo, para que os conhecimentos prévios pudessem surgir naturalmente.

4.2.1 Roteiro 1

O preenchimento do 'roteiro 1' contou com a participação de 17 alunos. Esse número é bem expressivo se comparado ao público de escola regular que frequenta assiduamente o local de estudo, pois, no CEJA, o aluno é quem determina os melhores dias e horários para receber os atendimentos com os professores da matéria escolhida, sendo que, geralmente, eles não selecionam a Física para iniciarem os estudos.

Passa-se, a partir de agora, à discussão de cada uma das questões propostas no roteiro 1. Serão identificadas com rótulos Q_i , sendo i o número referente à questão.

Para a questão 1 (Q_1) do roteiro, foi possível identificar seis (6) diferentes categorias de conteúdo. São elas:

- 1) Os conteúdos que citam o fenômeno de refração causado pelo desvio ocorrido na mudança de meio, devido à variação da velocidade da luz em meios diferentes (completa);
- 2) Os que citam apenas refração, sem associar com velocidade da luz (parcial);
- 3) Os que mencionam apenas mudança de velocidade, não associando-a à palavra refração (parcial);

- 4) Conteúdos que associam refração da luz ao atraso – na realidade o aluno associa a refração da velocidade da luz a atraso, sendo a resposta, portanto, considerada incompleta (parcial).
- 5) Os que mencionam a luz, mas não a associam aos desvios, mudança de velocidade ou mencionam a palavra refração. Fala de reflexão (incorreta);
- 6) Referências à propagação em diferentes meios (parcial).

A tabela 1, abaixo, demonstra a análise das respostas dadas pelos alunos para o roteiro 1.

Tabela 1 - Análise dos conteúdos para questão Q1

Categorias de conteúdo	1	2	3	4	5	6	TOTAIS
Frequência	5	4	4	1	1	2	17
Percentual	29,41%	23,53%	23,53%	5,88%	5,88%	11,76%	100,00%

Fonte:Do autor, 2018

Verificou-se que a grande maioria dos alunos apresentou conhecimento das ideias principais sobre refração, com 29,41% das respostas correspondendo à categoria completa; 52,94% dos casos perfazendo respostas parciais, e apenas 5,88% representando respostas incorretas. As palavras refração, desvio, mudança de velocidade, mudança de meio, que denotam percepção do fenômeno, aparecem em 5 das 6 categorias elencadas para Q1.

Para a questão 2 (Q2) do roteiro foi possível identificar quatro (4) diferentes categorias de conteúdo, sendo elas:

- 1) De que não há desvio, pois o raio se propaga no mesmo material, citando o mesmo índice de refração (completa);
- 2) Sem informação de desvio, pois o raio se propaga no mesmo material, citando que não há reflexão e nem refração (completa);
- 3) De que não há desvio no mesmo material (completa);

4) E os conteúdos que não registram desvio e nem reflexão, porque não há formação de diopetro (parcial).

A tabela 2, a seguir, mostra a análise das respostas dos alunos.

Tabela2 - Análise dos conteúdos para questão Q2

Categorias de conteúdo	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	2	4	10	1	17
Percentual	11,76%	23,53%	58,82%	5,88%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018

Observa-se que a pergunta foi respondida satisfatoriamente, sendo que os alunos não só verificaram o não desvio da luz, como também explicaram o motivo da sua não ocorrência, sendo que 94,12% das respostas, classificadas como completas, apontaram a propagação da luz no mesmo material ou com o mesmo índice de refração, reforçando ainda a inexistência de reflexão e refração.

Apenas um pequeno grupo de 5,88% de respostas foram classificadas como parciais, e relacionaram a falta de desvio à não formação de diopetro. Sabe-se que mesmo com formação de diopetro, a luz pode não sofrer desvio, bastando para isso que ela incida perpendicularmente na superfície.

Para a questão 3 (Q3) do roteiro, foi possível identificar cinco (5) diferentes categorias de conteúdo. São elas:

- 1) De desvio pela mudança de meio material, com uma parte da luz sendo refletida – porém, não explicando que há mudança de velocidade (parcial);
- 2) De desvio pela mudança de meio material, não citando a reflexão, apenas a refração (parcial);
- 3) De desvio com reflexão, sem destacar a mudança de meio material e a mudança de velocidade (incorreta);
- 4) De desvio com uma parte da luz refletida e a outra parte refratada, não explicitando a mudança de meio material e a mudança de velocidade (incorreta);

5) E os que registram o desvio de uma parte da luz refletida e de outra parte refratada, em função da mudança de meio material e da redução da velocidade (completa);

A tabela 3, abaixo, mostra a análise das respostas dos alunos.

Tabela 3 - Análise dos conteúdos para questão Q3

Categorias de conteúdo	1	2	3	4	5	TOTAIS
Frequência	10	1	3	1	2	17
Percentual	58,82%	5,88%	17,65%	5,88%	11,76%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Pode-se constatar que prevaleceu entre os alunos a observação visual do desvio com a mudança de meio de propagação da luz e o aparecimento dos fenômenos de reflexão e refração, o que perfaz 64,71% de respostas parciais, e 11,76% de respostas mais completas, que justificaram o desvio da luz através da mudança de velocidade, indicando também a mudança de meio de propagação e o aparecimento da reflexão e da refração. Nas respostas incorretas, que correspondem a 23,53% do total, foi identificado apenas o aparecimento dos fenômenos de reflexão e refração. Ao que parece, o apelo visual suplantou a informação sobre o que é a refração, e cuja mudança de meio altera a velocidade da luz.

Para a questão 4 (Q4) do roteiro foi possível identificar duas (2) diferentes categorias de conteúdo:

- 1) Identificando o ângulo incidente e o ângulo de reflexão como iguais, mas não citando a lei da reflexão (parcial);
- 2) E a categoria com conteúdos indicando o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão como iguais e também citando a lei da reflexão (completa).

A tabela 4, abaixo, mostra os resultados observados nas respostas dos alunos para a questão 4.

Tabela 4 - Análise dos conteúdos para questão Q4

Categorias de conteúdo	1	2	TOTAIS
Frequência	4	13	17
Percentual	23,53%	76,47%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018

Nesta questão (Q4), nota-se que o simulador foi bastante claro, mostrando a igualdade entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão, que foi representado por 76,47% de respostas completas; um percentual de 23,53% de alunos visualizaram satisfatoriamente a igualdade entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão, mas não a identificaram como a lei da reflexão. Não foram verificadas respostas incorretas.

Para a questão 5 (Q5) do roteiro, foi possível identificar quatro (4) diferentes categorias de conteúdo:

- 1) Associando a aproximação do raio de luz junto à reta normal, devido a redução de velocidade (completa);
- 2) Conteúdos associando a redução gradativa do ângulo, aproximando da normal (parcial);
- 3) Categoria com conteúdos associando a aproximação do raio de luz, levando em conta a mudança de meio (parcial);
- 4) E os conteúdos que não associaram a aproximação do raio de luz, embora observassem a mudança de meio (incorreta).

A tabela 5, a seguir, mostra o resultado das respostas dos alunos no que diz respeito à questão 5.

Tabela 5– Análise dos conteúdos para questão Q5

Categoria de conteúdos	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	2	11	1	3	17
Percentual	11,76%	64,71%	5,88%	17,65%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Percebeu-se que 11,76% de respostas associaram corretamente a aproximação do raio de luz junto à reta normal, devido a redução de velocidade; e 70,59% delas associaram parcialmente, observando a aproximação do raio de luz e a mudança de meio material. Um total de 17,65% só conseguiu observar a mudança de meio material.

Para a questão 6 (Q6) do roteiro, foi possível identificar cinco (5) diferentes categorias de conteúdo:

- 1) Aquela categoria com conteúdos que relacionam o afastamento do raio de luz com o aumento de velocidade da luz, devido a mudança do meio material (completa);
- 2) Conteúdos associando o afastamento do raio de luz com a mudança do meio material (parcial);
- 3) Categoria de conteúdo associando o afastamento do raio de luz com o aumento do ângulo (parcial);
- 4) Conteúdos que não percebem o afastamento nem o aumento do ângulo (incorreta);
- 5) E os conteúdos associando o afastamento com aumento de velocidade da luz (completa).

A tabela 6 mostra os resultados observados para as respostas dos alunos.

Tabela 6 - Análise dos conteúdos para questão Q6

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	5	TOTAIS
Frequência	1	12	1	2	1	17
Percentual	5,88%	70,59%	5,88%	11,76%	5,88%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Um percentual de 11,76% das respostas foi considerado na categoria de completa, evidenciando a afastamento do raio de luz com o aumento de velocidade. As respostas parciais, que correspondem 76,47%, demonstram que o fator visual da simulação chamou mais atenção, tendo as respostas relacionado o afastamento com a mudança de meio e também com o aumento do ângulo. Mesmo que a explicação o fenômeno da refração - mudança de velocidade da luz ao atravessar um par de meios -, esteja na sequência didática do roteiro, a maioria dos alunos não percebeu o fato na realização da leitura.

Apenas 11,76% dos alunos não responderam à questão adequadamente, sendo provável que tenham confundido a linha reta normal com a linha da interface do dióptro.

Para a questão 7 (Q7) do roteiro foi possível identificar cinco (5) diferentes categorias de conteúdo:

- 1) Conteúdos registrando a passagem direta do raio de luz, sem desvio, e com a ocorrência da refração (parcial);
- 2) Mencionando a passagem direta do raio de luz, sem desvio, e com a ocorrência da refração devido a mudança de velocidade (completa);
- 3) Mencionando a passagem direta do raio de luz, sem desvio e com a ocorrência da refração, devido a mudança de meios (parcial);
- 4) Indicando a passagem direta do raio de luz, sem desvio e sem refração (incorreta);
- 5) Mencionando a passagem direta do raio de luz, com desvio e sem refração (incorreta).

A tabela 7 ilustra os resultados observados para as respostas dos alunos com relação à essa questão.

Tabela 7 - Análise dos conteúdos para questão Q7

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	5	TOTAIS
Frequência	7	3	3	3	1	17
Percentual	41,18%	17,65%	17,65%	17,65%	5,88%	100,00%

Fonte:Do autor, 2018.

A análise dos conteúdos mostra que, para os alunos, a ideia principal de refração está ligada à mudança de meio, o que corresponde à categoria julgada 'parcial', com 58,82% do total; enquanto que a respostas consideradas completas, que relacionaram a mudança de meio com a mudança de velocidade da luz correspondem a 17,65% dos casos. Por fim, as respostas incompletas, nas quais os alunos não identificaram a refração corresponderam a 23,53% do total.

Para a questão 8 (Q8) do roteiro foi possível identificar quatro (4) diferentes categorias de conteúdo, sendo elas:

- 1) As que citam os ângulos, relacionando-os ao seu respectivo meio material (completa);
- 2) As que citam os ângulos, relacionando-os aos respectivos meios materiais e índices de refração (completa);
- 3) As que observam os ângulos, mas não os relacionam aos respectivos meios materiais (incorreta);
- 4) E por fim, conteúdos que observam os ângulos, relacionando-os à respectivas velocidades (parcial).

A tabela 8, na sequência, mostra os resultados observados para as respostas dos alunos participantes.

Tabela 8 - Análise dos conteúdos para questão Q8

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	2	11	1	3	17
Percentual	11,76%	64,71%	5,88%	17,65%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Nesta questão, o nível de respostas completas foi bastante satisfatório, perfazendo 76,47% do total. Os alunos conseguiram identificar os ângulos de refração e associá-los ao seu respectivo material. As respostas consideradas parciais ocorreram em apenas 17,65% dos casos, satisfazendo plenamente à pergunta, uma vez que associaram a redução do ângulo no meio menos refringente

com a redução da velocidade. Apenas um aluno não relacionou corretamente o meio material ao seu respectivo ângulo, sendo 5,88% das respostas classificadas como incorretas.

Para a questão 9 (Q9) do roteiro, foi possível identificar três (3) diferentes categorias de conteúdo, descritas a seguir:

- 1) Categoria que indica os ângulos de refração corretamente, relacionando os meios aos seus respectivos ângulos (completa);
- 2) A categoria identificando os ângulos de refração corretamente e relacionando os meios aos seus respectivos ângulos; percebendo que a mudança de ordem dos meios ocasiona a mudança no desvio (completa);
- 3) E a categoria dos que respondem sobre os ângulos de refração corretamente, embora não relacionando completamente os meios de propagação aos seus respectivos ângulos (parcial).

A tabela 9 demonstra o resultado da análise das respostas dos alunos.

Tabela 9 - Análise de conteúdos para questão Q9

Categorias de conteúdos	1	2	3	TOTAIS
Frequência	13	1	3	17
Percentual	76,47%	5,88%	17,65%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

É possível observar que 82,35% dos alunos responderam adequadamente o questionário, citando os ângulos e os meios materiais. Inserido nesse percentual registrou-se, ainda, a percepção de que a alternância de ordem dos meios causa a mudança no desvio, provocada pelo estudo da questão anterior. O percentual de 17,65% de respostas parciais ficou por conta da falta de percepção do ângulo formado e do respectivo meio de propagação. Não foram registradas respostas incorretas.

Para a questão 10 (Q10) do roteiro, foi possível identificar três (3) diferentes categorias quanto ao conteúdo:

- 1) Identificando o ângulo limite, a tendência do raio refratado e a reflexão total (completa);
- 2) Identificando o ângulo limite, a reflexão total, mas não identificando a tendência do raio refratado (parcial);
- 3) Não identificando o ângulo limite nem a tendência do raio refratado, apenas identificando a reflexão total (incorreta).

A tabela 10, na sequência, demonstra os dados observados nas respostas dos alunos.

Tabela 10 - Análise dos conteúdos para questão Q10

Categorias de conteúdos	1	2	3	TOTAIS
Frequência	14	2	1	17
Percentual	82,35%	11,76%	5,88%	100,00%

Fonte: Do autor, 2108

Notadamente, a maioria das respostas convergem quanto ao entendimento do que é ângulo limite e quanto à tendência do ângulo refratado, com ocorrência da reflexão total, perfazendo 82,35% das respostas completas. As respostas parciais, no total de 11,76%, provavelmente se devem à dificuldade de interpretação quanto ao que significa tendência do ângulo refratado a 90°. As respostas incorretas que correspondem ao percentual de 5.88% se devem às dificuldades de interpretação do vocabulário específico do tema refração.

4.2.2 Roteiro 2

Para o roteiro 2 houve a participação de um grupo menor, pois fatores como a violência na cidade e a falta de combustível influenciaram na presença dos alunos na unidade escolar.

O simulador se mostrou de fácil manipulação, e os alunos responderam o roteiro com facilidade, apesar deste roteiro constar de um número maior de perguntas. Foi registrada uma dificuldade dos alunos no reconhecimento das posições dos raios de luz, provavelmente por desconhecerem os fundamentos de geometria plana. No início da aplicação, os alunos demonstraram certa inaptidão, pois este tipo de atividade era novidade para eles, mas, ao final da participação acabaram gostando, devido à boa interatividade com o simulador PHET.

Das quatorze perguntas respondidas pelos alunos, foram escolhidas apenas seis para a realização da análise, consideradas mais significativas, já que muitas delas eram observações diretas da simulação.

Para a questão 1 (Q1) do roteiro 2, foi possível identificar um grupo de três (3) diferentes categorias de conteúdo:

- 1) Mencionando o número de raios corretamente, visualizando o raio incidindo paralelamente e refratando inclinadamente pelo foco imagem (completa);
- 2) Citando o número de raios corretamente, porém sem mencionar que o raio se refrata em ângulo inclinado em relação ao eixo principal, e indicando o foco imagem como passagem do lado direito da lente (parcial);
- 3) Citando corretamente os raios, sem mencionar a incidência paralela ao eixo principal, e indicando o foco imagem como passagem pelo lado direito (parcial).

A tabela 11 do roteiro 2 ilustra os dados observados nas respostas dos alunos relativas à questão 1.

Tabela 11- Análise dos conteúdos para questão Q1

Categorias de conteúdos	1	2	3	TOTAIS
Frequência	2	9	1	12
Percentual	16,67%	75,00%	8,33%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Das respostas analisadas, 16,67% apontam a quantidade de raios e o seu correto comportamento, antes e depois de se refratar na lente. As respostas parciais correspondem a 83,33% dos casos, verificando-se a citação correta sobre a quantidade de raios e o seu comportamento de convergência pelo foco imagem, faltando apenas o posicionamento dos raios principais em relação ao eixo principal.

Para a questão 2 (Q2) do roteiro 2, foi possível identificar duas (2) diferentes categorias de conteúdos:

- 1) Indicando o centro óptico sem sofrer desvio (completa);
- 2) Indicando o centro óptico sem sofrer desvio, mas confundindo a posição do raio emergente da lente (parcial).

A tabela 12 do roteiro 2 mostra os resultados alcançados nas respostas dos alunos.

Tabela 12 - Análise dos conteúdos para questão Q2

Categorias de conteúdos	1	2	TOTAIS
Frequência	11	1	12
Percentual	90,91%	9,09%	100,00%

Fonte:Do autor, 2018

A propriedade do raio de luz incidindo pelo centro óptico sem sofrer desvio, foi bem compreendida, visto que o simulador mostra de detalhadamente a trajetória desde a incidência até a emergência do raio de luz. Novamente aqui, houve uma pequena dificuldade de explicar a posição da reta emergente por um dos alunos participantes.

Para a questão 6 (Q6) do roteiro 2, foi possível identificar quatro (4) diferentes categorias de conteúdo a saber:

- 1) Citando o aumento do foco e da imagem ao se reduzir o índice de refração; registrando a diminuição do foco bem como de sua imagem quando se aumenta o índice de refração (completa);

- 2) Citando aumento ou redução do foco, mas não sobre a imagem (parcial);
- 3) Relacionando o índice de refração à transparência da lente (parcial);
- 4) E associando o aumento da refração dos raios de luz ao aumento do índice e à redução da imagem (parcial).

A tabela 13 do roteiro 2 mostra os dados observados nas respostas preenchidas pelos alunos.

Tabela 13 - Análise dos conteúdos para questão Q6

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	7	2	2	1	12
Percentual	58,33%	16,67%	16,67%	8,33%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

Pela análise das respostas encontradas, verifica-se um bom entendimento da turma sobre a questão da relação do índice de refração com a distância focal e com o aumento da imagem, o que perfaz um percentual de 58,33% na categoria denominada completa. As respostas parciais corresponderam a 41,67% do total, mencionando o que acontece com o foco, embora não observando o que acontece com a imagem. No entanto, essas respostas conseguiram verificar a relação ocorrida entre a transparência da lente e o seu índice de refração.

Para a questão 8 (Q8) do roteiro 2, foi possível identificar quatro (4) categorias de respostas com diferentes conteúdos. São elas:

- 1) Respostas que não observaram que o afastamento do objeto ocorre à esquerda da lente (incorreta);
- 2) Respostas corretas, com exemplificação de forma parcialmente correta (parcial);
- 3) Respostas corretas às questões colocadas e exemplificação correta (completa);
- 4) Respostas dadas corretamente, embora não fornecendo exemplo (parcial).

A tabela 14 do roteiro 2, analisa as respostas dos alunos.

Tabela 14 - Análise dos conteúdos para questão Q8

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	1	6	4	1	12
Percentual	8,33%	50,00%	33,33%	8,33%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018.

É possível verificar que 33,33% das respostas são completas, com o perfeito entendimento quanto às características da formação da imagem e exemplificação com alguma situação vivida na prática. A dificuldade ocorreu na citação dos exemplos do cotidiano, totalizando 58,33% de respostas consideradas parciais. As respostas incorretas correspondem a 8,33% do total, provavelmente pela dificuldade de entendimento da pergunta.

Com relação à questão 9 (Q9) do roteiro 2, foi possível identificar três (3) categorias diferentes de conteúdo, assim identificadas:

- 1) Mencionando que a distância da imagem à lente é igual a distância do objeto à lente, e que imagem e objeto possuem tamanhos iguais (completa);
- 2) Observando que a imagem tem o mesmo tamanho do objeto (parcial);
- 3) Observando que a imagem é invertida e do mesmo tamanho do objeto (parcial).

A tabela 15 do roteiro 2 mostra os resultados da análise das respostas apresentadas pelos alunos.

Tabela 15- Análise dos conteúdos para questão Q9

Categorias de conteúdos	1	2	3	TOTAIS
Frequência	9	2	1	12
Percentual	75,00%	16,67%	8,33%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018

Com relação à questão da posição específica do objeto, com o dobro da distância da lente ao ponto focal, observa-se que a maioria dos alunos soube utilizar

a régua do simulador para descobrir que a imagem se encontra à mesma distância verificada do objeto à lente, correspondendo, assim, a um índice de 75,00% de respostas completas. As respostas parciais somaram 25,00%, faltando a observação de que a abscissa do objeto e a abscissa da imagem têm a mesma medida.

Para a questão 14 (Q14) do roteiro 2, foi possível identificar quatro (4) categorias diferentes de conteúdo, a saber:

- 1) Categoria citando exclusivamente a lupa (completa);
- 2) Categoria citando a lupa e outro instrumento óptico (parcial);
- 3) Citando instrumentos ópticos de projeção (incorreta);
- 4) E a categoria citando o instrumento óptico de projeção e observação (incorreta).

A tabela 16 do roteiro 2 mostra as observações das respostas dadas pelos alunos.

Tabela 16 - Análise dos conteúdos para questão Q14

Categorias de conteúdos	1	2	3	4	TOTAIS
Frequência	4	2	5	1	12
Percentual	33,33%	16,67%	41,67%	8,33%	100,00%

Fonte: Do autor, 2018

É possível notar que a lupa aparece em 50% das respostas, sendo 33,33 % delas consideradas completas e 16,67% parciais, indicando que o simulador favorece o surgimento de ideias e imagens vivenciadas pelos alunos. As observações consideradas incorretas perfazem os outros 50,00% das respostas, para as quais a pergunta foi específica no tocante à posição de um determinado objeto situado entre o foco e o centro óptico, caracterizando a imagem de funcionamento da lente como lupa. Contudo, notou-se uma associação com o tipo de lente biconvexa existente em outros instrumentos ópticos, sem fazer distinção das características entre um instrumento de projeção e um instrumento de observação.

4.3 AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

Ao final da aplicação dos questionários sobre a simulação, foi enviado aos alunos um segundo questionário eletrônico para avaliação do nível de satisfação dos mesmos com a atividade, que deveria receber uma pontuação de 1 a 5. Buscou-se, com isso, conhecer as opiniões dos participantes quanto ao produto aplicado, deixando, para tanto, um espaço para se manifestarem espontaneamente quanto à nova experiência de aprendizagem.

A aceitação da nova experiência de aula foi muito positiva, e os alunos acreditam que esta tenha ajudado na compreensão dos assuntos estudados. Sugerem que a atividade seja incluída como forma de ensinar e avaliar o desempenho das turmas.

Abaixo, apresentam-se alguns trechos de comentários extraídos da avaliação da atividade de simulação dos alunos.

Comentário 1:

“[...] sim, ajuda muito os alunos a aprenderem os assuntos das matérias. Muito bom para o aprendizado [...] quando nós visualizamos pela nossa visão, aprendemos melhor”

Comentário 2:

“[...] eu não gostei muito de fazer, mas vai ajudar muito no meu estudo na hora das provas etc.”

Comentário 3:

“ [...] o simulador nos ajudou muito a entender sobre os raios e sobre o grau de densidade; nos deu uma boa percepção do que acontece quando a luz (raio) ultrapassa o limite de outro material (água ou ar) e nos mostra como refrata em outro meio material, fazendo com que mude de intensidade e reflexão. Acho muito bom ter esse tipo de simulador, além de nos dar um melhor entendimento da matéria nos faz raciocinar melhor e saber como dialogar e preencher respostas.”

Comentário 4:

“Na minha opinião, essa atividade deveria ser incluída como forma de ensino, pois facilita a aprendizagem.”

Comentário 5:

“Poderia entrar na grade curricular dos alunos. Dividir a nota entre esses simulados que facilitam o aprendizado e a avaliação.”

Comentário 6:

“Gostei porque me ajudou bastante no aprendizado do fascículo.”

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Essa dissertação propõe um produto educacional que objetiva ir ao encontro das necessidades apresentadas por um segmento muito específico da educação, que é a educação de jovens e adultos, promovida pela rede CEJA.

Foi desenvolvida uma sequência didática que consiste em dois roteiros, acompanhados de um questionário cada e de uma simulação computacional (PhET), um para o ensino de refração (desvio da luz) e outro para o ensino de lentes (ótica geométrica), aplicada ao fascículo sete da disciplina de Física do curso de ensino médio semipresencial da rede CEJA. Seguiu-se a composição e organização curricular para rede CEJA de ensino estadual do Rio de Janeiro.

A aplicação do produto foi feita no laboratório de informática da escola, com uso de recursos como *internet*, projetor multimídia e roteiro impresso. O primeiro encontro para realizar a aplicação do produto foi utilizado totalmente para preparar e dar condições aos alunos de receberem o questionário eletrônico. Foi preciso criar, resgatar *e-mails* e orientar os participantes para a realização da atividade.

Os outros encontros foram mais dinâmicos, cada aluno usando um computador, com seu questionário eletrônico, a sua simulação aberta na tela e um roteiro na mão. De início, eles ficaram mais apreensivos, ainda se ambientando com os comandos e o *mouse*. Em seguida foram manifestando a curiosidade, vendo as possibilidades e se interessando pelas ações solicitadas. Ao final da atividade, observou-se que já se sentiam mais seguros e confiantes, percebendo estarem diante de uma nova forma e ferramenta de estudo e aprendizagem.

Pela avaliação dos questionários, foi possível verificar que os alunos tiveram um bom aproveitamento, alcançando uma melhor compreensão dos conteúdos, ajudados pela visualização dos fenômenos no simulador. As respostas corretas e parciais apareceram em maior porcentagem a cada análise de conteúdo das questões. Observou-se também que a maioria dos alunos envolvidos na pesquisa não haviam tido ainda contato formal com o assunto tratado, pois não haviam feito o fascículo sete.

As dificuldades percebidas na aplicação do produto foram com relação à leitura e interpretação dos textos. Os alunos levavam mais tempo para entender os comandos solicitados, exigindo, assim, maior auxílio do professor. Pode-se dizer que tiveram uma dificuldade média.

Quanto à utilização do produto, este acrescentou ao fascículo uma possibilidade de visualização e a interação dinâmica com os fenômenos de refração e formação de imagens na lente esférica. Também acrescentou uma revisão prática do conteúdo estudado no fascículo.

Feitas estas considerações, acredita-se que o presente trabalho é relevante, e colabora para o desenvolvimento do ensino de Física não só na educação de jovens e adultos, mas também em outros segmentos.

REFERÊNCIAS

ARANTES, A. Riposati; MIRANDA, Márcio S.; STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do Phet. 2010. **Física na escola**, v.11, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num1/a081.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2018.

AUSUBEL, D. P, Holt, Rinehart, and Winston. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: edição original (1968).

ARAÚJO, T.M. et al. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v26n2/a13v26n2.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: edições 70, 1995.

BARROQUEIRO, C.H.; AMARAL, L.H. **O uso das tecnologias da informação e da comunicação no processo de ensino-aprendizagem dos alunos nativos digitais nas aulas de física e matemática**. 2011. Disponível em: <<http://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/61/42>>. Acesso em: 25 out. 2018.

BRASIL. Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional/ LDB. **Lei n.9394/96**, Ministério da Educação. Brasília, 1996.

_____. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos**. Brasília: MEC/CNE/CEB n. 1, 2000.

_____. Ministério da Educação. **Parecer MEC/CNE/CEB**, n. 6/2010, abril de 2010. Institui as Diretrizes Operacionais para a Educação de Jovens e Adultos e dá outras providências. 2010.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Proposta Curricular para a Educação de Jovens e Adultos Segundo Segmento do Ensino Fundamental** (5ª a 8ª série) v.1, Introdução. Brasília 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja_livro_01.pdf>. Acesso em: 25 out. 2018

BULEGON, Ana Marli; REGNIER, Jean-Claude. TIC e profissionalização de professores de Física. Abordagem metodológica no quadro teórico da A.S.I. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v.16. n.3. 2014. Especial ASI pp.949-968. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/21585/pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

CAPUCHO, Vera. **Educação de Jovens e Adultos - Prática pedagógica e fortalecimento da cidadania**. Ministério da Educação /FNDE, 1 ed. São Paulo: Editora Cortez, 2012.

CECIERJ. Consórcio Cederj. Disponível em: <<http://cederj.edu.br/ceja/>>. Acesso em: 31 out. 2018.

CEDERJ. Plataforma Rede CEJA. Composição Curricular. CEJA. **Ensino Médio Área: Ciência da Natureza**, Disciplina: Física. Disponível em: <https://cejarj.cecierj.edu.br/ava/pluginfile.php/278229/mod_resource/content/3/Ementa_Fisica.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018

CEDERJ. Plataforma Rede CEJA. **Guia da Disciplina**. Disponível em: <https://cejarj.cecierj.edu.br/ava/pluginfile.php/278231/mod_resource/content/1/miolo_guia_professor.pdf>. Acesso em: 31 out. 2018.

CEJA. Centro de Educação de Jovens e Adultos. **Ciências da Natureza e suas tecnologias**. Fascículo 1 a 8 de Física - unidades 1 a 19, 2ª. ed. Rio de Janeiro. Governo do Estado do Rio de Janeiro/ Secretaria de Educação, Secretaria de Ciência e Tecnologia.Fundação CECIERJ consórcio CEDERJ., Rio de Janeiro, 2012.

COURROL, Lilia C.; PRETO, André O. (Org.) **Óptica Geométrica**, 1ª ed. São Paulo: Editora FAP-UNIFESP, 2011

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTI, José André; PERNAMBUCO, Marta M. **Ensino de Ciências Fundamentos e Métodos**, 4ª ed. São Paulo: Cortez Editora. 2011.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**, 34ª ed. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física, Ótica e Física Moderna**.4ª. Ed.Rio de Janeiro: Livros Téc. e Cient. Editora S.A. RJ, v. 4,1995.

HECKLER, Valmir; SARAIVA, Maria de Fátima O.; FILHO, K. de Souza O. Uso de Simuladores, Imagens e Animações como Ferramentas Auxiliares no Ensino/aprendizagem de Óptica. 2007. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a11v29n2.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana G.; ANDRADE, Isabela S. F. de. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade**. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2012v29nesp1p562/22936>>. Acesso em: 15 out. 2018

MELO, Ruth Brito de F. **A Utilização das TIC's no Processo de Ensino e Aprendizagem da Física**. 2010. Disponível em: <<http://www.nehte.com.br/simposio/anais/Anais-Hipertexto-2010/Ruth-Brito-de-Figueiredo-Melo.pdf>> Acesso em: 9 out. 2018

MOREIRA, Marco A. **Teorias de Aprendizagem**. Editora Pedagógica Universitária, 2ª ed. São Paulo: EPU, 2011.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa**, UFRGS, Porto Alegre/RS. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2018

Novak, J.D. e Gowin, D. B. **Aprendendo a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1996

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**, Ótica, Relatividade Física Quântica, 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, v. 4. 1998.

PAIVA, Jane. **Direito à Educação de Jovens e Adultos**: concepções e sentidos. In: XXIX Reunião da ANPED, GT 18, 2006.

PHET. (Plataforma) **Interactive Simulations for Science and Math**. Universidade of Colorado Boulder. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/new>. Acesso em: 24 ago. 2018.

PIRES, Marcelo A.; VEIT, Eliane Â. Tecnologias de Informação e comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n2/a15v28n2>>. Acesso em 10 out. 2018.

PONTE, J.P. As TIC's no início da escolaridade: Perspectiva para a formação inicial de professores. In.: PONTE, J.P. (Org.) A formação para a integração das TIC na educação pré-escolar e no 1º ciclo do ensino básico. **Caderno de Formação de professores**. Porto: Porto Editora, 2002.

Governo do Rio de Janeiro, Secretaria de Estado de Educação, Conselho Estadual de Educação. Deliberação n.297, 2006. Disponível em: http://www.cee.rj.gov.br/pareceres/P_2008-008.pdf Acesso em 20 Out .2018.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark, W.; YOUNG, Hugh D. **Física 4 Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica.**, 2ª ed. Rio de Janeiro: Livros Téc. e Cient. Ed. S.A / RJ, v.4. 1994.

SERWAY, Raymond A. **Física para Cientistas e Engenheiros, Eletricidade, Magnetismo e Ótica**, 3ª ed., Rio de Janeiro: Livros Téc. e Cient. Ed. S.A, v. 3, 1996.

SILVA, Ricardo Monteiro da. **Sequência didática multimídia para o ensino do efeito fotoelétrico**. 2015. Volta Redonda/RJ: UFF. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda (RJ). 2015. 98 p.

TAVARES, Romero. Aprendizagem Significativa. **Revista Conceitos**. João Pessoa, Julho de 2003 / Junho de 2004. p. 55-60. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/pdf/2004AprendizagemSignificativaConceitos.pdf>>. Acesso em: 25 Out. 2018

TEIXEIRA, P.D. et al. **Atividades experimentais e computacionais como recursos instrucionais que se completam**: um estudo exploratório no ensino de eletromagnetismo em Física Geral. 2009. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/130302>>. Acesso em: 25 Out. 2018.

TELEDUC. Ambiente virtual de aprendizagem. Disponível em: <<http://www.teleduc.org.br/>>. Acesso em: 25 Out. 2018.

UNESCO. **Declaração de Hamburgo**. V CONFINTEA. 1997. Disponível em: < https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116114_por> acesso em 20 Out. 2018.

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SBF/CAPEs**

Produto Educacional

**Sequência Didática para Ensino de Óptica: um olhar para a
modalidade CEJA**

Agnaldo de Carvalho Sant'Anna

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Simulador: Desvio da Luz

INSTRUÇÕES

Caro Aluno,

Esta sequência didática tem o objetivo de revisar e aprofundar seu estudo sobre refração da luz.

Entre no simulador Phet para realizar as simulações indicadas na sequência:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Entre também no formulário eletrônico para dar as respostas das atividades

RESPONDA NO LINK: <https://goo.gl/forms/Wt7oBywK53LmiPf63>

Bom Estudo!

Prof. Agnaldo

Nas atividades feitas na plataforma, você viu que a luz se propaga em diferentes meios, como ar, água, vidros, entre outros meios. Em geral, quando temos um meio diferente do ar, chamamo-los de dióptros. Você também viu que em cada meio ela possui uma velocidade diferente. Esse fenômeno é a refração. Você sabe uma importante consequência deste efeito? Veja a figura do lápis no copo d'água:

Figura 20 - Refração da luz



Fonte: Disponível em: www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/2016/06/24/refracao-da-luz-entenda-o-fenomeno/.

Q1: O que faz um lápis parecer quebrado dentro de um copo com água?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Não devemos, contudo, esquecer que o fenômeno da refração nunca ocorre sozinho, uma vez que pelo menos uma parte da luz incidente na fronteira do dióptro certamente sofre reflexão.

Vamos ver como ocorre este efeito desvio da luz através do simulador.

Abra o simulador “Desvio da Luz”. Na tela está representado um raio laser, que neste caso é nossa fonte luminosa. O laser simula um “raio luminoso”, uma vez que seu feixe se propaga em linha reta e não diverge muito. Nós podemos escolher até dois meios diferentes. Note que você pode mudar os meios de propagação, com seus respectivos índices de refração. O raio luminoso vai sempre atravessar uma interface plana (representada pela linha horizontal).

Vamos ver o que acontece se os meios nos dois lados da interface for o mesmo material. Escolha na caixa à direita da tela do simulador o material “Ar” tanto na parte superior quanto na inferior e ligue o laser no botão vermelho (verifique se na caixa superior esquerda a opção “Raio” está marcada).

Q2 - Nesta situação, o raio sobre algum desvio? Você observa alguma parte da luz sendo refletida? Explique sua resposta. Porque aconteceu isso?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Neste caso, quando o material é o mesmo, ou seja, tem o mesmo índice de refração! Note na caixa do Material.

Vejamos o que o acontece quando a parte de baixo é feita com material diferente. Vamos simular a parte de baixo como sendo água. Escolha este material no simulador

Q3 - Mudou alguma coisa? A luz que passa do ar para água continua a mesma trajetória, ou desvia? Tem alguma parte da luz sendo refletida? Por quê isso acontece?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Você sabe qual é o ângulo que o feixe refletido faz com a normal? (Lembre-se que a normal é a reta perpendicular à interface! No simulador ela é representada pela linha vertical tracejada, passando bem no ponto em que o raio luminoso troca de meio.)

Vamos medir o ângulo de incidência e reflexão? Arraste o transferidor até o ponto de incidência do raio incidente fazendo coincidir com sua origem (tracinho do meio). Verifique que se o ângulo de 90° está alinhado com a interface. Em seguida mova o laser com o mouse fazendo com que o raio incidente passe pelo ângulo de 30° com a normal. Note que a normal passa pelo ZERO do transferidor. Ou seja, o ângulo

incidente (que o raio incidente faz com a normal) neste caso é 30° . Verifique em que ângulo passa o feixe refletido (este é o ângulo de reflexão, que o feixe refletido faz com a normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 60° . Qual é o novo ângulo de reflexão?

Q4 - Qual foi o ângulo de reflexão medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Foram iguais? Tem alguma lei explica este resultado?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Reparemos agora o que acontece com feixe que passa para a água.

Na caixa da direita da tela do simulador na parte inferior, que contém “água”, clique no botão azul que está abaixo da indicação de “Água” e arraste o para esquerda até tocar no marcador “Ar”. Note o que você simulou foi a troca gradual do meio 2 de propagação. Observe no transferidor o ângulo que o feixe incidente e o feixe refratado fazem com a normal. Note que com Ar em cima e em baixo este ângulo é igual.

Agora, lentamente, volte com o botão do meio 2 para a indicação “Água”. Repare o que acontece com o raio refratado.

Q5 - O que aconteceu gradativamente com o raio que passa para água? Ele se aproximou ou se afastou da reta normal?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Neste caso quando o raio de luz passa de um meio com menor índice de refração (Ar), para outro com maior índice de refração (no caso, Água), o raio sofre uma aproximação da reta normal, devido uma redução na velocidade da luz no meio de maior índice de refração. Para indicar entre dois meios aquele que tem maior ou menor índice de refração, é comum usarmos o termo “refringência”. Assim, o meio que possui maior índice de refração é o que apresenta maior refringência (mais refringente).

Vejamos agora o que acontece quando invertemos a situação, selecionando para a parte de cima um material mais refringente e para parte de baixo um material menos refringente.

Escolha na caixa da direita da tela do simulador o material “vidro” para o meio superior e para o meio na inferior a água.

Q6 - O ângulo do raio refratado com a normal aumentou ou diminuiu? Ou seja, o raio se afastou ou se aproximou da normal? Por quê observamos este comportamento?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

O simulador fornece algumas possibilidades de formarmos dioptros planos, como: ar e água, ar e vidro, vidro e água etc.

Escolha um dioptro qualquer e posicione o laser perpendicularmente ao dioptro, alinhado com a reta normal.

Q7 - O que aconteceu com a direção do raio nessa passagem entre os meios? Houve desvio do raio de luz? Pode-se dizer que houve refração?

RESPONDA NO FORMULÁRIO

Como já foi dito anteriormente, a luz possui uma velocidade diferente para cada tipo de meio.

Vamos medir agora o ângulo de incidência e de refração? Arraste o transferidor até o ponto de incidência do raio incidente fazendo coincidir com sua origem (tracinho do meio) verifique se o ângulo de 90° está alinhado com a interface.

Forme o dioptro ar na parte superior e água na parte inferior e em seguida mova o laser com o mouse fazendo com que o raio incidente passe pelo ângulo de 20° com a reta normal. Verifique em que ângulo passa o feixe refratado (este é o ângulo de refração, que o feixe refratado faz com a reta normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 40° . Qual é o novo ângulo de refração?

Q8 - Qual foi o ângulo de refração medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Em que meio temos o maior ângulo? E o menor ângulo?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Agora vamos formar o dioptro água na parte superior e ar na parte inferior.

Mova o raio incidente fazendo com que ele passe pelo ângulo de 20° com a reta normal. Verifique em que ângulo passa o feixe refratado (este é o ângulo de refração, que o feixe refratado faz com a reta normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 40° . Qual é o novo ângulo de refração?

Q9 - Qual foi o ângulo de refração medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Em que meio temos o maior ângulo? E o menor ângulo?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Coloque agora na caixa superior o material “Água” (mais refringente) e na caixa inferior o material “Ar” (menos refringente). Você já deve ter observado que a medida que aumentamos o ângulo de incidência, aumenta a quantidade de luz refletida e

diminui a quantidade luz refratada. Isso pode ser observado pelo tom mais claro do raio de luz à medida que o mesmo incide próximo a reta normal e é girado até a marca próxima dos 45° .

Comprove este fenômeno colocando-se o raio de luz passando pelo ângulo incidente de 10° e você verá o raio de luz refletido menos intenso (vermelho mais claro), aproximando-se o raio incidente de aproximadamente 45° você verá no raio refletido um aumento do tom de vermelho gradativamente. Se isso acontece é porque a parcela de luz dos raios refratados diminui com essa ação.

Q10 - Será que existe um raio incidente inclinado formando um certo ângulo com a reta normal, de tal maneira, que o raio refratado tenda a encontrar-se sobre a interface que separa os dois meios? Qual seria o valor que esse ângulo refratado tende a atingir? Se um raio incidente possuir um ângulo superior a este, o que acontecerá com o raio refratado? A partir desse ângulo, que fenômeno predominante você vê na interface dos meios?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Note que esta situação se baseia no fenômeno de reflexão interna total, que pode acontecer quando a luz viaja num meio mais refringente e tenta passar para um meio menos refringente, mas não consegue.

Consolidação para roteiro 1: Desvio da Luz

O estudo da refração da luz possibilita o entendimento de alguns fenômenos do nosso cotidiano, como a aparente profundidade de uma piscina, as miragens nas rodovias em dias quentes e o arco-íris. Também é a base para fabricação de muitos instrumentos ópticos conhecidos, como lupa, lunetas, microscópios, câmeras fotográficas, óculos, binóculos e projetores de imagens.

Para continuarmos nosso estudo é necessário conhecermos um pouco sobre a natureza da luz.

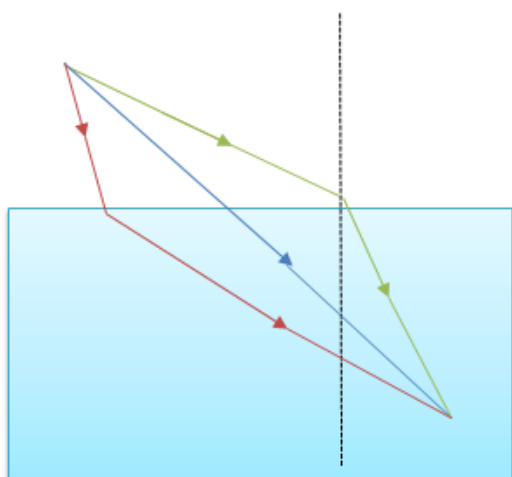
Quando ligamos a luz de um quarto, certamente ela demora um intervalo tempo até sair da lâmpada e chegar ao chão ou numa tempestade quando vemos primeiro o raio e logo em seguida ouvimos o trovão. Concluímos que a velocidade da luz é consideravelmente maior que a velocidade som.

Podemos então perceber que a luz demora um determinado tempo para percorrer uma certa distância e não possui velocidade infinita.

Através dessa informação podemos apresentar um princípio que é usado para determinar a trajetória dos raios luminosos que foi desenvolvido por Pierre Fermat (1601-1665), conhecido também como *princípio do tempo mínimo*, que diz que um raio de luz se propaga entre dois pontos quaisquer, a trajetória seguida é aquela que requer menor tempo de trânsito. Uma consequência evidente desse princípio é a de que os raios se propagam em linha reta num meio homogêneo e isotrópico, pois a reta é a menor distância entre dois pontos desse meio. Vamos entender de uma maneira mais simples através da explicação abaixo:

Qual é o caminho mais rápido para luz sair de A, atravessar a água e atingir B?

Figura 21 – Refração



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Física em contextos, 2011, p.336

Para a luz é mais fácil deslocar-se no ar, assim ela percorre o maior caminho possível no meio menos refringente, deixando o caminho menor para o meio mais refringente. Como temos velocidades diferentes, não podemos simplesmente medir o menor trajeto, o menor tempo será obtido em uma compensação entre distância e

velocidade. O trajeto de menor tempo é o destacado em verde. Desta forma a velocidade da luz depende do meio em que está atravessando, veja a tabela abaixo:

Tabela 1 - velocidade da luz em determinados meios.

Meio	Velocidade da luz
Vácuo	299.792,458 km/s
Ar	299.702,547 km/s
Água	225.407,863 km/s
Vidro	199.861,638 km/s

Fonte: Fascículo 7- unidade 16 e 17, módulo 4 ciências da natureza e suas tecnologias - CEJA Centro de estudos de jovens e adultos, 2012, p.55.

Podemos associar a mudança de velocidade de propagação a uma grandeza de destaque no estudo da luz que é o índice de refração. Dado por $n = c/v$

c - Velocidade da luz no vácuo.

V - Velocidade da luz num determinado meio.

Note que, se o meio considerado for o próprio vácuo, teremos $n = c/c = 1$. Desta forma o índice de refração absoluto do vácuo é igual a 1. Num meio material, porém, temos sempre v menor que c. Consequentemente, o índice de refração de um meio material é sempre maior que 1. Veja alguns índices de refração e seus respectivos materiais.

Tabela com índices de refração absolutos

Meio	Índice de refração(n)
Vácuo	Exatamente 1
Ar(CNTP)	1,00029
Água(20°C)	1,33
Vidro típico acromático	1,52

Fonte: Halliday,D.;Resnick,R; Walker,J., 1995, p.2

Notas:

Quanto maior a densidade de uma mesma substância, maior é o seu índice de refração. A pressão e a temperatura influem no índice de refração do material porque influem em suas densidades. Embora o índice de refração do ar seja ligeiramente maior que 1 e dependa da frequência da luz, é comum o uso do valor 1 para facilitar a aplicação nos exercícios.

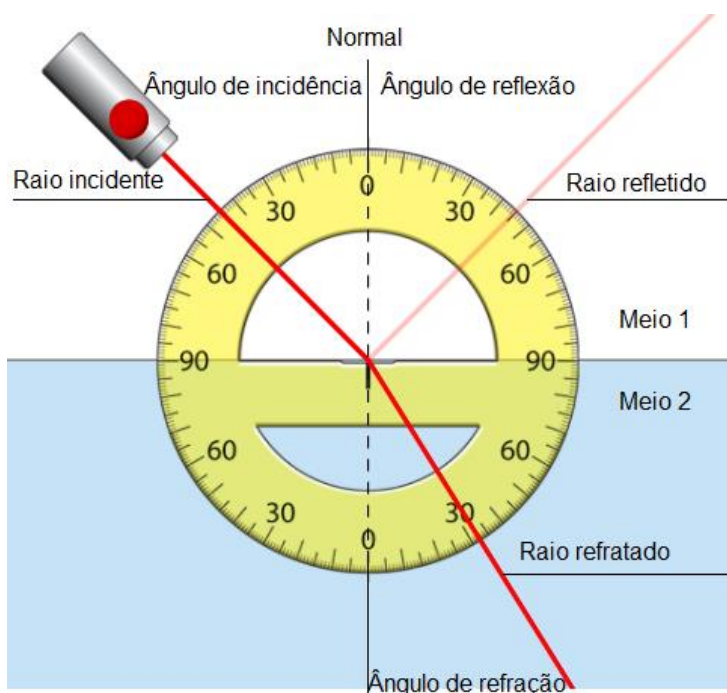
A refração da luz é o fenômeno em que consiste no fato da luz ser transmitida de um meio para outro opticamente diferente. Nesta passagem da luz de um meio para outro, a velocidade de propagação da luz necessariamente se altera e em geral provoca um desvio da luz. Como já vimos em nossos estudos, a refração acontece simultaneamente com a reflexão, parte da luz é refletida e parte é refratada.

Leis da reflexão

1ª - O raio refletido, a reta normal e o raio incidente são coplanares.

2ª - O ângulo de reflexão é sempre igual ao ângulo de incidência.

Figura 22 - Mudança de direção do feixe luminoso na passagem do meio 1 para o meio 2.



Fonte: Tela de simulação desvio da luz

Note que parte da luz que chega à superfície é refletida, segundo a lei da reflexão, enquanto que a outra parcela penetra no meio 2. O ângulo de refração formado pelo raio que adentrou o meio 2 e a normal, é diferente do ângulo incidente.

O raio ao penetrar no meio 2 aproximou-se da reta normal, o que equivale a dizer que o ângulo de refração é menor que o ângulo de incidência.

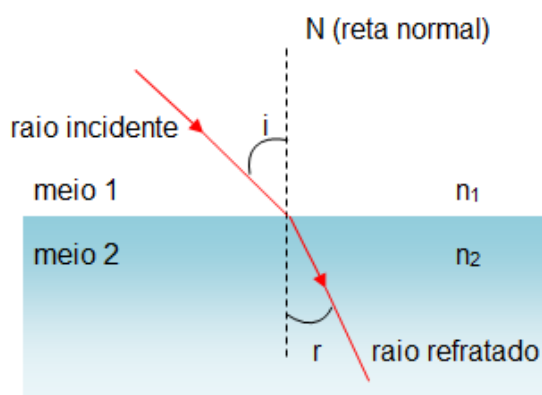
Lei de Snell – Descartes

Existe uma equação que nos fornece quantitativamente a variação angular entre os raios incidente e refratado, e que nos possibilita descobrir qual o ângulo do raio refratado, a partir do ângulo incidente e vice-versa. Representada por:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{Sen } r$$

onde n_1 é o índice de refração do meio 1 e i o ângulo incidente, e n_2 é o índice de refração do meio 2 e r o ângulo refratado. Veja a figura seguir.

Figura 22 - Representação esquemática da refração.

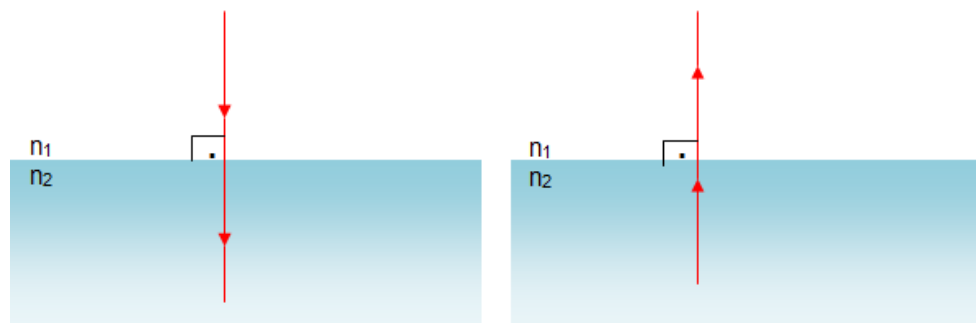


Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em Física em contextos, 2011, p.334

Desvio na trajetória e o índice de refração

Pela lei da refração, para $i = 0^\circ$, temos que: $i = 0^\circ \Rightarrow \text{sen } i = 0 \Rightarrow \text{sen } r = 0 \Rightarrow r = 0^\circ$. Nesta situação a passagem da luz entre meios diferentes não gera mudança na trajetória do raio.

Figura 23 - Incidência perpendicular à superfície de separação.

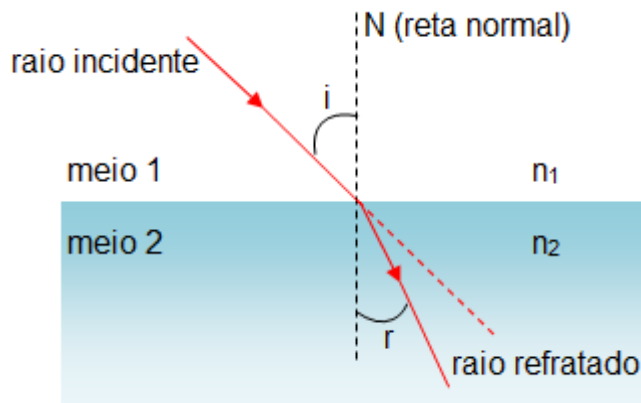


Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em Física em contextos, 2011, p.335.

Para a incidência oblíqua, o desvio do trajeto inicial da luz vai depender dos valores dos índices de refração dos meios em questão.

1) se o raio de luz se propaga de um meio de menor índice de refração para outro de índice maior, o raio se aproxima da reta normal. Se $n_2 > n_1 \Rightarrow \sin i > \sin r \Rightarrow i > r$. Sendo o ângulo r menor que o ângulo i , o raio de luz refratado é mais próximo da reta normal.

Figura 24 - Desvio da luz do meio menos refringente para o meio mais refringente.



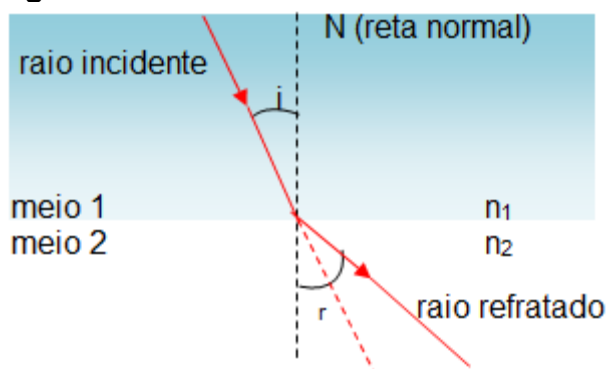
Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em Física em contextos, 2011, p.335.

2) Se o raio de luz se propaga de um meio de maior índice de refração para outro de índice menor, o raio se afasta da reta normal.

se $n_2 < n_1 \Rightarrow \sin i < \sin r \Rightarrow i < r$

Sendo o ângulo r maior que o ângulo i , o raio de luz refratado é mais afastado da reta normal.

Figura 24 - Desvio da luz do meio mais refringente para o meio menos refringente.



Fonte: Elaborada pelo autor, baseada em Física em contextos, 2011, p.335.

Ângulo Limite

Com o que apresentamos até o momento, podemos explorar um fenômeno bastante interessante, responsável pelas comunicações digitais, como telefonia móvel e fixa, Internet, transações bancárias, dentre outros. A fibra óptica, largamente usada nas comunicações, baseia-se no fenômeno de reflexão interna total, que pode ocorrer quando a luz viaja num meio mais refringente e tenta passar para um meio menos refringente e não consegue.

Figura 25 - Fibra óptica

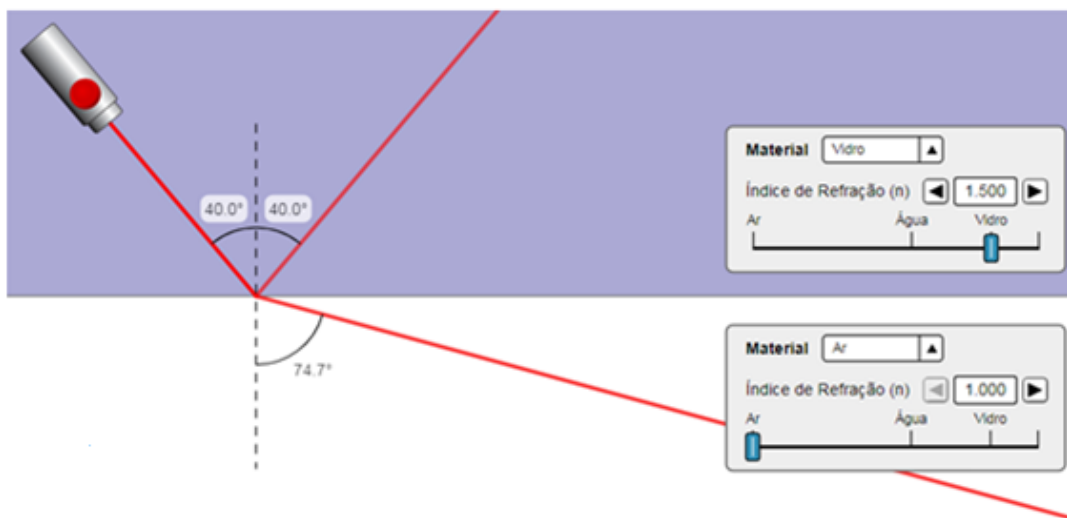


Fonte: Disponível em:

https://static8.depositphotos.com/1040728/938/i/110/depositphotos_9388644-stock-photo-optical-fibres.jpg.

Para que isso ocorra, o ângulo de incidência tem de ser maior que o ângulo limite. Esse ângulo específico é determinado da seguinte forma: se formos aumentando o ângulo de incidência, podemos notar que o raio refratado afasta-se cada vez mais da reta normal. Observe as figuras obtidas com a simulação do PhET.

Figura 26 - (a)



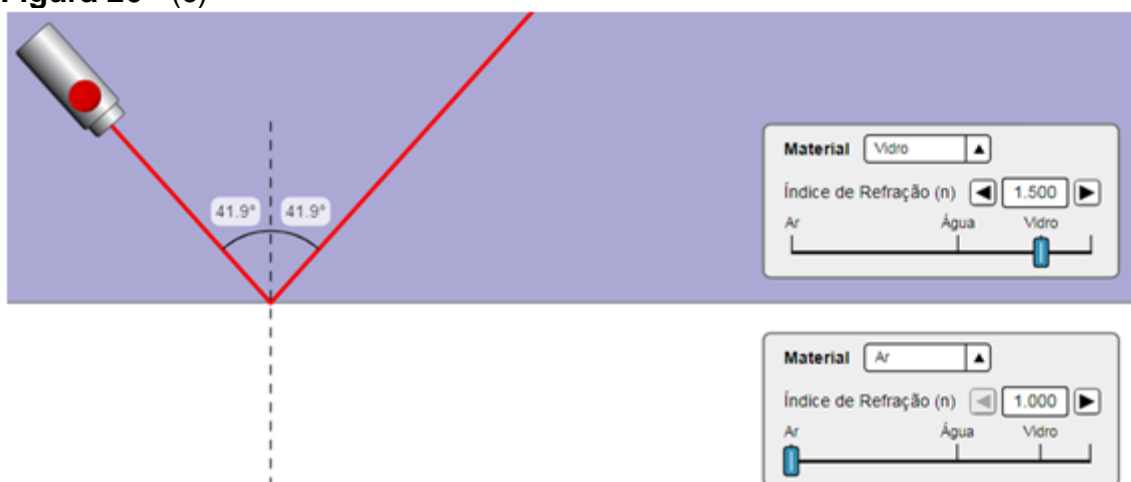
Fonte: Tela de simulação desvio da luz.

Figura 26 - (b)



Fonte: Tela de simulação desvio da luz.

Figura 26 - (c)



Fonte: Tela de simulação desvio da luz

Chegará um momento que o raio refratado passará praticamente rasante à superfície da água, isto é, tendendo 90° . Aumentando um pouco mais o ângulo de incidência, a luz será refletida totalmente e atingimos assim o ângulo limite. A fibra óptica é capaz de transmitir informação, através de raios luminosos que são refletidos repetidas vezes dentro de um tubo transparente, como na figura 27.

Figura 27 - Representação esquemática do funcionamento da fibra óptica.



Fonte:Elaborada pelo autor.

Simulador: Lentes

INSTRUÇÕES

Caro Aluno,

Esta sequência didática tem o objetivo de revisar e aprofundar seu estudo sobre refração da luz.

Entre no simulador Phet para realizar as simulações indicadas na sequência:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Entre também no formulário eletrônico para dar as respostas das atividades

RESPONDA NO LINK: <https://goo.gl/forms/Wt7oBywK53LmiPf63>>.

Bom Estudo!

Prof. Agnaldo

Você já viu uma lente de aumento? Para que ele serve? Uma lente de aumento pode produzir uma imagem menor do que o tamanho do objeto? Vamos poder responder a estas questões estudando como se forma uma imagem com uma lente. Para tanto, utilizaremos o simulador “Ótica Geométrica” do Phet.

Abra o simulador “Óptica Geométrica. Na tela está representada uma lente. Esta lente é conhecida como biconvexa, pois as duas faces são superfícies convexas. Veja que aparece um objeto à esquerda e a sua imagem à direita. Veja também que aparece marcada a posição do foco da lente, indicado pelo X, que a esquerda corresponde ao foco principal objeto e a direita ao foco principal imagem. Note a linha horizontal azul. Ela passa bem no centro da lente e é conhecido como eixo principal.

A caixa verde acima da lente possui algumas representações e alguns botões. A caixa pequena no canto superior à esquerda com bordas azuis fornece alguns tipos de raios luminosos. Escolha a representação “Sem raios” e em seguida arraste o lápis até que a sua borracha fique sobre o raio principal.

Para a construção de imagens gráficas, alguns raios luminosos obedecem a determinadas condições e propriedades. Escolha a representação de “Raios principais” e observe os raios que aparecem.

Q1 - Quantos raios aparecem? Veja o raio superior. Com relação ao eixo principal, ele está inclinado ou paralelo? Ao passar pela lente, em que ponto ele passa do lado direito?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Este é um dos casos particulares que ocorrem com os raios luminosos.

“Todo raio que incide paralelamente ao eixo principal refrata passando pelo foco principal imagem”.

Observando mais um pouco, veja o raio do meio e o raio inferior.

Q2 - Em que ponto da lente incide o raio do meio? Ele sofreu algum desvio?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Trata-se de mais um caso de comportamento dos raios principais.

“Todo raio luminoso que incide pelo centro óptico se refrata diretamente, sem sofrer desvio.”

Q3 - O raio de baixo passa por algum ponto especial ao cruzar o eixo principal? Que ponto é este? Como este raio se propaga ao passar pela lente? Ele é paralelo ao eixo principal?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Neste último caso temos que:

“Todo raio luminoso que incide alinhado com o foco refrata paralelamente ao eixo principal.”

Observe que os três raios ao refratarem, atravessam a lente determinando a posição da formação da imagem do ponto de onde partiram. Isto pode ser confirmado observando um segundo ponto do objeto.

Acione a opção do “2º ponto” na parte inferior esquerda da caixa de comando. Observe o que acontece. (Observe se estão sendo simulados os “Raios Principais”)

Q4 - Os raios que partem do segundo ponto têm o mesmo comportamento que os três raios que partiram do ponto anterior?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

No primeiro botão da esquerda para direita (Raio de Curvatura) na caixa verde podemos alterar o raio de curvatura das faces da lente.

Q5 - Deslizando este botão para esquerda e depois para direita, o que acontece com a espessura da lente azul?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Em geral, no estudo das lentes, é comum desprezarmos a sua espessura em comparação com os raios de curvatura. As lentes que satisfazem essa condição são denominadas **lentes delgadas**.

As lentes são corpos transparentes, geralmente fabricados em vidro, cristal ou acrílico. O segundo botão da esquerda para direita (Índice de Refração) você pode alterar esta propriedade do material e funciona como se você estivesse mudando o material de que é feito a lente.

Q6 - Varie o índice de refração. O que acontece com o foco da lente? E com a imagem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

A lente biconvexa tem um comportamento convergente e é largamente usada em instrumentos ópticos, tais como: lunetas, lupa, microscópios, projetores de cinema, máquina fotográfica, etc. As imagens formadas por esse tipo de lente podem ser projetadas em um anteparo, por isso são chamadas de imagem reais. Uma imagem real é formada pelo cruzamento efetivo dos raios de luz, enquanto uma lente com comportamento divergente forma sempre imagem virtual não projetável, pois não é formada por cruzamento efetivo de raios de luz.

E quanto ao diâmetro da lente? Ele é importante? Vamos verificar qual é a influência do tamanho da lente para formação de imagem. Para isso vamos utilizar a opção “Muitos raios” da caixa de comando esquerda. Depois de acionar esta opção irão aparecer inúmeros raios partindo do mesmo ponto.

Agora como o botão “diâmetro” diminua do tamanho da lente levando-o para esquerda até ficar com o valor de 0.3. Observe a imagem.

Em seguida, vá aumentando o diâmetro da lente até que chegar no valor 1.3, sempre observando a imagem.

Q7 - Qual a influência do diâmetro (tamanho) da lente? A imagem muda de tamanho? Muda de posição? Fica com a mesma intensidade?

Agora vamos entender a construção de imagens com essa lente.

Usando a caixa da esquerda, volte a mostrar apenas os “Raios Principais”. Mantenha a base do lápis sobre o eixo principal (Linha azul) e afaste o lápis (Objeto) para a esquerda.

Q8 - O que acontece com a imagem? Ela muda a posição? Se mudar, como ela muda? E quanto ao seu tamanho? Você conhece alguma situação da vida prática em que é produzida esse tipo de imagem com essas características.

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Vamos ver agora o que acontece com a imagem quando o objeto se aproxima da lente.

Clique selecionando a régua no canto inferior direito da caixa verde. Arraste a régua sobre o eixo principal, posicionando o centro óptico da lente a 90 cm do foco principal objeto. Agora vamos aproximar o lápis da lente, de modo que o lápis (objeto) fique a uma distância que seja o dobro da distância da lente ao ponto ao ponto focal.

Q9 - O que acontece com a posição e o tamanho da sua imagem?

(Verifique arrastando a régua para medir tanto a distância do objeto a lente, quanto a distância da imagem a lente).

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Arraste agora o lápis(objeto) até posicioná-lo sobre o foco da lente.

Q10 - Em que posição os raios principais emergem da lente? É possível localizar essa imagem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Finalmente arraste o lápis (objeto) e posicione o mesmo entre o centro óptico da lente e o ponto focal objeto da lente

Q11 - É formada alguma imagem? Os raios refratados vão se cruzar? Eles convergem ou divergem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Agora selecione a opção “imagem virtual” no canto direito da caixa superior.

Q12 - Aparece alguma imagem? Se aparece, isso se dá antes ou depois da lente?

Como é vista a imagem do objeto quanto a posição e o seu tamanho? Aumenta ou diminui o tamanho? Fica mais perto da lente que o objeto?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Q13 - A imagem que apareceu foi formada com o encontro dos raios refratados ou com o seu prolongamento? Os raios se cruzam?

Quando a imagem é formada pelo encontro do prolongamento dos raios refratados, ou seja, se eles não se cruzam realmente, vemos que esta imagem é vista do mesmo lado do objeto, por isso sendo chamada de imagem virtual, pois é necessário fazer os prolongamentos dos raios que emergem da lente a fim de encontrar a interseção dos raios, definindo a posição da imagem

Q14 - Você conhece algum instrumento óptico que produz esta posição de imagem? Em caso positivo cite-o.

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

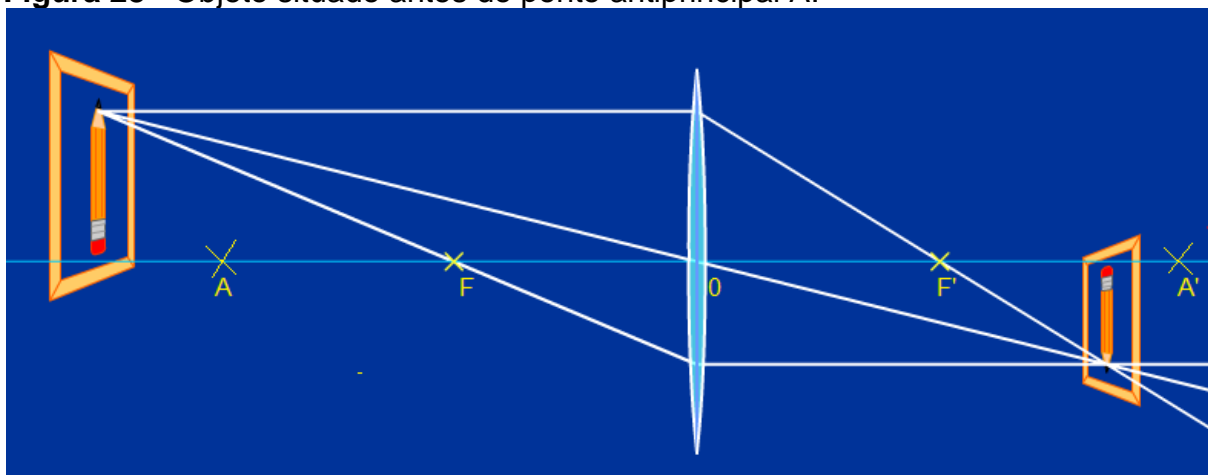
Consolidação do roteiro 2: Ótica Geométrica - lentes

Formação de imagens nas lentes

Dependendo da posição em o objeto é colocado em relação à lente convergente, podemos ter três situações importantes;

1ª) Objeto situado antes do ponto antiprincipal A: a imagem formada é **real**, **invertida** e **menor do que o objeto**.

Figura 28 - Objeto situado antes do ponto antiprincipal A.



Fonte: Tela de simulação Lentes.

É esse tipo de imagem que se obtém nas máquinas fotográficas. A imagem real formada pela lente convergente, denominada **objetiva**, é projetada nas câmeras digitais num sensor (conjunto de células sensíveis à luz).

Figura 29 - Esquema de máquina fotográfica.

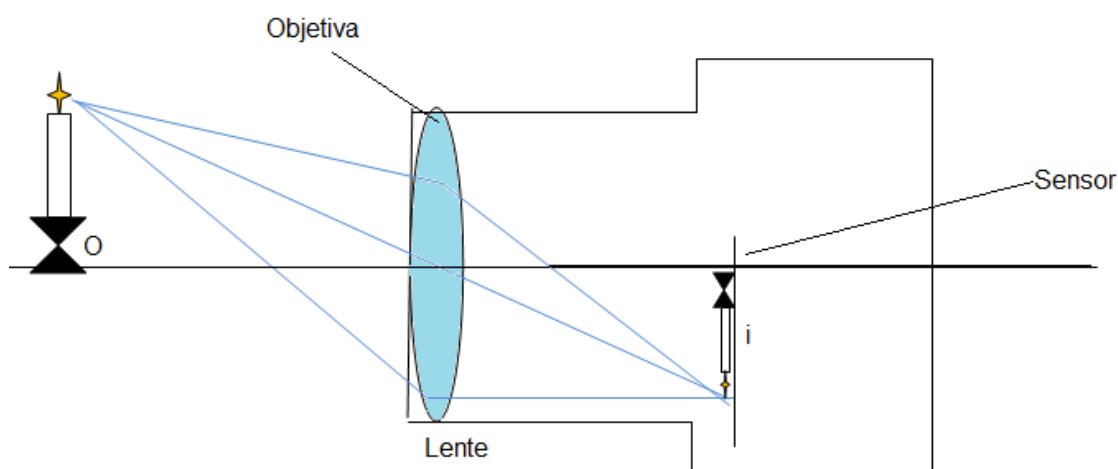
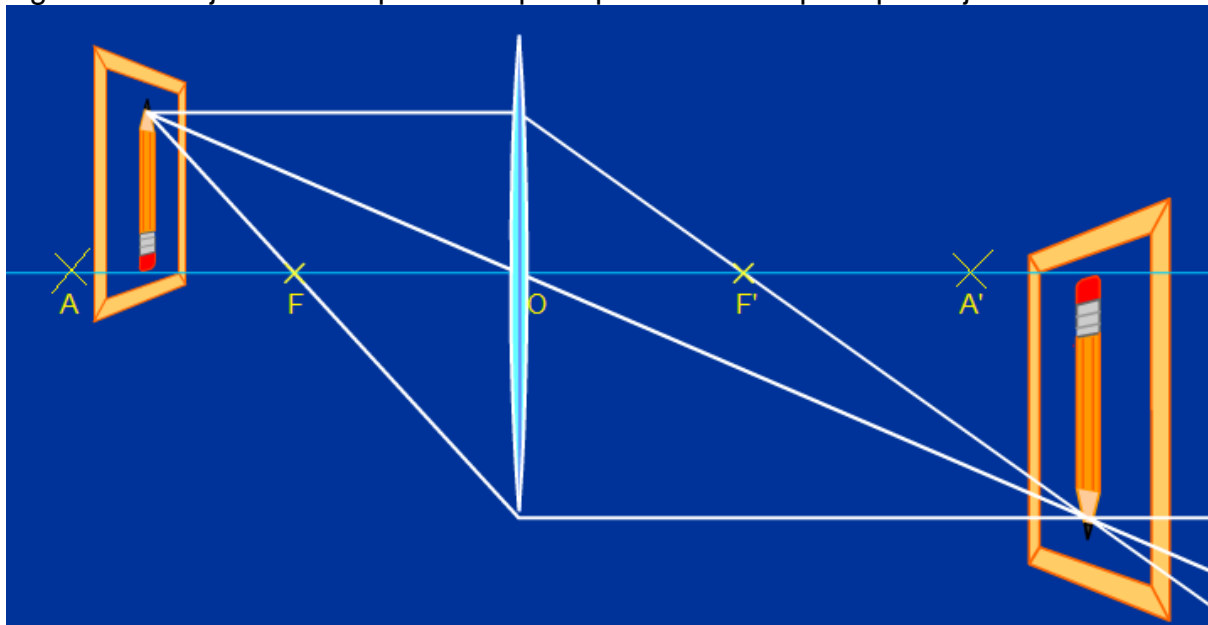


Figura: Elaborada pelo autor

2º Objeto entre o ponto antiprincipal A e o foco principal objeto F: a imagem formada é **real, invertida e maior do que o objeto**.

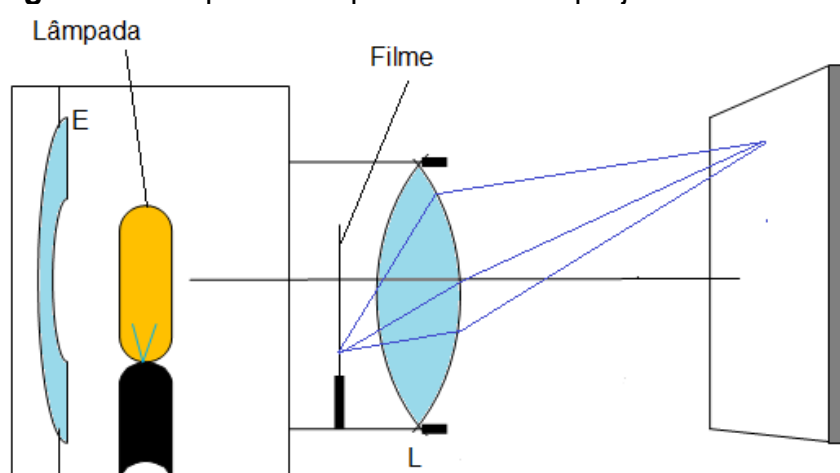
Figura 30 - Objeto entre o ponto antiprincipal A e o foco principal objeto F.



Fonte: Tela de simulação Lentes.

É esse o tipo de imagem que se obtém nos **projetores de cinema**. A imagem real e ampliada é projetada na tela.

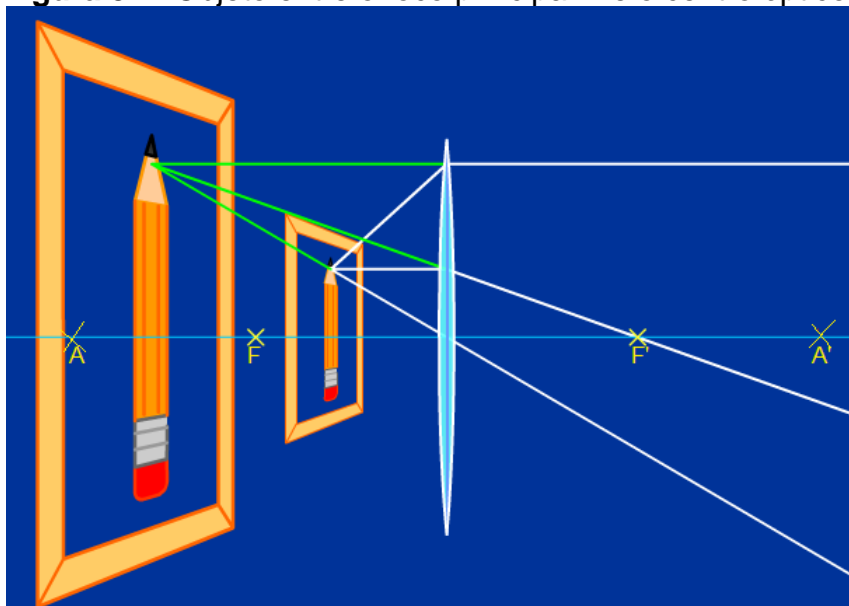
Figura 31- Esquema simplificado de um projetor de cinema.



Fonte: elaborada pelo autor.

3º) Objeto entre o foco principal F e o centro óptico O: a imagem formada é **virtual, direita e maior do que o objeto**.

Figura 32 - Objeto entre o foco principal F e o centro óptico O.



Fonte: Tela de simulação lentes.

É esse o tipo de imagem que se obtém nas lupas (lentes de aumento).

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
SBF/CAPEs**

Produto Educacional

**Sequência Didática para Ensino de Óptica: um olhar para a
modalidade CEJA**

Manual de aplicação

Aginaldo de Carvalho Sant`Anna

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Oliveira Huguenin

Caro professor,

Este manual contém informações sobre o produto educacional **Sequências didáticas para ensino de óptica - um olhar para a modalidade CEJA** desenvolvido no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Polo 15 – Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal Fluminense.

O Manual está dividido em 5 partes:

- 1) Tutorial PHET – Desvio da luz
- 2) Tutorial PHET – Ótica geométrica -Lentes
- 3) Roteiro 1
- 4) Roteiro 2
- 5) Como usar o Formulários Google

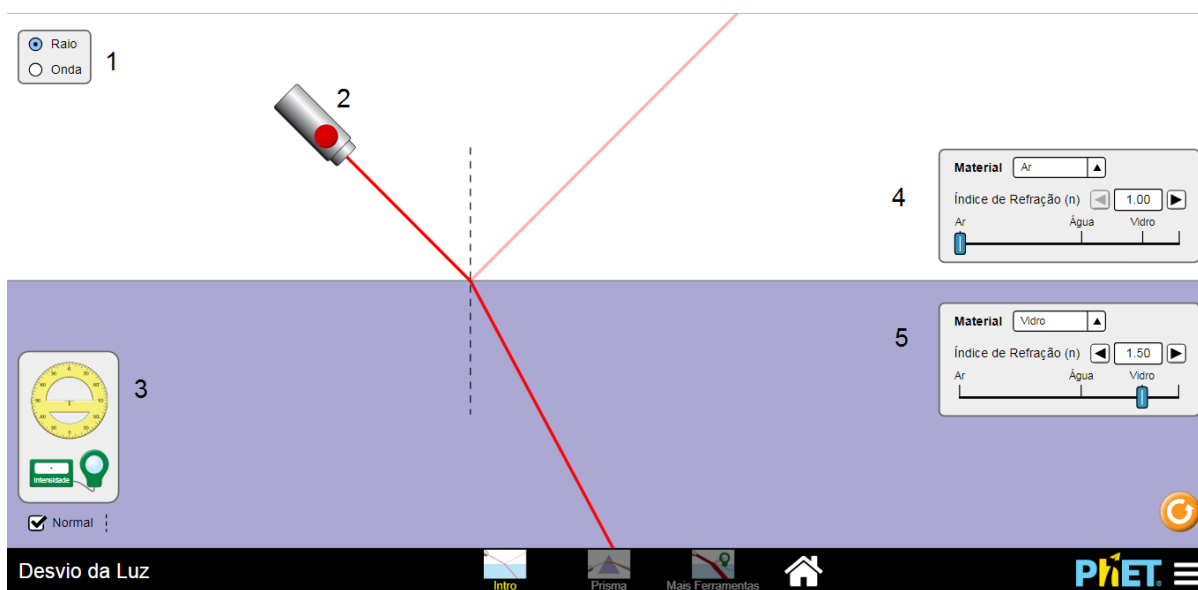
Tutorial PHET – Desvio da luz

As simulações utilizadas nesta atividade esta disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/light-and-radiation um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências. É disponibilizado em seu portal para serem usados on-line ou serem baixados gratuitamente onde procura conectar fenômenos diários com a ciência que está por trás deles, oferecendo aos alunos modelos fisicamente correto de maneira acessível.

Nesse tutorial faremos uma breve descrição dos recursos do simulador utilizados nas sequências didáticas.

Na figura abaixo cada número corresponde a uma caixa de recurso disponível na tela do simulador e vamos descrever cada ação que ele permite.

Figura 21- Tela de abertura da simulação Desvio da luz



Fonte: PHET, 2018

1 – Nessa caixa temos dois botões que permitem que se faça uma seleção do tipo de luz a ser utilizada na simulação: na opção **raio** temos um feixe de luz cilíndrico e colimado, na opção **onda** teremos uma frente de onda reta.

2 – Temos o laser com o seu botão de acionamento.

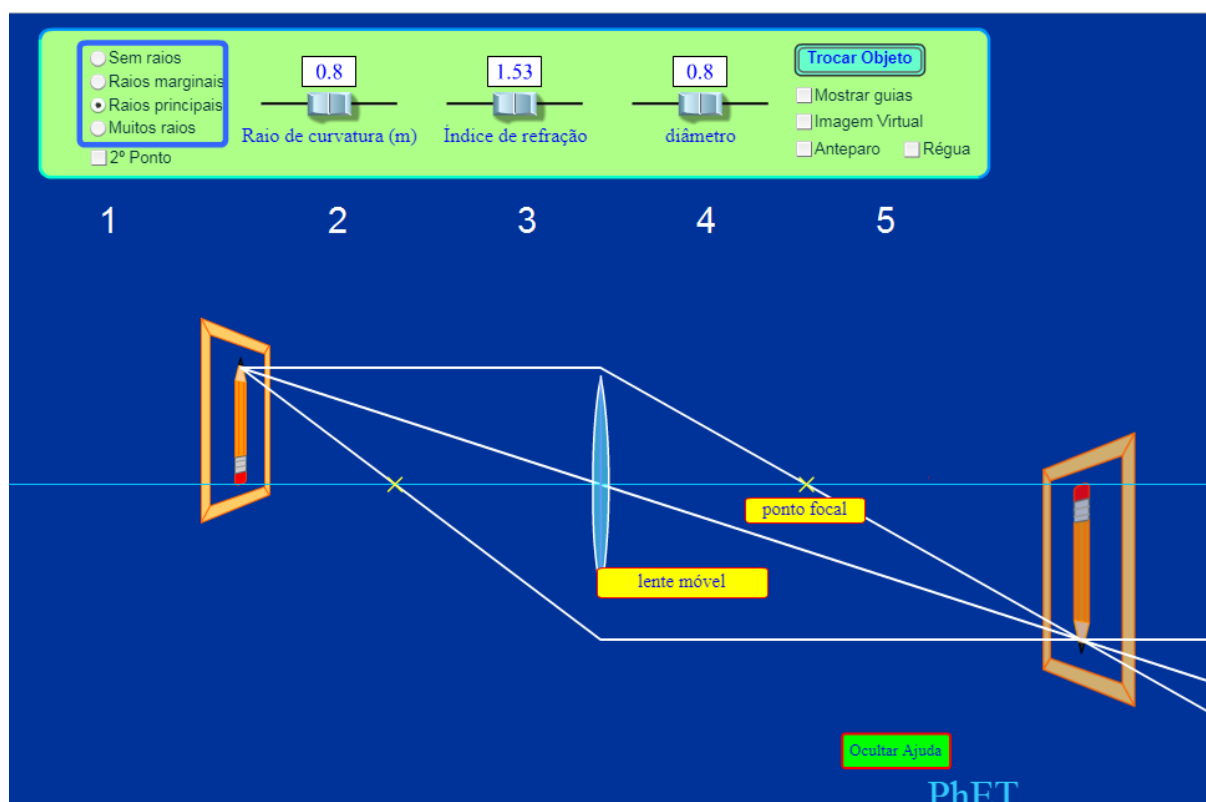
3 – São disponibilizadas nessa caixa, duas ferramentas: um transferidor para fazer a medida dos ângulos e um luxímetro para fazer a medida da intensidade da luz que chega ao seu sensor. Logo abaixo temos a possibilidade de selecionar ou não a reta normal.

4 – Caixa de seleção do material da primeira superfície, com o seu respectivo índice de refração, acompanhado de um botão azul deslizante.

5 - Caixa de seleção do material da segunda superfície, com o seu respectivo índice de refração, acompanhado de um botão azul deslizante.

Tutorial PHET – Ótica geométrica – Lentes

Figura 21- Tela de abertura da simulação lentes



Fonte: PHET, 2018

1 - Nessa caixa é possível selecionar alguns tipos de raios, utilizamos a seleção de raios principais que possuem comportamento característico para a formação da imagem

2 – Trata-se de um botão deslizante que ajusta o raio de curvatura, provocando a mudança da distância focal.

3 – Nesse botão deslizante é feita a mudança do índice de refração, isto é, do material que constitui a lente, que quando acionado altera a sua distância focal.

4 - O referido botão deslizante aumenta o tamanho da lente.

5 – Nessa caixa utilizamos a seleção de imagem virtual para a formação de imagem de um objeto entre o foco e o centro óptico. Também utilizamos a seleção da régua que permite medidas de abscissas e de distância focal.

Obs.: O objeto e a lente podem se arrastados para melhor localizar a imagem.

Roteiro 1

Simulador: Desvio da Luz

INSTRUÇÕES

Caro Aluno,

Esta sequência didática tem o objetivo de revisar e aprofundar seu estudo sobre refração da luz.

Entre no simulador Phet para realizar as simulações indicadas na sequência:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Entre também no formulário eletrônico para dar as respostas das atividades

RESPONDA NO LINK: <https://goo.gl/forms/Wt7oBywK53LmiPf63>

Bom Estudo!

Prof. Agnaldo

Nas atividades feitas na plataforma, você viu que a luz se propaga em diferentes meios, como ar, água, vidros, entre outros meios. Em geral quando temos um meio diferente do ar, chamamo-los de dióptros. Você também viu que em cada meio ela possui uma velocidade diferente. Esse fenômeno é a refração. Você sabe uma importante consequência deste efeito? Veja a figura do lápis no copo d'água:

Figura 20 - Refração da luz



Fonte: www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/2016/06/24/refracao-da-luz-entenda-o-fenomeno/

Q1: O que faz um lápis parecer quebrado dentro de um copo com água?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Não devemos, contudo esquecer que o fenômeno da refração nunca ocorre sozinho, uma vez que pelo menos uma parte da luz incidente na fronteira do dióptro certamente sofre reflexão.

Vamos ver como ocorre este efeito desvio da luz através do simulador.

Abra o simulador “Desvio da Luz”. Na tela está representado um laser, que neste caso é nossa fonte luminosa. O laser simula um “raio luminoso”, uma vez que seu feixe se propaga em linha reta e não diverge muito. Nós podemos escolher até dois meios diferentes. Note que você pode mudar os meios de propagação, com seus respectivos índices de refração. O raio luminoso vai sempre atravessar uma interface plana (representada pela linha horizontal).

Vamos ver o que acontece se os meios nos dois lados da interface for o mesmo material. Escolha na caixa à direita da tela do simulador o material “Ar” tanto na parte superior quanto na inferior e ligue o laser no botão vermelho (verifique se na caixa superior esquerda a opção “Raio” está marcada).

Q2 - Nesta situação, o raio sobre algum desvio? Você observa alguma parte da luz sendo refletida? Explique sua resposta. Porque aconteceu isso?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Neste caso, quando o material é o mesmo, ou seja, tem o mesmo índice de refração! Note na caixa do Material.

Vejamos o que o acontece quando a parte de baixo é feita com material diferente. Vamos simular a parte de baixo como sendo água. Escolha este material no simulador

Q3 - Mudou alguma coisa? A luz que passa do ar para água continua a mesma trajetória, ou desvia? Tem alguma parte da luz sendo refletida? Por que isso acontece?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Você sabe qual é o ângulo que o feixe refletido faz com a normal? (Lembre-se que a normal é a reta perpendicular à interface! No simulador ela é representada pela linha vertical tracejada, passando bem no ponto em que o raio luminoso troca de meio.)

Vamos medir o ângulo de incidência e reflexão? Arraste o transferidor até o ponto de incidência do raio incidente fazendo coincidir com sua origem (tracinho do meio) Verifique que se o ângulo de 90° está alinhado com a interface. Em seguida mova o

laser com o mouse fazendo com que o raio incidente passe pelo ângulo de 30° com a normal. Note que a normal passa pelo ZERO do transferidor. Ou seja, o ângulo incidente (que o raio incidente faz com a normal) neste caso é 30° . Verifique em que ângulo passa o feixe refletido (este é o ângulo de reflexão, que o feixe refletido faz com a normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 60° . Qual é o novo ângulo de reflexão?

Q4 - Qual foi o ângulo de reflexão medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Foram iguais? Tem alguma lei explica este resultado?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Reparemos agora o que acontece com feixe que passa para a água.

Na caixa da direita da tela do simulador na parte inferior, que contém “água”, clique no botão azul que está abaixo da indicação de “Água” e arraste o para esquerda até tocar no marcador “Ar”. Note o que você simulou foi a troca gradual do meio 2 de propagação. Observe no transferidor o ângulo que o feixe incidente e o feixe refratado fazem com a normal. Note que com Ar em cima e em baixo este ângulo é igual.

Agora, lentamente, volte com o botão do meio 2 para a indicação “Água”. Repare o que acontece com o raio refratado.

Q5 - O que aconteceu gradativamente com o raio que passa para água? Ele se aproximou ou se afastou da reta normal?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Neste caso quando o raio de luz passa de um meio com menor índice de refração (Ar), para outro com maior índice de refração (no caso, Água), o raio sofre uma aproximação da reta normal, devido uma redução na velocidade da luz no meio de maior índice de refração. Para indicar entre dois meios aquele que tem maior ou menor índice de refração, é comum usarmos o termo “refringência”. Assim, o meio que possui maior índice de refração é o que apresenta maior refringência (mais refringente).

Vejamos agora o que acontece quando invertemos a situação, selecionando para a parte de cima um material mais refringente e para parte de baixo um material menos refringente.

Escolha na caixa da direita da tela do simulador o material “vidro” para o meio superior e para o meio na inferior a água.

Q6 - O ângulo do raio refratado com a normal aumentou ou diminuiu? Ou seja, o raio se afastou ou se aproximou da normal? Por que observamos este comportamento?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

O simulador fornece algumas possibilidades de formarmos dioptros planos, como: ar e água, ar e vidro, vidro e água etc.

Escolha um dioptro qualquer e posicione o laser perpendicularmente ao dioptro, alinhado com a reta normal.

Q7 - O que aconteceu com a direção do raio nessa passagem entre os meios? Houve desvio do raio de luz? Pode-se dizer que houve refração?

RESPONDA NO FORMULÁRIO

Como já foi dito anteriormente, a luz possui uma velocidade diferente para cada tipo de meio.

Vamos medir agora o ângulo de incidência e de refração? Arraste o transferidor até o ponto de incidência do raio incidente fazendo coincidir com sua origem (tracinho do meio) verifique se o ângulo de 90° está alinhado com a interface.

Forme o dioptro ar na parte superior e água na parte inferior e em seguida mova o laser com o mouse fazendo com que o raio incidente passe pelo ângulo de 20° com a reta normal. Verifique em que ângulo passa o feixe refratado (este é o ângulo de refração, que o feixe refratado faz com a reta normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 40° . Qual é o novo ângulo de refração?

Q8 - Qual foi o ângulo de refração medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Em que meio temos o maior ângulo? E o menor ângulo?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Agora vamos formar o dioptro água na parte superior e ar na parte inferior.

Mova o raio incidente fazendo com que ele passe pelo ângulo de 20° com a reta normal. Verifique em que ângulo passa o feixe refratado (este é o ângulo de refração, que o feixe refratado faz com a reta normal.)

Mude agora o ângulo incidente para 40° . Qual é o novo ângulo de refração?

Q9 - Qual foi o ângulo de refração medido para cada ângulo de incidência fixado? Foram diferentes? Em que meio temos o maior ângulo? E o menor ângulo?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Coloque agora na caixa superior o material “Água” (mais refringente) e na caixa inferior o material “Ar” (menos refringente). Você já deve ter observado que a medida que aumentamos o ângulo de incidência, aumenta a quantidade de luz refletida e diminui a quantidade luz refratada. Isso pode ser observado pelo tom mais claro do raio luz à medida que o mesmo é incidido próximo a reta normal e é girado até a marca próxima dos 45° .

Comprove este fenômeno colocando-se o raio de luz passando pelo ângulo incidente de 10° e você verá o raio de luz refletido menos intenso (vermelho mais claro), aproximando-se o raio incidente de aproximadamente 45° você verá no raio refletido um aumento do tom de vermelho gradativamente. Se isso acontece é porque as parcelas de luz dos raios refratados diminuem com essa ação.

Q10 - Será que existe um raio incidente inclinado formando certo ângulo com a reta normal, de tal maneira, que o raio refratado tenda a encontra-se sobre a interface que separa os dois meios? Qual seria o valor que esse ângulo refratado tende atingir? Se um raio incidente possuir um ângulo superior a este, o que acontecerá com o raio refratado? A partir desse ângulo, que fenômeno predominante você vê na interface dos meios?

RESPONDA NO FORMULÁRIO ELETRÔNICO

Note que esta situação baseia-se no fenômeno de reflexão interna total, que pode acontecer quando a luz viaja num meio mais refringente e tenta passar para um meio menos refringente, mas não consegue.

Roteiro 2

Simulador: Lentes

INSTRUÇÕES

Caro Aluno,

Esta sequência didática tem o objetivo de revisar e aprofundar seu estudo sobre refração da luz.

Entre no simulador Phet para realizar as simulações indicadas na sequência:
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics

Entre também no formulário eletrônico para dar as respostas das atividades

RESPONDA NO LINK: <https://goo.gl/forms/Wt7oBywK53LmiPf63>

Bom Estudo!

Prof. Agnaldo

Você já viu uma lente de aumento? Para que ele serve? Uma lente de aumento pode produzir uma imagem menor do que o tamanho do objeto? Vamos poder responder a estas questões estudando como se forma uma imagem com uma lente. Para tanto, utilizaremos o simulador “Ótica Geométrica” do Phet.

Abra o simulador “Ótica Geométrica. Na tela está representada uma lente Esta lente é conhecida como biconvexa, pois as duas faces são superfícies convexas. Veja que aparece um objeto à esquerda e a sua imagem à direita. Veja também que aparece marcada a posição do foco da lente, indicado pelo X, que a esquerda corresponde ao foco principal objeto e a direita ao foco principal imagem. Note a linha horizontal azul. Ela passa bem no centro da lente e é conhecido como eixo principal.

A caixa verde acima da lente possui algumas representações e alguns botões. A caixa pequena no canto superior à esquerda com bordas azuis fornece alguns tipos de raios luminosos. Escolha a representação “Sem raios” e em seguida arraste o lápis até que a sua borracha fique sobre o raio principal.

Para a construção de imagens gráficas, alguns raios luminosos obedecem a determinadas condições e propriedades. Escolha a representação de “Raios principais” e observe os raios que aparecem.

Q1 - Quantos raios aparecem? Veja o raio superior. Com relação ao eixo principal, ele está inclinado ou paralelo? Ao passar pela lente, em que ponto ele passa do lado direito?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Este é um dos casos particulares que ocorrem com os raios luminosos.

“Todo raio que incide paralelamente ao eixo principal refrata passando pelo foco principal imagem”.

Observando mais um pouco, veja o raio do meio e o raio inferior.

Q2 - Em que ponto da lente incide o raio do meio? Ele sofreu algum desvio?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Trata-se de mais um caso de comportamento dos raios principais.

“Todo raio luminoso que incide pelo centro óptico se refrata diretamente, sem sofrer desvio.”

Q3 - O raio debaixo passa por algum ponto especial ao cruzar o eixo principal? Que ponto é este? Como este raio se propaga ao passar pela lente? Ele é paralelo ao eixo principal?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Neste último caso temos que:

“Todo raio luminoso que incide alinhado com o foco refrata paralelamente ao eixo principal.”

Observe que os três raios ao refratarem, atravessam a lente determinando a posição da formação da imagem do ponto de onde partiram. Isto pode ser confirmado observando um segundo ponto do objeto.

Acione a opção do “2º ponto” na parte inferior esquerda da caixa de comando. Observe o que acontece. (Observe se estão sendo simulados os “Raios Principais”)

Q4 - Os raios que partem segundo ponto têm o mesmo comportamento que os três raios que partiram do ponto anterior?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

No primeiro botão da esquerda para direita (Raio de Curvatura) na caixa verde podemos alterar o raio de curvatura das faces da lente.

Q5 - Deslizando este botão para esquerda e depois para direita, o que acontece com a espessura da lente azul?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Em geral no estudo das lentes é comum desprezarmos a sua espessura em comparação com os raios de curvatura. As lentes que satisfazem essa condição são denominadas **lentes delgadas**.

As lentes são corpos transparentes, geralmente fabricados em vidro, cristal ou acrílico. O segundo botão da esquerda para direita (Índice de Refração) você pode alterar esta propriedade do material e funciona como se você estivesse mudando o material de que é feito a lente.

Q6 - Varie o índice de refração. O que acontece com o foco da lente? E com a imagem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

A lente biconvexa tem um comportamento convergente e é largamente usada em instrumentos ópticos, tais como: lunetas, lupa, microscópios, projetores de cinema, máquina fotográfica, etc. As imagens formadas por esse tipo de lente podem ser projetadas em um anteparo, por isso são chamadas de imagem reais. Uma imagem real é formada pelo cruzamento efetivo dos raios de luz. Enquanto que uma lente com comportamento divergente forma sempre imagem virtual que não são projetáveis, pois não são formadas por cruzamento efetivo de raios de luz

E quanto ao diâmetro da lente? Ele é importante? Vamos verificar qual é a influência do tamanho da lente para formação de imagem. Para isso vamos utilizar a opção “Muitos raios” da caixa de comando esquerda. Depois de acionar esta opção irão aparecer inúmeros raios partindo do mesmo ponto.

Agora como o botão “diâmetro” diminua do tamanho da lente levando-o para esquerda até ficar com o valor de 0.3. Observe a imagem.

Em seguida, vá aumentando o diâmetro da lente até que chegar ao valor 1.3, sempre observando a imagem.

Q7 - Qual a influência do diâmetro (tamanho) da lente? A imagem muda de tamanho? Muda de posição? Fica com a mesma intensidade?

Agora vamos entender a construção de imagens com essa lente.

Usando a caixa da esquerda, volte a mostrar apenas os “Raios Principais”. Mantenha a base do lápis sobre o eixo principal (Linha azul) e afaste o lápis (Objeto) para a esquerda.

Q8 - O que acontece com a imagem? Ela muda a posição? Se mudar, como ela muda? E quanto ao seu tamanho? Você conhece alguma situação da vida prática em que é produzida esse tipo de imagem com essas características.

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Vamos ver agora o que acontece com a imagem quando o objeto se aproxima da lente.

Clique selecionando a régua no canto inferior direito da caixa verde. Arraste a régua sobre o eixo principal, posicionando o centro óptico da lente a 90 cm do foco principal objeto. Agora vamos aproximar o lápis da lente, de modo que o lápis (objeto) fique a uma distância que seja o dobro da distância da lente ao ponto ao ponto focal.

Q9 - O que acontece com a posição e o tamanho da sua imagem?
(verifique arrastando a régua para medir tanto a distância do objeto a lente, quanto a distância da imagem a lente).

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Arraste agora o lápis (objeto) até posicioná-lo sobre o foco da lente.

Q10 - Em que posição os raios principais emergem da lente? É possível localizar essa imagem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Finalmente arraste o lápis (objeto) e posicione o mesmo entre o centro óptico da lente e o ponto focal objeto da lente

Q11 - É formada alguma imagem? Os raios refratados vão se cruzar? Eles convergem ou divergem?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Agora selecione a opção “imagem virtual” no canto direito da caixa superior.

Q12 - Aparece alguma imagem? Se aparece, isso se dá antes ou depois da lente?

Como é vista a imagem do objeto quanto a posição e o seu tamanho? Aumenta ou diminui o tamanho? Fica mais perto da lente que o objeto?

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Q13 - A imagem que apareceu foi formada com o encontro dos raios refratados ou com o seu prolongamento? Os raios se cruzam?

Quando a imagem forma-se pelo encontro do prolongamento dos raios refratados, ou seja, se eles não se cruzam realmente, vemos que esta imagem se forma do mesmo lado do objeto, sendo chamada de imagem virtual, pois é necessário fazer os prolongamentos dos raios que emergem da lente a fim de encontrar a interseção dos raios, definindo a posição da imagem



Q14 - Você conhece algum instrumento óptico que produz esta posição de imagem? Em caso positivo cite-o.

RESPONDA NO QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO

Como usar o Formulários Google

Você pode usar o Formulários Google para criar testes e pesquisas on-line e enviá-los para outras pessoas.

Etapa 1: configurar um novo formulário ou teste

1. Acesse forms. Google.com.
2. Clique em Em branco  ou Teste em branco .
3. Um novo formulário ou teste será aberto.

Etapa 2: editar e formatar uma pesquisa ou um teste

Você pode adicionar, editar ou formatar textos, imagens ou vídeos em um formulário.

- . Editar seu formulário.
- . Criar um teste com o Formulários Google.
- . Escolher onde salvar as respostas ao formulário.

Etapa 3: enviar o formulário para preenchimento

Quando estiver pronto, você pode enviar o formulário para outras pessoas e coletar as respostas.

Fonte: <https://support.google.com>