

Jaqueline Teresinha Krebs

**COMO A TOXOPLASMOSE ELEMENTO MOTIVADOR PARA
O ESTUDO DA ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^{ra}. Dr^a. Márcia Martins Szortyka

Erechim/RS
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

KREBS, JAQUELINE TERESINHA

A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O
ESTUDO DA ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO / JAQUELINE
TERESINHA KREBS ; orientadora, Márcia Martins
Szortyka, 2019.

235 p.

Dissertação (mestrado profissional) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Física, Araranguá, 2019.

Inclui referências.

1. Ensino de Física. 2. Física. 3. Óptica da
Visão.
4. Interdisciplinaridade. 5. Toxoplasmose. I.
Szortyka, Márcia Martins . II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Física. III. Título.

A TOXOPLASMOSE COMO ELEMENTO MOTIVADOR PARA O ESTUDO DA
ÓPTICA E O SENTIDO DA VISÃO

Jaqueline Teresinha Krebs

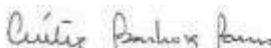
Orientador:
Profa. Dra. Marcia Martins Szorzyka

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:



Profa. Dra. Marcia Szorzyka



Profa. Dra. Cíntia Barbosa Passos



Prof. Dr. Marcelo Zannin da Rosa



Prof. Dr. Éverton Fabian Jasinski

Araranguá, SC
Março de 2019

AGRADECIMENTOS

À orientadora Prof^a. Doutora Márcia Martins Szortyka, pela competência e respeito com que conduziu esse processo. Agradeço também, pelas suas contribuições enriquecedoras, pela confiança transmitida e, sobretudo, paciência em todos os momentos. Igualmente agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento concedido através de bolsas, a todos os mestrandos do país.

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação de uma Sequência Didática e o planejamento de um *Material de Apoio ao Professor de Física para o Ensino Médio*, enfatizando a interdisciplinaridade com a disciplina de Biologia. Tem como tema central a “Óptica da visão” privilegiando conteúdos como leis da refração e lentes esféricas. O desenvolvimento da sequência didática aconteceu numa escola particular da cidade de Erechim/RS. O objetivo foi analisar a viabilidade de aplicação da metodologia, seguindo o conteúdo programático, priorizando a consolidação da interdisciplinaridade e ampliando a possibilidade de o aluno ingressar no ENEM ou em qualquer outro exame de vestibular. O aprofundamento do conteúdo em sala de aula aconteceu através de experimentos, resolução de questões de vestibulares, vídeos e trabalhos em grupo. A explicitação de aspectos presentes nessa atividade, mostra algumas possibilidades metodológicas para o desenvolvimento de uma prática pedagógica interdisciplinar. Sendo assim, a ideia central dessa pesquisa é prover o professor de um material de apoio de qualidade, e que ele consiga adaptar conforme o cenário da sua rotina escolar.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade, Física, Óptica da Visão, Toxoplasmose.

ABSTRACT

The current paper presents the appliance of a Teaching Sequence and the planning of the High School Physics Teacher Support Supply, emphasizing the interdisciplinary with the Biology field. Having as central issue the “Optical of Vision” favoring contents such as the refraction laws and the spherical lenses. The teaching sequence development took place in a private school from the city of Erechim/RS. The aim was to analyze the methodology application viability, following the syllabus contents, prioritizing the interdisciplinary consolidation and expanding the possibility of the students applying to ENEM or any other CEE (College Entrance Examination) test. The further development of the contents in the classroom occurred throughout the resolution of CEE questions, videos and group projects The explanation of the aspects stated in this activity show some methodologic possibilities for the development of an interdisciplinary pedagogic practice. Therefore, the core idea of the research is to supply the teacher of a quality support material and that he or she be capable of adapting it according to the scenery of their teaching routine.

Keywords: Interdisciplinary, Physics, Optical of vision. Toxoplasmosis.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	A INTERDISCIPLINARIDADE NO CENÁRIO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO.....	11
3	VIGOTSKY NA PEDAGOGIA CONTEMPORÂNEA.....	15
4	O ENSINO DA ÓPTICA A FIM DE FACILITAR A COMPREENSÃO DA TOXOPLASMOSE OCULAR.....	19
5	FUNDAMENTOS PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	23
5.1	A NATUREZA DA LUZ.....	23
5.2	ONDAS, FRENTES DE ONDA E RAIOS.....	25
5.3	REFLEXÃO E REFRAÇÃO.....	26
5.4	REFLEXÃO INTERNA TOTAL.....	29
5.5	LENTESS REFRATORAS ESFÉRICAS.....	30
5.5.1	A equação da lente.....	32
5.6	O OLHO HUMANO.....	33
5.7	AMETROPIAS DA VISÃO.....	34
6	A TOXOPLASMOSE.....	39
6.1	CICLO BIOLÓGICO.....	39
6.2	A TRANSMISSÃO.....	41
6.3	OS GRUPOS DE RISCO.....	41
6.4	OS SINTOMAS.....	42
6.5	O DIAGNÓSTICO.....	43
6.6	O TRATAMENTO.....	43
6.7	AS COMPLICAÇÕES.....	44
6.8	COMO EVITAR.....	48
6.9	O CASO DE ERECHIM.....	48
7	METODOLOGIA.....	53

7.1	AULA 01.....	56
7.2	AULA 02.....	58
7.3	AULA 03.....	60
7.4	AULA 04.....	63
7.5	AULA 05.....	64
7.6	AULA 06.....	65
7.7	AULA 07.....	67
7.8	AULA 08.....	70
7.9	AULA 09.....	72
7.10	AULA 10.....	73
7.11	AULAS 11, 12 E 13.....	75
7.12	RELATÓRIO DE PESQUISA.....	76
7.13	SEMINÁRIO.....	77
7.14	ATIVIDADES PRÁTICAS REALIZADAS PELOS ALUNOS.....	78
7.15	RELATÓRIO DO EXPERIMENTO.....	87
8	RESULTADOS.....	89
	REFERÊNCIAS.....	93
	APÊNDICE A – Material de apoio ao professor de física.....	97
	APÊNDICE B – Bloco de questões.....	191

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação descreve uma proposta de Sequência Didática de ensino no nível de (2º) segundo ano do Ensino Médio, aplicada para 25 alunos numa escola particular do município de Erechim/RS, no segundo semestre de 2017. A escola atende alunos da educação infantil e do ensino médio em turno integral, manhã e tarde, além do técnico em enfermagem no período noturno.

De acordo com a ementa do segundo ano, os temas trabalhados primeiramente são refração da luz e o estudo das lentes, a unidade é encerrada com o estudo do olho humano e de doenças oculares. As atividades foram desenvolvidas através de etapas encadeadas, com o objetivo de ajudar o aluno a dominar melhor a compreensão do assunto *Óptica da Visão* propiciando assim, o aprofundamento necessário para a base interdisciplinar do tema. A ênfase é na disciplina de Física, que exerce o papel central e promove a justaposição da disciplina de Biologia.

A busca de informações em outras áreas do conhecimento enriquece a aula e desperta o interesse do aluno, que percebe nas disciplinas desprovidas de relação aparente entre elas, um novo contexto. Objetiva-se dessa forma, promover futuros momentos interdisciplinares como uma forma de relacionar, articular e integrar os conhecimentos disciplinares no processo de ensino e de aprendizagem, proporcionando uma Educação Científica na qual o educando adquira competências para interpretar a complexidade do mundo atual.

A apresentação da sequência didática para os alunos visa expor, de forma detalhada, as tarefas de expressão oral e de verificação da aprendizagem que serão realizadas. A importância desse início está na definição das atividades que serão executadas e as formas de avaliação. Posteriormente as aulas foram desenvolvidas em 26 períodos com duração de 50 minutos cada um.

A aplicação desta proposta pode se colocar como uma alternativa, com potencial de proporcionar a superação da excessiva especialização dos conteúdos, buscando as percepções e entendimento dos alunos sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação e tornando mais eficiente o processo de aprendizagem (LAVAQUI; BATISTA, 2007).

Como produto final, a produção de um material de apoio ao professor pretende compor uma proposta estimulante, evitando grandes memorizações, que seja prático e conciso facilitando a aplicação das aulas e sustentando as ações do professor.

2 A INTERDISCIPLINARIDADE NO CENÁRIO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

O ensino convive com a organização curricular fragmentada e desarticulada. Isso é percebido na preocupação do professor em estabelecer conexão entre a teoria e a prática, além de tentativas de adequação de seu trabalho à realidade social e cultural.

Nesse sentido, promover o conhecimento curricular contextualizado pela realidade local, social e individual da escola e do seu alunado, é uma das ações propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

A Base Nacional Comum Curricular é um documento de referência que orienta o que deve ser ensinado, através de um currículo comum a todos os estudantes da Educação Básica, além disso estabelece quais competências e habilidades devem ser trabalhadas por áreas de conhecimento.

A divisão em áreas do conhecimento Ciências Humanas, Ciências da Natureza, Linguagens e Matemática é um caminho para viabilizar o *trabalho interdisciplinar*, motivando o aluno a associar a aula com a realidade. Nesse formato, o professor pode explorar mais o interesse dos educandos, proporcionando uma aprendizagem mais interativa da Física.

Em 20 de dezembro de 2017, as etapas de Educação Infantil e de Ensino Fundamental da Base Nacional Comum Curricular, foram homologadas pelo ministro da Educação Mendonça Filho¹. A última versão da BNCC para o ensino médio, foi entregue pelo Ministério da Educação (MEC) ao Conselho Nacional de Educação (CNE) na data de 03 de abril de 2018. Esta é a segunda etapa na definição das diretrizes do que será obrigatoriamente ensinado nas escolas de todo Brasil².

¹ SEMIS, LAÍS. Base: agora é lei. Nova Escola, 2017. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/9419/base-agora-e-lei>> . Acesso em 20 jul. 2018.

² MARQUES, MARÍLIA. Base Nacional Curricular (BNCC) do ensino médio é entregue pelo MEC: veja o documento. G1 Educação, 2018. <<https://g1.globo.com/educacao/noticia/base-nacional-curricular-do-ensino-medio-e-entregue-pelo-mec-veja-o-documento.ghtml>>. Acesso em 20 jul. 2018.

Cesar Callegari, Membro do CNE e presidente da Comissão de Elaboração da BNCC, destaca que trabalhar a base por áreas de conhecimento pode ser positivo para induzir que os conteúdos sejam trabalhados de forma mais interdisciplinar. “Trabalhar por áreas representa uma possibilidade de produzir uma educação mais significativa para os estudantes”³.

Dessa forma, as competências a serem desenvolvidas na área de Ciências da Natureza, despertam a essencialidade da Física, sua contextualização e globalização dos conteúdos, “[...] uma prática pedagógica que reúne tais características é justamente a Interdisciplinaridade. ” (SILVA, 2004, p. 01). Com isto, o Ensino/Aprendizagem da Física deve ser estruturado propondo uma integração das diferentes áreas do conhecimento, levando a sua unificação, cooperação e troca de informações.

O ensino baseado na Interdisciplinaridade proporciona uma aprendizagem bem estruturada e rica, pois os conceitos estão organizados em torno de unidades mais globais, de estruturas conceituais e metodológicas compartilhadas por várias disciplinas, cabendo ao aluno a realização de sínteses sobre os temas estudados. SILVA (2004, p. 03)

Nesse contexto, certas disciplinas juntam-se parcialmente, criando relações complementares entre seus respectivos domínios de estudo. Isso sugere uma prática orientada, com propostas de ações educativas direcionadas à sua implementação no meio escolar. Essa associação entre disciplinas, em que a cooperação entre as mesmas provoca intercâmbios reais, exige reciprocidade e, conseqüentemente, enriquecimentos mútuos (LAVAQUI e BATISTA, 2007).

³ PALHARES, ISABELA; KRUSE TULIO. Novo currículo do ensino médio será dividido em áreas, e não disciplinas. Estadão, 2017. Disponível em: <<https://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,novo-curriculo-do-ensino-medio-sera-dividido-em-areas-e-nao-disciplinas,70001961759>>. Acesso em 20 jul. 2018.

Dessa forma, a interdisciplinaridade escolar necessita estar fundamentada em pressupostos que indiquem uma orientação epistemológica ao processo, de forma a permitir um delineamento quanto aos objetivos educacionais e outros aspectos formativos que se pretende que os educandos venham a desenvolver. (LAVAQUI e BATISTA, 2007, p. 408)

De acordo com os autores, a interdisciplinaridade reforça a necessidade de uma integração que contemple os aspectos relacionais presentes no conhecimento escolar, mas não desconsidera a importância das análises disciplinares individuais. No cenário educacional, o trabalho por áreas de conhecimento é uma das propostas da BNCC para contemplar a interdisciplinaridade. Quanto ao contexto da Física, ganha-se mais sentido trabalhar com competências de outras áreas e carregadas de outros conhecimentos, do que trabalhar de forma isolada, pelo fato de estar associada à busca de uma aprendizagem mais significativa.

3 VIGOTSKY NA PEDAGOGIA CONTEMPORÂNEA

Três temas sobrepostos unificam a teoria de Vygotsky: a importância da cultura, o papel da linguagem e a relação entre educador e educando (LEFRANÇOIS, 2008).

O tema singular da cultura aponta o que temos de aprender e que competências são necessárias para nos adaptarmos ao mundo. A importância da cultura na teoria de Vygotsky é realçada pela distinção que ele faz entre *funções mentais elementares* e *funções mentais superiores*. As funções mentais elementares são nossas tendências e comportamentos naturais, não aprendidos e durante o desenvolvimento, e por causa da interação com a cultura, as funções mentais elementares se transformam em funções mentais superiores. Estas incluem todas as atividades que consideramos *pensamento*, como a resolução de problemas e a imaginação (LEFRANÇOIS, 2008).

A teoria de Vygotsky destaca as forças que estão fora do educando, ou seja, a força da cultura e da interação social, também se preocupa com a construção do significado; como resultado, sua teoria é frequentemente citada como exemplo do construtivismo, pois parte de uma perspectiva sociocultural, ligando o desenvolvimento cognitivo à cultura.

No indivíduo, as relações sociais se convertem em funções psicológicas por meio da mediação, a qual é, para Vygotsky, a aquisição de conhecimentos realizada por meio de um elo intermediário entre o ser humano e o ambiente. Dessa forma, há dois tipos de elementos mediadores: os instrumentos e os signos - representações mentais que substituem objetos do mundo real. Segundo Vygotsky, o desenvolvimento dessas representações se dá sobretudo pelas interações, que levam ao aprendizado (MONROE, 2018).

“A interação social é, portanto, na perspectiva vygotskyana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído” (MOREIRA, 2011, p.110).

Segundo MOREIRA (2011, p.108), “É pela mediação que se dá a internalização (reconstrução interna de uma operação externa) de atividades e comportamentos sócio-históricos e culturais e isso é típico do domínio humano” (apud GARTON, 1992, p.89). A mediação inclui o uso de instrumentos e signos, que se constroem de acordo com o contexto histórico social; por meio da apropriação (internalização) destas construções, via interação social, o sujeito se desenvolve cognitivamente.

Para Vygotski, o pensamento se torna possível pela linguagem, que é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento da criança. O sistema simbólico progride, por força da interação social, primeiramente pelo estágio da *fala social*, depois passa para a *fala egocêntrica* até o estágio final, *a fala interior* (LEFRANÇOIS, 2008).

Na relação entre educador e educando, conforme a estrutura teórica de Vygotsky, o professor aprende com o aluno e sobre ele, da mesma forma que o aluno aprende por causa das ações do professor. Essa relação é melhor resumida pela noção de Vygotsky da **zona de desenvolvimento proximal**.

De acordo com Souza e Rosso (2011, apud VYGOTSKY, 1989, p.97) A zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento real, constituído por funções já consolidadas pelo sujeito, que lhe permitem realizar tarefas com autonomia, e o nível de desenvolvimento potencial, caracterizado pelas funções que, segundo Vygotsky, estariam em estágio embrionário e não amadurecidas.

A zona de desenvolvimento proximal representa o potencial do aluno para o desenvolvimento, definido por aquilo que o aluno não consegue inicialmente realizar sozinho, mas que, com a ajuda do professor ou de colegas, é capaz de realizar por si mesmo.

A teoria de Vygotsky sugere que os professores precisam fazer mais do que simplesmente arrumar o ambiente de modo que os alunos possam descobrir coisas sozinhos. Os alunos devem ser guiados por explicações, demonstrações e trabalhos com outros colegas. Além disso, os alunos devem ser estimulados a usar a linguagem para organizar seus pensamentos e a falar sobre o que estão tentando realizar. O diálogo e a discussão são caminhos importantes para a aprendizagem.⁴

⁴ EVE. A Teoria Construtivista de Vygotsky. Blog, 2011. Disponível em: <<http://educamoderno.blogspot.com/2011/06/teoria-de-vygotsky.html>>. Acesso em 20 jul. 2018.

Dessa forma, o professor é figura essencial do saber por representar um elo intermediário entre o aluno e o conhecimento disponível no ambiente. O professor como planejador, observador, promotor e desafiador do desenvolvimento humano, fundamenta as estruturas para que os alunos consigam internalizar os instrumentos e os signos socialmente construídos (BOIKO e ZAMBERLAN, 2001). Por isso já nos primeiros estágios de aprendizagem, cabe destacar a importância da orientação e do suporte através da interação entre educador e aprendiz.

Nessa perspectiva, o referencial sócio-construtivista de Vygotsky, tem direta repercussão para o desenvolvimento de uma prática pedagógica contemporânea, pois as concepções de ensino-aprendizagem do professor e as relações interpessoais concebidas e estabelecidas nessas práticas, tem um papel fundamental na promoção do desenvolvimento dos indivíduos. Portanto, a aprendizagem é um resultado adaptativo sob efeito da interação social, da linguagem e da cultura na origem e na evolução do psiquismo humano. Neste sentido, o papel do professor é caracterizado como o de mediador entre os significados pessoais dos seus alunos e os culturalmente estabelecidos, promovendo o aprendizado e o desenvolvimento dos mesmos.

4 O ENSINO DA ÓPTICA A FIM DE FACILITAR A COMPREENSÃO DA TOXOPLASMOSE OCULAR

O novo Ensino Médio começa a chegar para escolas brasileiras em 2019, promovendo a flexibilização do currículo que será dividido duas importantes partes. A primeira delas será apenas com matérias obrigatórias e consideradas básicas para qualquer tipo de formação e profissão. Depois, a segunda parte é dedicada para as matérias optativas, em que o aluno escolhe uma área de afinidade.

Uma das alterações mais profundas da reforma é a criação de roteiros flexíveis ou os chamados itinerários formativos. Estes deverão estar estruturados seguindo quatro eixos: investigação científica, processos criativos, mediação e intervenção sociocultural, e empreendedorismo (MACEDO, 2018).

Consequentemente o professor precisa ir se preparando para as novas mudanças que irão afetar o ensino médio. Os critérios básicos de investigação científica passam, então, a referir-se ao que esse jovem deve saber e saber fazer, às competências em Física que deve ter para lidar com o seu dia-a-dia, suas aspirações e seu trabalho. De forma bastante resumida, poderíamos dizer, que a principal consequência das mudanças propostas é que teremos que passar a nos preocupar menos com a lista dos tópicos a serem ensinados, para passar a concentrar nossa atenção nas competências em Física que devem ser promovidas (KAWAMURA e HOSOUME, 2003).

De acordo com essas mudanças, competências e habilidades somente podem ser desenvolvidas em torno de assuntos e problemas concretos, que se referem a conhecimentos e temas de estudo. Logo, não será possível tratar de toda a Física no curto intervalo de tempo do Ensino Médio.

Por outro lado, há certos assuntos ou tópicos com maior potencial do que outros para os objetivos pretendidos, o que impõe escolhas criteriosas. Essas escolhas dependem, novamente, de cada realidade escolar, e os critérios para estabelecê-las devem levar em conta os *processos e fenômenos físicos de maior relevância para o contexto dos estudantes*, por essa razão a escolha do tema *Óptica*, que serviu de base para discutir a alta incidência de Toxoplasmose na região de Erechim.

Nessa dissertação destacam-se algumas atividades, desenvolvidas com a aplicação da Sequência Didática, que têm por objetivo oportunizar aos estudantes confrontarem o cenário atual da Toxoplasmose com suas ideias e expectativas, criando contextos

agregados aos temas da *Óptica* para a construção dos conceitos científicos.

O enfoque mais tradicional, quando se estuda *Óptica* no curso de ensino médio, se restringe ao estudo de aspectos geométricos, baseados no conceito de raio de luz e na análise das características de alguns elementos específicos, como por exemplo, espelhos, lâminas de faces paralelas, prismas e lentes. Em geral os aspectos concernentes a ligação com o processo de visão, são desconsiderados. Quando muito, tratam de aparelhos em que as lentes e espelhos são usados e dos problemas da visão, mas tudo de forma segmentada, sem apelo efetivo sobre o processo de formação de imagem no olho. O objetivo da aprendizagem acaba sendo a medida de ângulos, a memorização e aplicação de fórmulas e princípios da trigonometria. Na verdade, o que se apresenta é um conjunto de regras; estuda-se as definições de refração, passa-se, então, para lentes (convergentes, divergentes) e assim por diante, até chegar nos instrumentos de projeção e observação (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

O estudo do olho, nesse cenário, passa quase despercebido, com respeito as suas características e propriedades intrínsecas. Em função desse conjunto de concepções, o ensino desvinculado dos aspectos físicos ligados à natureza do processo da visão, acaba não só tornando o aprendizado mais difícil como também, provocando nos estudantes uma apreensão incorreta dos conceitos cientificamente aceitos.

Como esperar que o aluno consiga conceber com facilidade a ideia de uma imagem formada atrás da retina? Afinal, é essa a afirmação que os livros fazem. Analisando os problemas normalmente propostos no desenvolvimento dos temas da *óptica da visão*, podemos levantar algumas questões ou aspectos significativos, a serem problematizados e analisados com vistas à construção de um conhecimento significativo (GIRCOREANO e PACCA, 2001).

O processo da visão é relevante e deve ser levado em conta, pois é a partir do que vê, que o aluno vai interpretar os fenômenos. Não devemos esquecer que o olho é um sistema refringente e sensor; a imagem é resultado da sensibilização desse sensor. Devemos analisar concomitantemente a luz e o processo de visão.

Um estudo da fisiologia do olho humano auxilia, por exemplo, na compreensão dos sintomas da diminuição da visão, causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Pois, os sintomas da toxoplasmose ocular são bem parecidos com os de uma gripe forte. Olho avermelhado, sensibilidade à luz e sensação de embaçamento. Um sinal que chama

atenção e facilita o diagnóstico é a existência de pontos pretos flutuantes que atrapalham a visão. Quando o parasita se aloja na retina, provoca lesões recorrentes e, inclusive, pode danificar a visão permanentemente.

O emprego de atividades simples, envolvendo várias metodologias e ambientes diferenciados de aprendizagem, proporcionam ao aluno o entendimento sobre os defeitos de focagem do olho, causados pela discrepância entre o comprimento axial do olho e o poder refrativo dos meios dióptricos. Assim sendo, identifica-se três principais tipos de ametropias: a hipermetropia, miopia e astigmatismo. Já a presbiopia é considerada uma desordem refrativas da vida adulta, uma vez que a acomodação do cristalino diminui progressivamente com a idade (CANHETO e PEREIRA, 2012).

Para ser possível uma leitura dos problemas que afetam a visão, precisamos entender os conceitos da Ótica, esta pode fornecer elementos numa conceituação ampla e incorporar uma discussão sobre Cirurgias Refrativas, cuja finalidade é o tratamento de ametropias – miopia, hipermetropia ou astigmatismo. Sendo a cirurgia refrativa uma das maiores revoluções da oftalmologia moderna, apresenta-se como sendo uma opção viável e permanente para as pessoas que precisem de correção visual para exercer as suas atividades diárias (CANHETO e PEREIRA, 2012).

É de conhecimento geral que Óptica é um dos temas com potencial para despertar interesse, pois muitos dos fenômenos em estudo fazem parte do cotidiano do aluno. Talvez, por uma dificuldade procedimental muitos temas da Física são abordados apenas de forma teórica nas escolas de nível médio. Mas, em tempos de mudança, é preciso encontrar opções novas, modificar hábitos, romper com rotinas, quase sempre sem a certeza nem a segurança das vantagens e desvantagens dos esforços desenvolvidos. A fim de promover um ensino mais voltado à formação para a cidadania, isto é, à reflexão crítica e aproximar o ensino escolar do ambiente em que as pessoas vivem, de forma, qualitativa, mas ainda assim com significado para os estudantes.

Um processo de construção coletiva. Assim, é o novo Ensino Médio, uma proposta ainda em aberto, que inclui a compreensão de toda a educação básica como um percurso sem rupturas, onde os valores, atitudes e competências possam ser continuamente promovidos, respeitadas as especificidades de cada etapa, e consolidando-os em níveis progressivos de profundidade e autonomia.

A capacidade de conhecer, compreender e discutir ciência coloca o indivíduo em uma situação consciente, procurando cobrir diferentes

campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real, absolutamente científico e tecnológico.

Este material tem por objetivo ser uma abordagem alternativa para introduzir o estudo de fenômenos ligados à Óptica no Ensino Médio de forma a instigar os jovens a criarem expectativas positivas a respeito da Física, a refletirem sobre o papel da ciência. Consequentemente, uma Educação Científica de qualidade eleva o potencial humano, culminando num país tecnologicamente independente e socialmente equilibrado.

5 FUNDAMENTOS PARA O ESTUDO DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

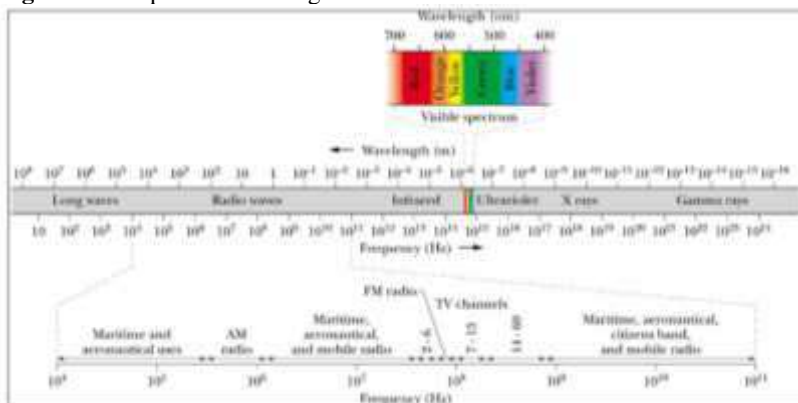
5.1 A NATUREZA DA LUZ

A grande contribuição de James Clerk Maxwell foi mostrar que a luz nada mais é que a propagação, no espaço, de campos elétricos e magnéticos, ou seja, é uma onda eletromagnética. Portanto, a óptica, é um ramo do eletromagnetismo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 29).

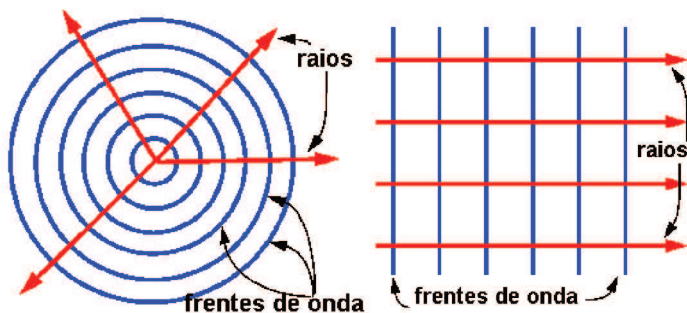
Como confirmam Keller, Gettys e Skove (1999, p. 410), a propagação das ondas de luz é descrita pelas equações de Maxwell. A solução dessas equações determinará o campo elétrico e magnético e, conseqüentemente, a amplitude, a polarização e a fase da luz em cada ponto. Além da resolução das equações de Maxwell ser difícil, muitas vezes, as informações detalhadas que elas nos dão, não são necessárias. As informações de que, em geral necessitamos, podem ser obtidas por um método mais simples chamado *Óptica Geométrica*, idealizado antes de se saber que a luz é uma onda eletromagnética. Constatou-se, desde então, que esse método dá uma aproximação dos resultados das equações de Maxwell, quando o comprimento da onda luminosa é muito menor do que os objetos que ela interage.

Hoje conhecemos um largo espectro de ondas eletromagnéticas, como se pode conferir na Figura 1.

Figura 1. O espectro eletromagnético.



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

Figura 4. Frente de onda e raios.

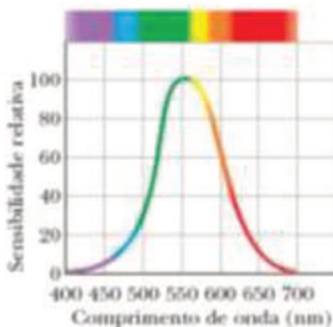
Fonte: < <https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/ondulatorio.html> >.

Acesso em: 02 mai. 2019.

Todas as ondas eletromagnéticas, não importa onde elas se situem no espectro, se propagam no espaço livre (vácuo) à mesma velocidade c , com o valor de aproximadamente 3×10^8 m/s.

A região visível do espectro é, naturalmente, o particular interesse de estudo nessa dissertação.

A Figura 2 mostra a sensibilidade relativa do olho humano a radiações de vários comprimentos de onda. O centro da região visível corresponde aproximadamente a 555 nm; uma luz com esse comprimento de onda produz a sensação de verde-claro.

Figura 2. Sensibilidade relativa do olho humano a ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda. A parte do espectro eletromagnético à qual o olho é sensível é chamada de *luz visível*.

Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

Os limites do espectro visível não são bem definidos, já que a curva de sensibilidade do olho tende assintoticamente para a linha de sensibilidade zero, tanto para grandes como para pequenos comprimentos de onda. Se tomarmos arbitrariamente como limites os comprimentos de onda para os quais a sensibilidade do olho é 1% do valor máximo, esses limites serão aproximadamente 430 e 690nm. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 31).

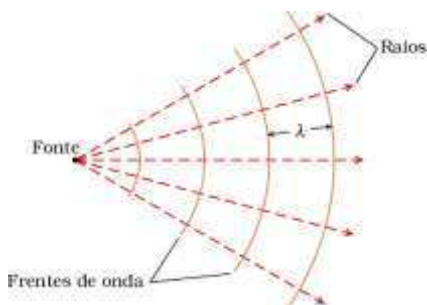
O desenvolvimento da Teoria Quântica, aborda a hipótese de que, além da natureza ondulatória da radiação eletromagnética, ela tem, entretanto, algumas propriedades semelhantes às das partículas. Em especial, a energia transportada por uma onda eletromagnética é sempre múltiplo de uma unidade proporcional à frequência da onda. Estas unidades são chamadas de *fótons* ou *quanta*. Assim, a radiação eletromagnética aparece como uma entidade de natureza dual, apresentando tanto o aspecto de onda como o de partícula (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 920).

Os fenômenos de *propagação* da luz podem ser mais bem explicados pela teoria *ondulatória* eletromagnética, enquanto sua interação com a matéria, nos processos de emissão e absorção, é um fenômeno *corpuscular* (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 789).

5.2 ONDAS, FRENTES DE ONDA E RAIOS

A Figura 3, mostra as cristas de uma onda eletromagnética esférica propagando-se a partir de uma fonte. As frentes de onda e os raios de luz são duas maneiras convenientes de representar a onda em propagação (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999, p. 411).

Figura 3. Frentes de onda em uma onda óptica



Fonte: < <https://def.fe.up.pt/fisica3/ondas2/index.html> >.

Acesso em: 04 jan. 2019.

Uma frente de onda ou superfície de onda, é o lugar geométrico de todos os pontos em que a fase de vibração ou variação harmônica de uma quantidade física é a mesma.

Para muitos fins, principalmente no campo da *Óptica Geométrica*, é conveniente representar uma onda luminosa por meio de raios, em vez de frentes de onda. Certamente os raios foram usados para descrever a luz muito antes da natureza ondulatória estar estabelecida. Na teoria corpuscular, *raio é simplesmente a trajetória seguida por um corpúsculo de luz*. Do ponto de vista ondulatório, *raio é uma linha imaginária na direção de propagação da onda*. Assim, na Figura 4a, os raios, são os raios das frentes de ondas esféricas, e na Figura 4b ondas planas, são linha retas perpendiculares às frentes de onda. De fato, em todos os casos em que as ondas se propagam em meio isotrópico homogêneo⁵, os raios são linhas retas normais às frentes de onda (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 793).

Em nossa presente discussão de óptica, usaremos o modelo simplificado de raio ou *aproximação retilínea*, pois esta é muito boa para o estudo dos espelhos, das lentes, dos prismas e dos instrumentos ópticos associados, tais como telescópios, máquinas fotográficas e óculos.

5.3 REFLEXÃO E REFRAÇÃO

Muitos fenômenos ópticos já conhecidos envolvem o comportamento de uma onda que atinge uma interface entre dois materiais ópticos, como ar e vidro, ou água e vidro. Quando a interface é lisa, isto é, quando suas irregularidades são pequenas em comparação com o comprimento de onda, a onda em geral é parcialmente refletida e parcialmente transmitida para o segundo meio, como se vê na Figura 5a.

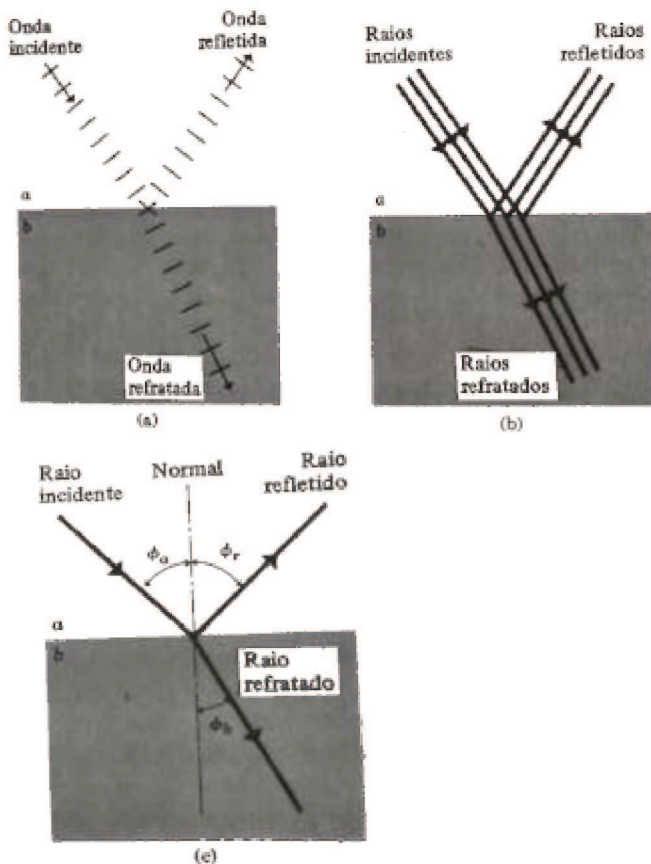
Os segmentos de onda plana mostrados na Figura 5a podem ser representados por grupos de raios formando *feixes* de luz, com na Figura 5b. Para facilitar a discussão dos vários ângulos, considera-se frequentemente apenas um raio de cada feixe, como mostrado na Figura

⁵ Um meio *homogêneo* é aquele que apresenta as mesmas características em todos os elementos de volume.

Um meio *isótropo*, ou *isotrópico*, é aquele em que a velocidade de propagação da luz e as demais propriedades ópticas independem da direção em que é realizada a medida.

5c. A representação dessas ondas em termos de raios é a base do campo da Óptica chamada de *Óptica Geométrica* (SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985, p. 794).

Figura 5. (a) Uma onda plana é parcialmente refletida e parcialmente refratada na interface entre dois meios. (b) As ondas de (a) são representadas por raios. (c) Para facilitar, foi desenhado apenas um exemplo de cada um dos raios: incidente, refletido e refratado.



Fonte: SEARS; ZEMANSKY; YOUNG, 1985.

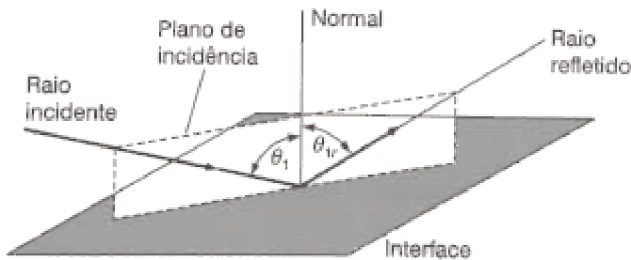
Quando o comprimento da onda da luz é muito inferior às dimensões do sistema físico através do qual a luz se propaga, aplicam-se as três leis seguintes da óptica geométrica:

1. *A lei da propagação retilínea.* Em um meio homogêneo, os raios de luz se propagam em linha reta.

2. *A lei da reflexão.* Em uma superfície que separa dois meios, uma onda incidente é refletida parcialmente. O raio incidente e a normal à superfície determinam o plano de incidência, conforme mostra a Figura 6. Se o raio incidente faz um ângulo θ_1 com a normal, então o raio refletido está no plano de incidência do outro lado da normal e faz o mesmo ângulo com ela: $\theta_1 = \theta_{1r}$. Ou seja, *o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.*

3.

Figura 6. Geometria da reflexão.

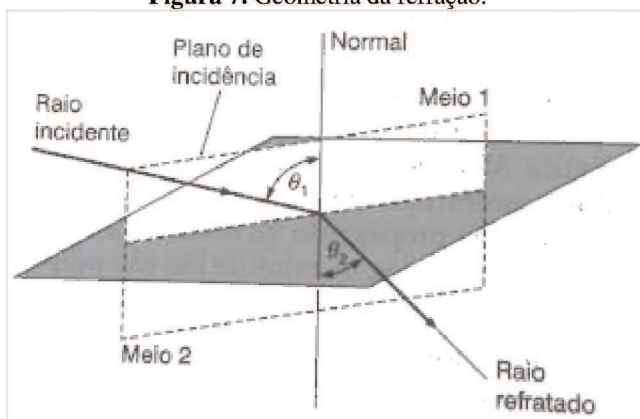


Fonte: KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999.

A lei da refração. O raio refratado é transmitido para o segundo meio, conforme se vê na Figura 7 (onde, foi omitido o raio refletido). O raio refratado também está no plano de incidência e faz com a normal um ângulo θ_2 dado pela *lei de Snell* (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999, p. 411):

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

Onde, n_1 e n_2 , são os índices de refração e representam às características dos dois meios.

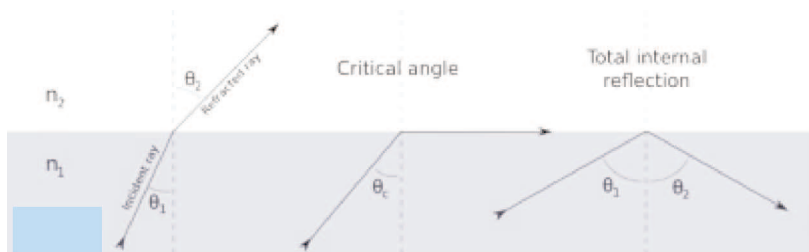
Figura 7. Geometria da refração.

Fonte: KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999.

5.4 REFLEXÃO INTERNA TOTAL

As Figura 8 mostra vários raios de luz monocromática sendo emitidos por uma fonte pontual S, propagando-se de um meio com maior índice de refração n_1 , para um meio com menor índice de refração n_2 .

Figura 8. A reflexão interna total da luz acontece para ângulos maiores do que o ângulo crítico θ_c .



Fonte:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Reflex%C3%A3o_total#/media/File:RefractionReflection.svg> Acesso em: 02 mai. 2019.

No caso do raio a , que incide perpendicularmente à interface, parte da luz é refletida nesta interface e parte é transmitida pelo ar sem mudar de direção. Para o caso dos raios b à e , que chegam a interface com ângulos cada vez maiores, também existem um raio refletido e um raio refratado. À medida que o ângulo de incidência aumenta, o ângulo de refração também aumenta, ao ponto que, para o raio e o ângulo de refração é de 90° , o que significa que o raio refratado é paralelo à interface.

O ângulo de incidência para o qual isso acontece é chamado de **ângulo crítico** e é representado pelo símbolo θ_c . Para ângulos de incidência maiores do que θ_c , como os dos raios f e g , não existe raio refratado e toda luz é refletida. Esse fenômeno é conhecido como **reflexão interna total** (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 69).

Para determinar o valor do ângulo θ_c usamos a equação abaixo, atribuindo o índice 1 ao maior índice de refração (n_1), e o 2 ao menor índice de refração (n_2) e fazendo $\theta_1 = \theta_c$ e $\theta_2 = 90^\circ$, obtendo:

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ,$$

assim,

$$\theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

5.5 LENTES REFRACTORAS ESFÉRICAS

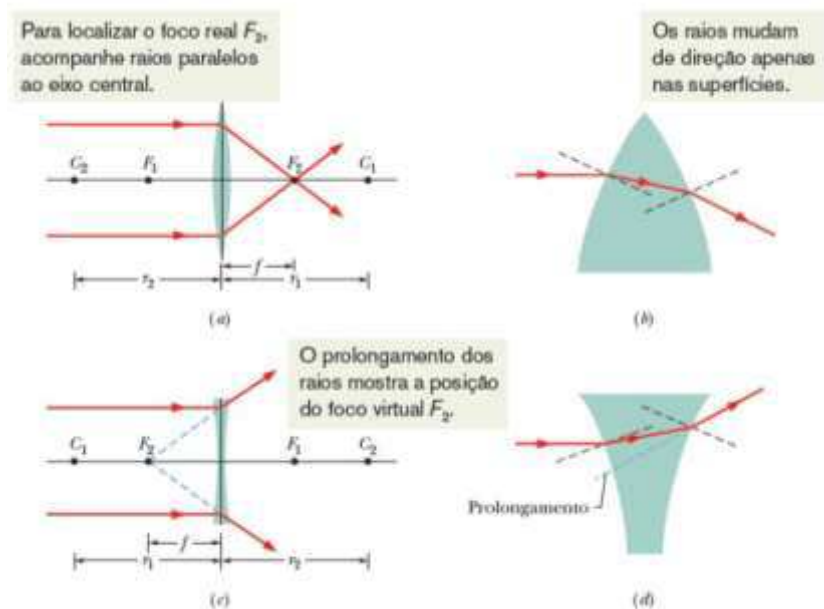
Uma lente é um sistema óptico limitado por duas superfícies refratoras. Quando a lente está imersa no ar, a luz é refratada ao penetrar na lente, atravessa a lente, é refratada uma segunda vez e volta a se propagar no ar. As duas refrações podem mudar a direção dos raios luminosos.

Uma lente que faz com que raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central se aproximem do eixo é chamada de **lente convergente**; uma lente que faz com que os raios se afastem do eixo é chamada de **lente divergente**. Quando um objeto é colocado diante de uma lente convergente ou divergente, a difração dos raios luminosos pela lente pode produzir uma imagem do objeto. Se o objeto se encontra no plano da parte da frente do foco da lente, os raios que passam através da lente vão ser refratados em paralelo, e a imagem pode ser obtida somente no infinito.

As imagens que se formam do mesmo lado da superfície refratora que o objeto são virtuais, e as imagens que se formam do lado oposto são reais.

A Figura 9a mostra uma lente delgada com superfícies convexas. Quando raios paralelos ao eixo central atravessam a lente, são refratados duas vezes, como mostra a vista ampliada da Figura 9b. A dupla refração faz os raios convergirem para um ponto focal F_2 situado a uma distância f do centro da lente. Trata-se, portanto, de uma lente convergente. Além disso, F_2 é um ponto focal *real*, já que os raios realmente se cruzam nesse ponto; a distância focal correspondente é f . Quando raios paralelos ao eixo central atravessam a lente no sentido inverso, convergem em outro ponto focal real, F_1 , situado à mesma distância, do outro lado da lente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 130).

Figura 9. Ponto focal



Fonte: HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016.

A Figura 9c apresenta uma lente divergente, os raios paralelos ao eixo central atravessam a lente e divergem. Os prolongamentos dos raios divergentes passam por um ponto focal virtual F_2 . A imagem *d* mostra a ampliação da parte superior da lente representada em *c*. Observe que os desvios que o raio sofre ao entrar na lente e ao sair da lente são no mesmo sentido e tendem a afastá-lo do eixo central.

5.5.1 A equação da lente

Vamos considerar apenas o caso especial das lentes delgadas, ou seja, lentes nas quais a distância do objeto s , a distância de imagem i e os raios de curvatura r_1 e r_2 das superfícies da lente são muito maiores que a espessura da lente. Vamos também considerar apenas raios que fazem ângulos pequenos com o eixo central (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016, p. 128).

Assim, para esses raios, considerando f onde ocorre a formação da imagem que se encontra no infinito. A imagem formada por uma lente, está à distância s' , que está relacionada à distância s do objeto por

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

onde f é a distância focal, que é a distância da imagem de um objeto no infinito, $s = \infty$. Numa lente delgada no ar, a distância focal está relacionada ao índice de refração n , este depende do material de que é feita a lente. Os raios de curvatura das duas faces da lente são r_1 e r_2 , assim

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Nestas equações s , s' , f , r_1 e r_2 são positivos quando o objeto, ou a imagem, ou mesmo o centro de curvatura estão no espaço real do elemento. Nas lentes, o espaço real dos objetos de incidência e o das imagens é o lado da transmissão, que é também o espaço real do centro de curvatura. Quando s' for positiva, a imagem é real, o que significa haver uma divergência real dos raios luminosos a partir ponto-imagem. As imagens reais podem ser observadas num vidro despolido, ou um filme fotográfico, colocado no ponto-imagem. Quando s' for negativa, a imagem é virtual, o que significa não haver uma divergência real dos raios luminosos a partir do ponto-imagem.

A ampliação lateral da imagem é dada por:

$$m = \frac{y'}{y} = \frac{-s'}{s}$$

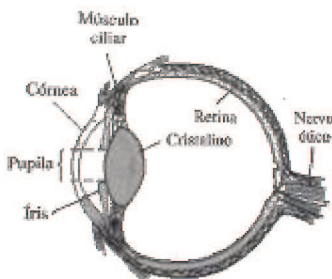
onde y é o tamanho do objeto e y' o da imagem. Uma ampliação negativa significa que a imagem está invertida (TIPLER, 1995, p. 83).

5.6 O OLHO HUMANO

Sistema ótico de primordial importância é o olho, cujo esquema aparece na Figura 10. A luz entra no olho através de uma abertura variável, a *pupila*, e é focalizada pelo sistema *córnea-cristalino* na retina, que é uma película de fibras nervosas que recobre a superfície posterior do olho.

A forma do cristalino pode ser ligeiramente alterada pela ação do *músculo ciliar*. Quando o olho está focalizado num objeto distante, o músculo está relaxado e o sistema *córnea-cristalino* tem sua distância focal máxima, cerca de 2,5 cm, que é a distância entre a *córnea* e a retina. Quando o objeto está mais próximo do olho, o músculo ciliar aumenta ligeiramente a curvatura do cristalino, o que diminui a distância focal e a imagem focalizada, de novo, na retina. Este processo de ajustamento da distância focal é a **acomodação**. Se o objeto estiver muito perto do olho, o cristalino não pode focalizar a luz na retina e a imagem na retina é o ponto próximo. A distância entre o olho e o ponto próximo varia bastante de uma pessoa para outra e se altera com a idade. Aos 10 anos, o ponto próximo pode estar tão perto do olho quanto 7 cm., enquanto aos 60 anos pode estar recuado de 200 cm em virtude da perda de flexibilidade do cristalino. O valor padrão da distância do ponto próximo é 25 cm (TIPLER, 1995, p. 90).

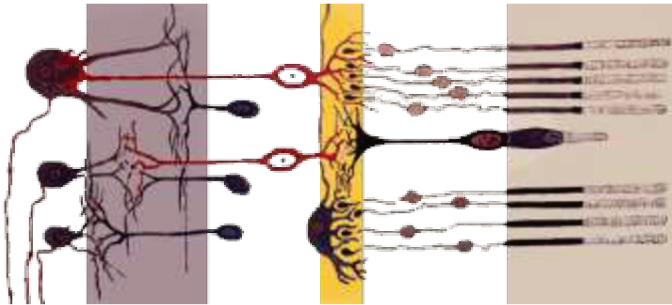
Figura 10. Corte esquemático do olho humano. A quantidade de luz que entra no olho é controlada pela íris, que regula o tamanho da pupila. A espessura do cristalino é controlada pelo músculo ciliar.



Fonte: Fonte: TIPLER, 1995.

A retina contém estruturas sensíveis à luz, os *bastonetes* e os *cones* que recebem a imagem e transmitem a informação, através do nervo ótico, para o cérebro. A Figura 11 mostra uma seção transversal da retina (TIPLER, 1995, p. 89).

Figura 11. Seção transversal da retina, à direita um cone entre dois grupos de bastonetes.



5.7 AMETROPIAS DA VISÃO

Quando a vergência do olho é insuficiente, e a imagem é focalizada atrás da retina a pessoa é **hipermétrope**.

Provocada geralmente por fatores hereditários, a hipermetropia ocorre quando o olho é um pouco menor do que o normal, provocando uma focalização da imagem atrás da retina. A hipermetropia pode ser ocasionada também, pela diminuição do poder dióptrico do cristalino e pela alteração da curvatura da córnea: aumento do raio de curvatura, redução da curvatura das faces do cristalino, decréscimo do índice de refração do cristalino e do humor aquoso, aumento do índice de refração do vítreo, cristalino e córneas com grande distância entre si e a ausência de cristalino (afacia, adquirida ou congênita)⁶.

⁶ SILVA, MICHELLE ALVES. **Hipermetropia**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/visao/hipermetropia/> Acesso em 03 mai. 2019.

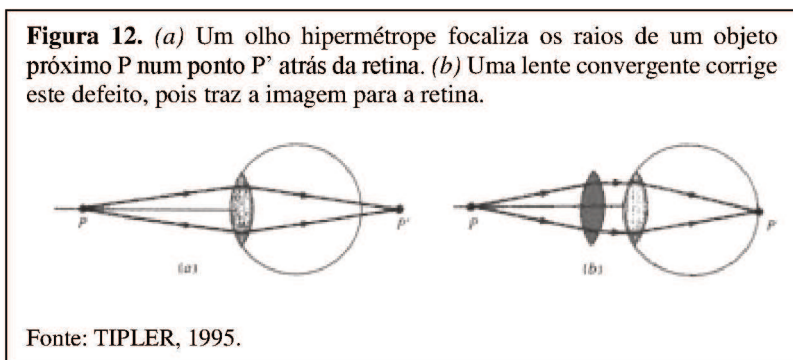
A hipermetropia causa dificuldade para enxergar objetos próximos, por exemplo ler textos com letras muito pequenas.

Geralmente o paciente com hipermetropia tem boa visão de longe, pois se seu grau não for muito elevado é naturalmente corrigido pelo aumento do poder dióptrico do cristalino, em um processo chamado de acomodação. A maior parte das crianças apresenta hipermetropia, porque seus olhos normalmente são menores do que deveriam ser, porém elas têm um maior poder de acomodação e suportam graus muito mais elevados. São comuns casos de pessoas que necessitam de óculos na infância, mas deixam de usá-los na idade adulta, quando o olho atinge o tamanho ideal.

A hipermetropia também pode estar associada ao aparecimento de estrabismo acomodativo na infância, definido como um desequilíbrio na função dos músculos oculares, fazendo com que os dois olhos não fixem o mesmo ponto ao mesmo tempo. Os indícios surgem em torno dos dois anos de idade e o simples uso de lentes de óculos adequadas pode corrigir a patologia.

Os principais sintomas da hipermetropia são: desconforto para focalizar imagens próximas, dores de cabeça, cansaço ocular, sensação de peso ao redor dos olhos, ardor, vermelhidão conjuntival e lacrimejamento ocular.

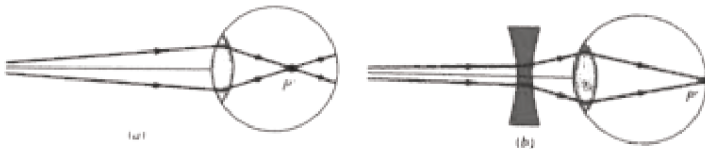
A hipermetropia não desaparece naturalmente, somente com alguma forma de ação corretiva. Seu tratamento é feito através do uso de lentes esféricas convergentes (positivas), que têm como função direcionar a luz para a retina, onde a imagem deve se formar. As lentes biconvexas são convergentes e, por isso, podem ser utilizadas na correção das disfunções visuais (Figura 12).



Por outro lado, o olho de uma pessoa **míope** tem convergência em demasia, e a luz dos objetos distantes fica focalizada à frente da retina, devido ao anormal alongamento axial do globo ocular, também pode estar associado à uma córnea com curvatura exagerada e mais plana, ou quando o cristalino tem espessura e curvatura alterados. A miopia impossibilita a perfeita visualização de objetos distantes.

Olhos emétopes apresentam ponto remoto com uma distância infinita, enquanto um olho míope apresenta ponto remoto com uma distância finita. Isso ocorre porque os raios luminosos sofrem um desvio que faz com que eles se encontrem antes de chegar até a retina. Para a correção da miopia pode-se usar lentes divergentes. As lentes divergentes apresentam foco negativo, e esse deve ser igual à distância do ponto remoto do olho. Quanto maior for esse ponto, maior a miopia de uma pessoa. Essa lente é responsável por aproximar a formação da imagem para o ponto onde a pessoa consiga enxergar nitidamente (Figura 13).

Figura 13. Um olho míope focaliza os raios de um objeto distante num ponto P' em frente da retina. (b) Uma lente divergente corrige este defeito.



Fonte: TIPLER, 1995.

O **astigmatismo** pode ser uma assimetria de curvatura, de centralização ou do índice de refração. O *astigmatismo de curvatura*, se dá em um grau mais intenso, tem sua origem mais frequente na córnea. A anomalia é em geral congênita e as medidas oftalmométricas mostram que a sua ocorrência em pequenos graus é comum. Por sua vez, é uma imperfeição da visão geralmente devido à não esfericidade da superfície da córnea; o raio de curvatura dessa superfície não é o mesmo em todos os meridianos. Pode ser corrigido por óculos cujas lentes têm forma cilíndrica e não esférica.

Assim, o astigmatismo é uma condição de refração onde feixes de luz, provenientes de uma fonte luminosa pontual situada no infinito, paralelamente incidentes em diferentes meridianos, formam imagens em

diferentes posições no eixo ótico (pontos focais diferentes para cada meridiano entre 0° e 180°)⁷. Provoca desfoque ou distorção das imagens tanto de longe como de perto, isso faz com que seja impossível, por exemplo, focalizar simultaneamente as barras horizontais e verticais de uma janela.

A causa do astigmatismo exata é desconhecida, mas ele pode estar presente desde o nascimento (herança genética) e sofre poucas alterações durante o desenvolvimento, ou pode se desenvolver após uma lesão ocular, cirurgia (como a de catarata) ou doença ocular. Um exemplo de doença ocular é o ceratocone, um problema que faz com que a córnea fique em forma de cone. Isso acontece raramente e causa um astigmatismo mais grave que poderá necessitar de lentes de contato especiais ou cirurgia.

O astigmatismo pode ocorrer junto com a miopia e hipermetropia. Coçar os olhos favorece o aumento do astigmatismo, que pode ser estar associado à miopia, hipermetropia e presbiopia (vista cansada), mas nem sempre afeta os dois olhos.

⁷ VENTURA, L; NETO, J. C.C. **Ametropias oculares**. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol17a38.pdf>> Acesso em 03 mai. 2019.

6 A TOXOPLASMOSE

A toxoplasmose é uma doença bastante comum que atinge grande parte da população e que, muitas vezes, não recebe a atenção necessária. No Brasil, por exemplo, afeta 60% dos indivíduos⁸ e, segundo o Ministério da Saúde, 51% da população mundial possui anticorpos contra a patologia, ou seja, já entrou em contato com o parasita causador de tal mal, o que demonstra sua grande dispersão.

Caracterizando-se como infecciosa, congênita (presente desde o nascimento) ou adquirida, tal doença é desencadeada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Este foi registrado pela primeira vez em 1908 por Nicolle e Manceaux em um roedor africano da espécie *Ctenodactylus gundi*, a qual originou o nome.⁹

De acordo com Zanetti e Pletsch (2007, p. 16), a prevalência de toxoplasmose pode variar de região para região, aumentando com a idade e diferindo de acordo com os padrões culturais da população, hábitos alimentares e procedência rural ou urbana. Em regiões tropicais ou subtropicais de clima úmido os índices são mais elevados, devido ao tipo de clima que favorece a sobrevivência dos oocistos no meio ambiente (apud BACCARIN; OLIVEIRA, 2007).

6.1 CICLO BIOLÓGICO

O ciclo de vida do *Toxoplasma gondii* possui duas fases: uma sexuada e outra assexuada e tem início quando algum hospedeiro intermediário (como o homem ou outros mamíferos) ingere oocistos maduros através de alimentos contaminados, por exemplo. Esses ao atingirem o intestino se rompem e os parasitas passam a ser chamados de taquizoítos que se dividem várias vezes (assexuadamente) até que a célula hospedeira “exploda”. O ciclo reinicia no momento em que o hospedeiro

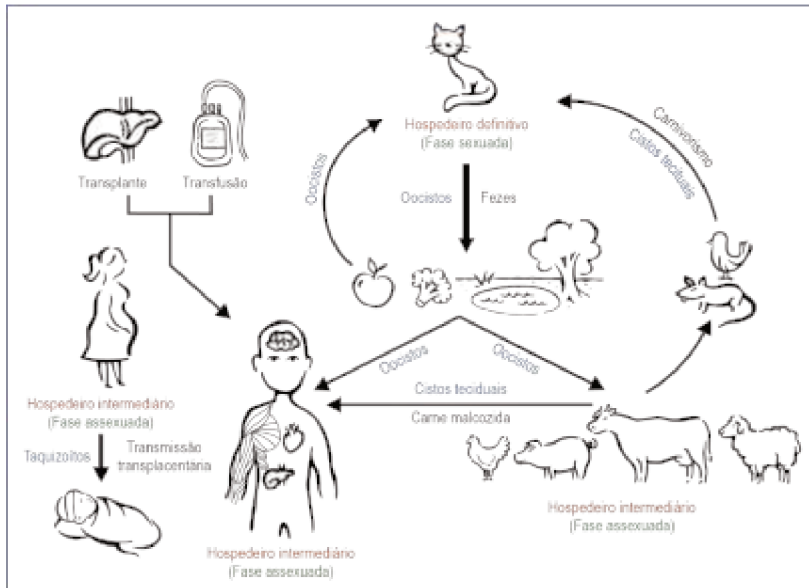
⁸ SOUZA, FERNANDA: **Incidência de toxoplasmose no Brasil**. Disponível em: <
<http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/sare/article/view/1338> >. Acesso em: 07 jan. 2019.

⁹ Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19430635/?ncbi_mmode=std/>.
Acesso em: 07 jan. 2019.

definitivo (felídeo) ingere tecidos contaminados com taquizoítos que infectam seu intestino, o que gera a formação de oocistos.

O *Toxoplasma gondii* apresenta três principais formas evolutivas (Figura 14).

Figura 14. Ciclo biológico do *Toxoplasma gondii*.



Fonte: < <http://www.portalsecad.com.br/demoArtigo.php?programa=60>. >
Acesso em: 06 jan. 2019.

- taquizoítos — pseudocisto; são a forma infectante e proliferativa, presente na fase ativa da doença;
- bradizoítos — cistos; consistem na forma latente, constituindo cistos que podem permanecer viáveis nos tecidos muscular e nervoso (retina e restante do sistema nervoso central [SNC]) dos hospedeiros definitivos e intermediários, o que caracteriza a fase crônica da doença;
- esporozoítos — no interior do oocisto (8 esporozoítos cada), são o produto da reprodução sexuada; formam os oocistos, que são eliminados nas fezes dos felinos, podendo contaminar o solo, a água e os alimentos (Figura 15).

Figura 15. Formas do parasita durante a evolução



Fonte: < <http://resumao-e02.blogspot.com/2011/08/toxoplasmose.html> >
Acesso em: 06 jan. 2019.

6.2 A TRANSMISSÃO

Atualmente sabe-se que o hospedeiro definitivo do *Toxoplasma gondii* é o gato. A partir do gato há liberação e disseminação de oocistos para locais como terra, água e alimentos. A transmissão pode se dar pelo consumo de frutas e verduras mal lavadas, assim como por meio de ingestão dos cistos presentes em carnes cruas e/ou mal cozidas. Além disso, através do transplante de órgãos de doadores com títulos positivos para *T. gondii*, é possível que ocorra a transmissão da doença para um receptor soronegativo (que não possui anticorpos para determinado antígeno no soro sanguíneo). A transmissão transplacentária (passada da mãe para o feto) é outra importante via de infecção, sendo mais grave no terceiro trimestre, em que os índices de transmissão chegam a 60%¹⁰.

Por ser chamada de *doença do gato*, também pode ser transmitida pelo contato direto com as fezes dos gatos, através da jardinagem ou da limpeza da caixinha de areia.

6.3 OS GRUPOS DE RISCO

Existem alguns grupos de indivíduos, que por motivos variáveis, têm maiores chances de desenvolver a doença e essa age de maneira mais agressiva o que ocorre principalmente em:

- Grávidas.

¹⁰ Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbof/v75n2/0034-7280-rbof-75-02-0099.pdf> > Acesso em: 07 jan. 2019.

- **Pacientes com sistema imunológico fraco e/ou comprometido:** portadores do vírus da AIDS, indivíduos em tratamento com quimioterapia e usuários de esteroides e outras drogas imunossupressoras.

6.4 OS SINTOMAS

A toxoplasmose é conhecida justamente por ser uma doença silenciosa o que implica uma dificuldade no que concerne a definição de seus sintomas, entretanto pessoas consideradas saudáveis podem apresentar sintomas semelhantes aos da gripe¹¹ o que inclui:

- Dor de cabeça.
- Coriza.
- Dor no corpo.
- Febre.
- Fadiga.
- Dor de garganta.

Em caso de pessoas imunologicamente fracas, se não tratada corretamente, *a toxoplasmose pode trazer lesões permanentes ao olho (toxoplasmose ocular), ao cérebro (toxoplasmose encefálica)*¹² que desencadeia sintomas mais fortes como:

- Dores de cabeça.
- Confusão.
- Má coordenação motora.
- Convulsões.
- Dores no peito.
- Tosse com sangue.
- Dificuldade em respirar.
- Febre de 38°C ou mais.
- Problemas de visão.

¹¹ Disponível em: < <http://www.minhavidacom.br/saude/temas/toxoplasmose>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

¹² Disponível em: < <https://minutosaudavel.com.br/o-que-e-toxoplasmose-na-gravidez-sintomas-tratamento-tem-cura/>>. Acesso em: 07 jan. 2019.

- Lesões múltiplas no cérebro.

E, por fim, no caso das grávidas, apesar de não apresentarem sintomas evidentes, a doença pode aumentar os riscos de abortos espontâneos ou da criança já nascer morta (natimorto). Mas, caso o bebê consiga nascer ele pode ter algumas complicações como:

- Convulsões.
- Aumento do fígado e baço.
- Amarelamento da pele e dos olhos (icterícia).
- Infecções oculares graves.
-

6.5 O DIAGNÓSTICO

A toxoplasmose possui sintomas muito sutis, portanto, seu diagnóstico é feito somente após um exame de sangue capaz de detectar a presença do parasita bem como de anticorpos a ele. No caso de gestantes a ecografia também é recomendada.

6.6 O TRATAMENTO

O uso de sulfametoxazol e trimetoprim constitui um método efetivo na redução das recidivas da lesão ocular quando empregadas por período longo. Outro medicamento empregado em associação com sulfametoxazol e trimetoprim é a pirimetamina, que associado a um antibiótico específico e ao ácido fólico, já se mostraram úteis para o tratamento da toxoplasmose, porque impedem a multiplicação do protozoário nas formas mais agressivas da doença. É importante que eles sejam prescritos por um médico que acompanhe de perto a evolução do quadro¹³.

¹³ FELIX, J. P. F. Influência do Sulfametoxazol-Trimetoprim na Recorrência de Retinocoroidite por *Toxoplasma Gondii*. Tese (Doutorado em Ciências Médicas, área de concentração em Oftalmologia) – Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, p. 43. 2015.

Depois de infectado uma vez pela doença o indivíduo fica imune à doença, entretanto o parasita continua no corpo e caso algum fator desencadeie a baixa do sistema imunológico essa pode voltar a se manifestar.

6.7 AS COMPLICAÇÕES

Existem casos em que a doença é considerada bastante complicada e requer maior atenção:

- **Toxoplasmose congênita:** quando a transmissão ocorre durante a gravidez afetando principalmente o feto, podendo levar à sua morte.

- **Toxoplasmose ocular:** A retinocoroidite é a lesão mais frequentemente associada à toxoplasmose. Essa doença é também conhecida como toxoplasmose ocular, ou seja, *é o comprometimento ocular devido às lesões e cicatrizes causadas no fundo do olho*¹⁴.

A coriorretinite, ou retinocoroidite, é um processo inflamatório que envolve o trato uveal do olho. A úvea, por sua vez, é constituída por três estruturas: a íris, o corpo ciliar e a coroide. A íris é o anel colorido que circunda a pupila, esta abre e fecha como as lentes de uma máquina fotográfica. O corpo ciliar é o conjunto de músculos que controlam o cristalino para que o olho possa enfocar os objetos próximos ou distantes.

A coroide é o revestimento interno do olho, que se estende desde a margem dos músculos ciliares até o nervo óptico, localizado na parte posterior do olho.

As inflamações muitas vezes são classificadas de acordo com o compartimento onde elas predominam: uveíte, coroidite, retinite.

A coriorretinite geralmente é causada por infecções congênicas e, portanto, presente no recém-nascido, embora haja outras adquiridas. Podem ser de natureza viral, bacteriana, por toxoplasma ou citomegalovírus¹⁵.

¹⁴ Disponível em:

<<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/1414>

> Acesso em: 07 jan. 2019.

¹⁵ Disponível em:

<<https://drcarlosrey.blogspot.com/2016/03/coriorretinite.html>.> Acesso em: 07 jan. 2019.

A retina é a estrutura do olho que capta as imagens e leva ao cérebro através do nervo óptico. Quando há infecção pelo Toxoplasma, ocorre uma inflamação na retina, que deixa uma cicatriz, onde não haverá mais funcionalidade para a visão nesta área afetada. Fica claro, então, que, quanto mais extensa a cicatriz, maior será o prejuízo à visão.

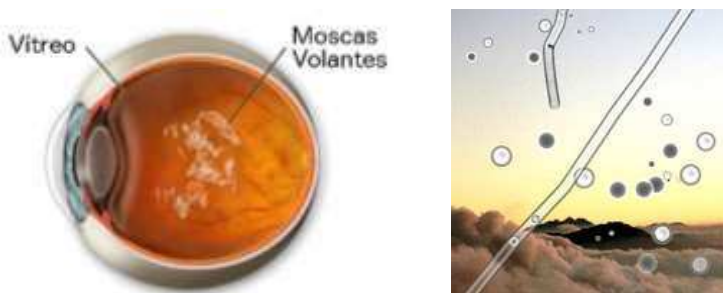
A toxoplasmose ocular geralmente é adquirida durante a gestação (transmissão intra-útero), pode causar lesões na parte anterior do olho (uveíte anterior), forma leve e que usualmente não deixa sequelas, desde que tratada adequadamente. A forma mais grave da doença é aquela que acomete a retina e a coróide (retinocoroidite).

O sintoma mais importante da toxoplasmose é a diminuição da visão. Ela pode ser variada, dependendo do tamanho e da localização da lesão. Além disso, pode ocorrer vermelhidão ocular, dor ocular, fotofobia e “moscas volantes”, que é a visão de pontos pretos flutuando na frente dos olhos.

As moscas volantes são pequenas manchas percebidas na nossa visão e que são decorrentes de alterações de uma estrutura do olho chamada vítreo (ou humor vítreo). Vítreo é uma espécie de "gelatina transparente" que preenche a parte interna do nosso olho e é formado basicamente de água. O vítreo fica aderido a retina e, em algum momento da nossa vida ele se condensa, ou se desprende da retina e nós passamos a enxergar esses pontos pretos ou cinzas, chamados moscas volantes. As condensações vítreas ficam suspensas no vítreo e causam uma sombra na retina que é o tecido que “enxerga” no nosso olho, por isso a sensação de vermos “moscas” flutuando.

Elas podem ter a forma de pontos (parecendo insetos), linhas (parecendo fios de cabelo), ou fragmentos de teia de aranha ou renda, que flutuam vagarosamente em frente aos olhos. As formas variam de pessoa para pessoa e podem se modificar com o tempo. Podem ser pretas, cinzas ou mais claras (Figura 16).

Figura 16. As moscas volantes são um sinal de deslocamento do vítreo.



Fonte: <<http://www.medicodeolhos.com.br/2010/11/moscas-volantes-e-descolamento-do.html>> Acesso em: 07 jan. 2019.

Com o tratamento adequado, a toxoplasmose pode ter cura, mas, infelizmente, ainda não é possível recuperar a visão que foi perdida devida à cicatriz da toxoplasmose. É importante frisar, contudo, que mesmo após tratamento adequado, alguns pacientes podem apresentar recidivas da doença, usualmente associadas a imunodepressão. O parasita fica alojado na retina na forma de cistos, que são resistentes aos medicamentos. Quando esses cistos rompem, o parasita pode causar novas lesões na retina¹⁶.

Se a toxoplasmose for detectada primeiramente como infecção, não significa obrigatoriamente que a pessoa terá toxoplasmose ocular.

O mais importante para o diagnóstico da toxoplasmose ocular é o exame de fundo de olho com as pupilas dilatadas, juntamente com exames de sangue. O tratamento é realizado com sulfa e pirimetamina (ou sulfametoxazol e trimetropim) em doses que dependem da gravidade da infecção, às vezes também é necessário tomar corticóide e utilizar colírios. Raramente são necessários medicamentos intra-oculares, laser ou cirurgia. A toxoplasmose ocular pode causar descolamento de retina e ser necessária cirurgia. Alguns pacientes apresentam recorrências frequentes e precisam tomar remédio por tempo prolongado para evitar ou diminuir as novas crises.¹⁷

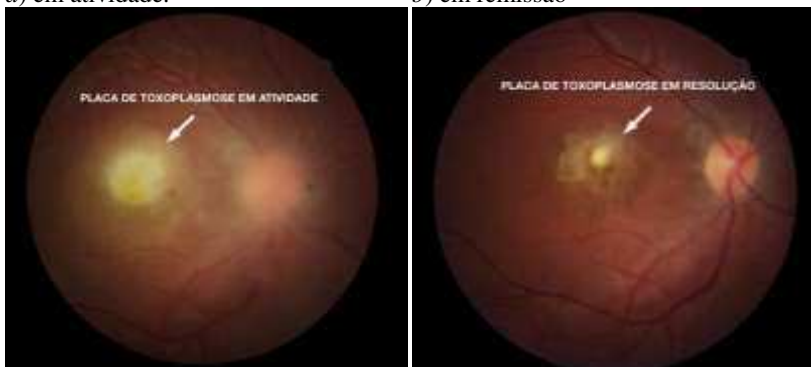
¹⁶ Disponível em: <<http://hospitaldeolhosdaserra.com.br/especialidade/retina/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

¹⁷ Disponível em: <<https://www.clinicabelfort.com.br/doencas/toxoplasmose-ocular/>> Acesso em: 07 jan. 2019.

Ao observar o fundo de olho de um paciente com toxoplasmose ocular, em atividade, é possível identificar uma lesão esbranquiçada na retina com limites imprecisos (Figura 17a). A medida que o tratamento vai surtindo efeito a lesão vai ficando com os bordos mais precisos, neste estágio dizemos que a doença está em remissão ou em involução (Figura 17b). Tardiamente, a lesão adquire uma coloração escurecida, típica da doença inativa ou cicatricial (Figura 17c).

Figura 17: Dentre as infecções parasitárias causadoras de retinite, a mais comum é a toxoplasmose, podendo esta manifestar-se como lesão ativa ou cicatricial.

Imagem de fundo de olho (retina) onde observa-se uma lesão de toxoplasmose:
a) em atividade. *b*) em remissão



c) lesão cicatricial



Fonte: <https://retinapro.com.br/blog/o-que-e-a-toxoplasmose-ocular/>
Acesso em: 07 jan. 2019.

6.8 COMO EVITAR

Algumas medidas podem ser tomadas para evitar a proliferação da doença como:¹⁸

- Consumir apenas carne bem cozida.
- Lavar bem frutas e legumes.
- Congelar a carne por 3 dias a 15°C negativos.
- Lavar as mãos regularmente, sobretudo após a manipulação de alimentos e antes das refeições.
- Evitar contato com areia de gatos e lavar bem as mãos após este procedimento. Gestantes não devem ter contato com areia de gatos.
- Manter o gato bem alimentado e sem acesso à rua para ele não caçar e se contaminar.
- Evitar acariciar cães que andem soltos.
- Controlar ratos e insetos como moscas, baratas e formigas, descartando corretamente o lixo doméstico e os dejetos das criações de animais.
- Lavar bem as mãos e as unhas após trabalhar na terra (horta ou jardim).

6.9 O CASO DE ERECHIM

Erechim é um município do estado do Rio Grande do Sul, na Região Sul do Brasil. Considerada um centro sub-regional no país, é a cidade polo da região do Alto Uruguai gaúcho e a segunda cidade mais populosa do norte do estado, com estimativa de 105.059 habitantes (IBGE/2018¹⁹). É considerada pelo Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (Idese) como a segunda cidade mais desenvolvida do Rio Grande do Sul entre os municípios com mais de cem mil habitantes,

¹⁸ Disponível em: < <https://www.infoescola.com/doencas/toxoplasmose/>>
Acesso em: 07 jan. 2019.

¹⁹ «[Estimativa populacional 2018 IBGE](#)». Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 29 de agosto de 2018. Consultado Acesso em: 07 jan. 2019.

liderando no segmento de educação²⁰. O município estava, em 2015, na 15ª posição do PIB no estado do Rio Grande do Sul.²¹

Na década 70, Dr. Cláudio Silveira inicia a observação de casos que levariam a uma importante descoberta: a *toxoplasmose adquirida* era a causa mais frequente de *lesões oculares* e não a forma congênita, como se pensava anteriormente. Essa descoberta modificou todos os conhecimentos sobre a Toxoplasmose no mundo²².

Em 1987 este trabalho recebe o Prêmio CBO (Conselho Brasileiro de Oftalmologia), e em 1988 ocorre sua publicação no *American Journal of Ophthalmology*²³. A partir deste trabalho, iniciou-se um período de estudos que transformaram Erechim em um centro de pesquisas sobre a toxoplasmose. Em 1990 inicia-se outro estudo, patrocinado por entidades de pesquisas internacionais (Fogarty) em colaboração com a instituição brasileira (CNPq), que revelou que 80% das 1.042 pessoas avaliadas eram soropositivas para essa doença. Destas, 20% apresentaram lesões na retina, *o maior índice registrado em todo o mundo*. De acordo com a pesquisa, na maioria dos casos a doença foi adquirida logo após o nascimento.

Nos últimos 30 anos mais de 10 mil casos de *lesão ocular* foram diagnosticados no município e região, muitas das melhores pesquisas inovadoras sobre a doença, foram realizadas sob a liderança do Dr. Cláudio Silveira²⁴, a experiência adquirida através destes anos transformou Erechim, através da Clínica Silveira, em um centro de referência para o tratamento da Toxoplasmose.

Destacando o que foi exposto no capítulo 6.7, a toxoplasmose ocular tem como principal sintoma a diminuição da visão e sinais

²⁰ Disponível em: < «Pesquisa IDESE». <http://www.pmerechim.rs.gov.br/noticia/10844/28-03-2016/erechim-e-a-2-mais-desenvolvida-do-rs-entre-as-cidades-com-mais-de-100-mil-habitantes.>> Acesso em: 07 jan. 2019.

²¹ < «PIB Municipal RS - 2007». www.fee.tcche.br.> Acesso em: 07 jan. 2019.

²² Disponível em: < <http://simasp.com.br/2018/wp-content/uploads/2018/02/Homenageado-CLAUDIO-SILVEIRA.pdf>> Acesso em: 03 mai. 2019.

²³ Disponível em: < <https://jornalboavista.com.br/08032018homenageados-com-a-medalha-de-ouro-moacyr-alvaro-em-2018>> Acesso em: 03 mai. 2019.

²⁴ Disponível em: < <https://jornalbomdia.com.br/noticia/12879/erechim-sedia-mutiroes-sobre-toxoplasmose>.> Acesso em: 07 jan. 2019.

discretos semelhantes a um quadro viral comum, como dor de cabeça e garganta, cansaço, febre e linfonodos inchados. Se o paciente estiver com o sistema imunológico fortalecido, o parasita pode permanecer inativo, sem que o indivíduo sequer saiba da infecção. Porém, se o sistema de defesa estiver bastante debilitado, o quadro clínico do paciente pode se agravar e a infecção pode se espalhar para diversos órgãos e tecidos do corpo.

O diagnóstico é feito através da avaliação clínica dos sinais e sintomas, junto com o resultado de exames laboratoriais, com o objetivo de identificar se a pessoa possui anticorpos contra o parasita da toxoplasmose no sangue. Com o exame de mapeamento da retina ou fundo de olho, o oftalmologista observa diretamente a retina e visualiza se há lesões ou cicatrizes compatíveis com a doença. Como complemento são realizados exames de sangue sorológicos, como IgG e IgM, com resultado negativo excluindo a toxoplasmose.

É importante investigar se a pessoa é portadora de moléstias ou faz uso de medicamentos que podem comprometer o sistema imune; os hábitos alimentares, especialmente se está acostumada a comer carne crua, mal passada ou vegetais não higienizados; ou se entrou em contato com áreas onde vivem felinos domésticos ou silvestres.

Feito o diagnóstico, é imprescindível o início do tratamento o mais rápido possível, evitando o agravamento do quadro e prevenindo as cicatrizes na retina geradas pelo avanço da inflamação. O tratamento é feito com o uso de antibióticos, corticoides e colírios chamados cicloplégicos (dilatam a pupila) para alívio da dor. O tratamento clássico é feito com 3 medicamentos associados: Sulfametoxazol, pirimetamina e ácido fólico.

A medida que o tratamento evolui, a lesão é contornada por uma cicatriz, podendo causar perda de parte da visão. Infelizmente, a medicina atual ainda não conseguiu reparar as áreas lesadas da retina e recuperar a visão. Talvez, futuramente, seja possível mudar o tratamento da toxoplasmose e outras doenças que causam cegueira com terapia genética ou células-tronco²⁵.

Além de Erechim/RS, cidades do sul do Brasil, como Cascavel/PR, são citadas por Silveira (2002) em seu livro “Toxoplasmose: Dúvidas e Controvérsias”, como locais de alta

²⁵ Disponível em: <<https://www.iorj.med.br/transplante-de-celulas-tronco-2/>>
Acesso em: 07 jan. 2019.

prevalência de lesões oculares por toxoplasmose, possivelmente devido à similaridade das condições geográficas e socioculturais.

Conforme Machado, Bortolli e Bassanezi (2016, p.101), diversas hipóteses foram desenvolvidas para explicar a alta prevalência de toxoplasmose ocular na região de Erechim/RS. A idade precoce de infecção, assim como uma exposição por longo prazo do indivíduo pode aumentar a chance de desenvolvimento de complicações oculares. É possível ainda afirmar que diferenças genéticas do hospedeiro e outros agentes externos podem interagir e alterar o curso da doença, a fim de proporcionar o desenvolvimento de uveíte posterior.

7 METODOLOGIA

Esta sequência didática abrange a pesquisa qualitativa realizada em artigos e livros didáticos do ensino médio e superior que tratam do tema *Óptica da Visão*. Além disso, contempla o tema *Toxoplasmose* como elemento contextualizador, realizado paralelamente às atividades de sala de aula. O objetivo foi construir um material de apoio para o professor de Física que atua no Ensino Médio, destacando a importância de uma articulação interdisciplinar com a disciplina de biologia. Através das referências obtidas ocorreu a organização de uma estrutura didática composta de textos resumos do conteúdo, experimentos, simulações, links da internet para pesquisa e vídeos, tendo em vista o planejamento de um aprendizado interdisciplinar, fundamental na prática escolar e premissa nas provas do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Dessa forma, o assunto *Óptica da Visão e Toxoplasmose* foram tratados através de uma compreensão global, articulando as competências que são desenvolvidas na disciplina de Física e Biologia. O quadro 1 contém a organização das etapas da sequência didática.

Quadro 1: Estrutura da sequência didática

Aulas ministradas	Procedimentos
<p>Aula 1 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Introdução do conteúdo através das atividades experimentais de demonstração. Experimento 1: Invisibilidade observada devido à refração. Experimento 2: Esferas de hidrogel. Conteúdos abordados: <ul style="list-style-type: none"> — Refração da luz. — Índice de refração: refração do meio de propagação. — Leis da refração. Aula expositiva e dialogada referente aos fenômenos observados no experimento e sua relação com o tema.</p>
<p>Aula 2 Duração: 2 períodos de 50 minutos</p>	<p>Correção dos exercícios de fixação. Experimento 3: Lei de Snell – Descartes. Experimento 4: Reflexão total</p>

<p>Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Conteúdos abordados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reflexão total da luz – Fibras ópticas. <p>Resolução de lista com exercícios de vestibular.</p>
<p>Aula 3 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Organização dos grupos de alunos e distribuição dos trabalhos complementares que serão apresentados, culminando nos temas: <i>Óptica da visão e Toxoplasmose</i>.</p> <p>Lembretes importantes referentes à aula anterior Correção dos exercícios da aula anterior Sequência da aula com atividade experimental.</p> <p>Experimento 5: Dioptro plano. Conteúdos abordados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Imagem em dioptro plano – Dispersão luminosa – Prismas – Lâmina de faces paralelas <p>Resolução de lista com exercícios de vestibular</p>
<p>Aula 4 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Correção dos exercícios da aula anterior. Atividade sequencial com o seguinte experimento: Experimento 6: Lentes esféricas</p>
<p>Aula 5 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 7: A matemática das lentes Conteúdos abordados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Classificação de uma lente – Elementos geométricos de uma lente – Propriedades dos raios de luz em lentes esféricas <p>Explicação do conteúdo e resolução de exercícios.</p>
<p>Aula 6 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Revisão da aula anterior e esclarecimento de dúvidas. Introdução da aula com atividades experimentais. Experimento 8: Lentes biconvexas convergentes e divergentes. Conteúdos abordados:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Formação de imagens em lentes esféricas <p>Resolução de lista com exercícios de vestibular</p>

<p>Aula 7 Duração: 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 9: Lentes caseiras Conteúdos abordados: — Análise de imagens formadas em lentes esféricas Discussão dos resultados Resolução de exercícios.</p>
<p>Aula 8 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Realização do experimento com participação voluntária dos alunos. Conteúdos abordados: Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular Experimento 10: Dissecção do olhos de bovinos</p>
<p>Aula 9 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Comentários da aula anterior Experimento 11: Vícios de refração Conteúdos abordados: — Principais anomalias da visão — Vergência de lentes esféricas — Equação dos fabricantes de lentes</p>
<p>Aula 10 2 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Experimento 12: Mito da caverna Conteúdos abordados: — Propagação retilínea da luz — Formação de imagens — Distância focal Resolução de exercícios.</p>
<p>Aula 11, 12 e 13 Duração: 5 períodos de 50 minutos Local: laboratório e sala de aula</p>	<p>Seminário integrador relativo ao temas: Olho emétrepe; Miopia e Hipermetropia; Astigmatismo e Presbiopia; Cirurgia Refrativa; Conjuntivite e Daltonismo; Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular. Apresentação das atividades práticas e experimentais.</p>

7.1 AULA 01

No início da aula foi exposto para os alunos, que as aulas seguintes faziam parte da pesquisa de mestrado da professora. Com objetivo final de abordar o tema Óptica da Visão sob um aspecto interdisciplinar, os mesmos foram informados de que a disciplina de biologia também estaria presente no planejamento. Sendo assim, com a participação dos alunos, as aulas foram fotografadas e gravadas com a utilização de celulares. Além disso, ficou claro que a avaliação seria feita de forma conjunta, entre estas duas disciplinas de maneira qualitativa e quantitativa.

A primeira atividade foi o Experimento 1 (realizado conforme descrito no Material de Apoio ao Professor de Física), os alunos foram levados no laboratório e observaram que introduzindo o bastão de vidro na glicerina, na água e no óleo, dependendo da situação este ficava transparente.

Despertando a curiosidade para tal fato, deu-se início as explicações, sobre os conceitos de refração, com esclarecimentos das dúvidas.



Figura 18. Bastão de vidro na água e na glicerina

Na figura 2 os alunos puderam verificar que a proveta, apenas com ar no seu interior, ficava nítida quando mergulhada no óleo.

Adicionando-se óleo dentro da proveta, esta ficava transparente gradativamente. Fato semelhante foi constatado ao mergulhar a proveta

cheia de óleo no bécquer, que continha água e óleo, seguindo-se 50% visível e 50% invisível aos olhos dos alunos.



Figura 19. Atividade com óleo e proveta

Posteriormente, o Experimento 2 causou grande interesse na turma que participou ativamente das atividades (Figura 20), e resolveu os exercícios referentes a relação entre os ângulos de incidência e de refração, com os índices de refração n_1 e n_2 . O embasamento para o detalhamento do conteúdo, bem como o procedimento para a realização dos experimentos, encontra-se no texto de apoio, disponível para o Professor de Física no anexo A.





Figura 20. Esferas de hidrogel

7.2 AULA 02

A prioridade desta aula foi estudar a reflexão total e o ângulo limite (Figura 21). Após a correção dos exercícios da aula anterior, os alunos se deslocaram até o laboratório e observaram a primeira atividade (Experimento 3), cujo objetivo foi utilizar a lei de Snell, para obter uma expressão que permitisse calcular o valor do ângulo limite L . Para tal, os alunos observaram a incidência do raio laser do ar para o acrílico, em relação à normal com um ângulo θ_1 , e o seu correspondente ângulo de refração θ_2 , a seguir calcularam o índice de refração do acrílico e o seu ângulo limite.

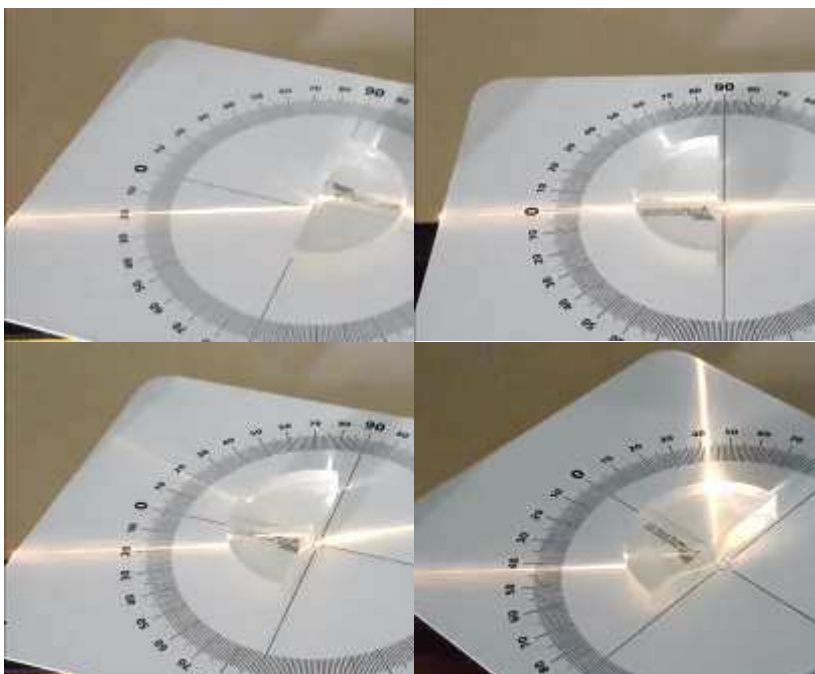


Figura 21. Índice de refração e ângulo limite

Fonte: < <https://www.youtube.com/watch?v=ICPmCDPkfw> >

Acesso em: 26 out. 2018. (Adaptado)

Em seguida realizou-se o Experimento 4, que consistiu da utilização de um aquário com espelho na base interna e cheio de água (Figura 22). Posicionando um laser na lateral do aquário, foi fácil perceber o comportamento do raio de luz, proveniente da água para o ar, até ultrapassar o ângulo limite e acontecer a reflexão total.

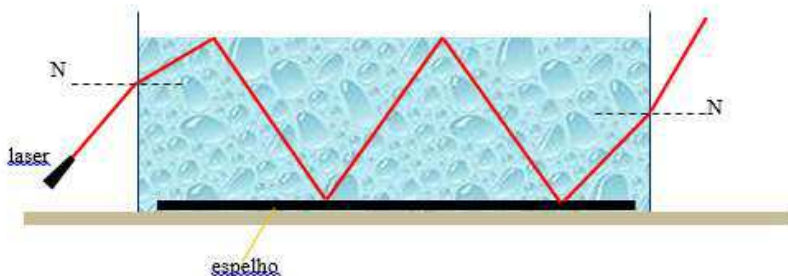


Figura 22. Fonte: Elaborado pela autora.

7.3 AULA 03

Na aula 3 aconteceu a organização dos alunos em grupos para que iniciassem a pesquisa do assunto escolhido. Os temas apresentados foram os seguintes: Olho emétrepe; Miopia e Hipermetropia; Astigmatismo e Presbiopia; Cirurgia Refrativa; Conjuntivite e Daltonismo; Toxoplasmose e Toxoplasmose ocular. Também foram descritos os critérios de avaliação dos trabalhos e disponibilizados no portal de acesso da escola, dessa forma o registro garante que todos os alunos tenham conhecimento, o modelo segue abaixo:

SOBRE A APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS

PESQUI SA	RELATÓ RIO	EXPERIMEN TO	ATTITU DE	EXPRESS ÃO ORAL	DEDICAC ÃO	ESTÉTI CA	MÉDI A
	3 PONTOS	3 PONTOS	1 PONTO	2 PONTOS	1 PONTO	0,5 PONTO	10,5 PONT OS

R= RELATÓRIO = 3 PONTOS

1. Introdução
2. Desenvolvimento
3. Conclusão
4. Bibliografia

(cuidado com trechos copiados na íntegra e sem referência aos autores)

E = EXPERIMENTO = 3 PONTOS (Experimento montado e funcionando, explicação e relatório escrito)

1. Objetivo
2. Materiais
3. Métodos e Procedimentos
4. Conclusão

Formatação para os trabalhos ABNT

- **Papel:** A4 – cor branca
- **Fonte:** Times New Roman tamanho 12 – cor: preta.
- **Margens:** Direita e inferior: 2cm / Esquerda e superior: 3cm
- **Parágrafos / Espaçamento:** 1,5 entre linhas

A = ATITUDE = 1 PONTO (comportamento, agir e reagir frente aos desafios do trabalho).

O= EXPRESSÃO ORAL= 2 PONTOS

1. A apresentação oral foi clara e despertou interesse da turma pelo assunto?
2. O apresentador demonstrou ter se preparado adequadamente para transmitir o conhecimento aos demais?
3. Os tópicos da apresentação foram bem organizados?
4. Será estipulado um tempo mínimo de 15 minutos e máximo de 20 minutos para as apresentações de cada grupo.
5. Em virtude de o tempo ser delimitado, cabe ao grupo selecionar os tópicos mais importantes a serem apresentados.
6. Ressalta-se que a apresentação deve ser coesa, com princípio, meio e fim.

D= DEDICAÇÃO = 1 PONTO (Participação da equipe na condução da pesquisa e na apresentação)

OBS: acredito que todos os integrantes dos grupos participarão igualmente, pois a responsabilidade e a ética devem ser compromissos de todo profissional. Caso algum participante não tenha contribuído para a realização das tarefas cabe aos demais membros do grupo comunicar ao professor sobre sua irresponsabilidade. Assim as notas ficam sujeitas a modificações.

A= ESTÉTICA DO EXPERIMENTO = 0,5 ponto (criatividade, acabamentos bem feitos, simetria...)

M = MÉDIA = SOMA DE TODOS OS PONTOS

OBSERVAÇÕES DO AVALIADOR

O próximo passo foi a demonstração do Experimento 5 com a finalidade de observar o fenômeno da separação da luz policromática em suas componentes monocromáticas (Figura 23). Para isso, utilizamos um prisma de vidro e um prisma de água. Estes formaram na parede do laboratório um arco-íris, culminando na explicação sobre esse fenômeno.

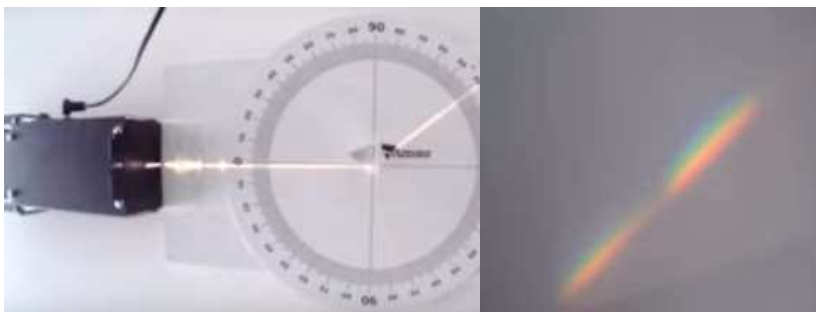


Figura 23. Trajetória da luz branca no prisma e decomposição dessa luz
Fonte: < <https://www.youtube.com/watch?v=VZVUm7jVWp4&t=43s> >.
Acesso em: 29 out. 2018

Depois disso, os alunos puderam verificar que o ângulo de entrada e o ângulo de saída são iguais, no dioptra plano de acrílico. Confirmando os cálculos que já haviam feito nas listas de exercícios entregues em aula.

Os fenômenos da refração e algumas questões de vestibulares recorrentes, podem ser mais bem entendidas, com a consulta ao material de apoio ao professor de física, no Apêndice A.

7.4 AULA 04

Seguindo o planejamento, nesse encontro foi possível classificar as lentes e observar a convergência e divergência dos raios luminosos utilizando um aparato bem simples, um retroprojetor (Figura 24), que projetava raios paralelos no quadro branco. Antes de tudo, foram mostradas para os alunos as lentes de acrílico: biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa, depois cada lente foi posicionada na frente dos raios luminosos e os alunos puderam constatar o comportamento do feixe de luz incidente.

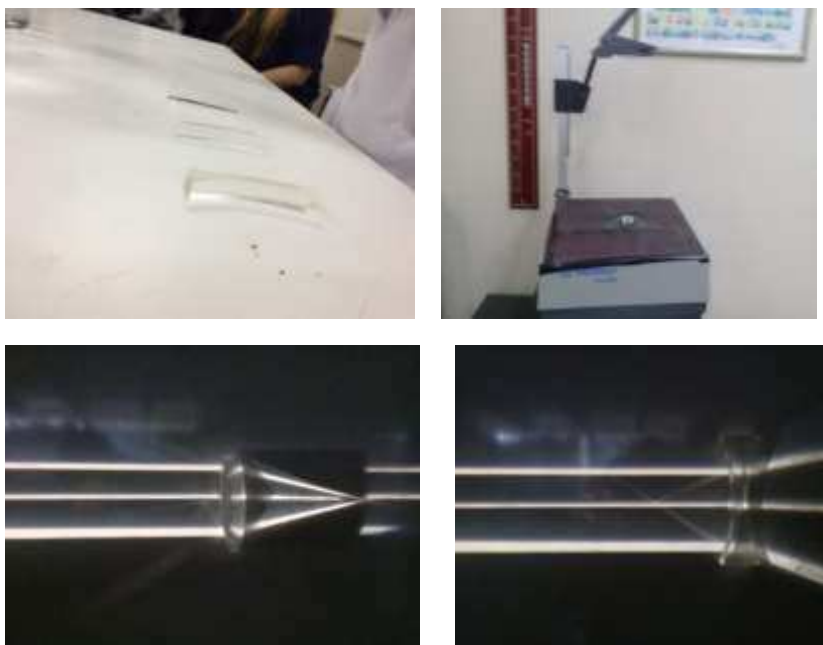


Figura 24. Lentes convergentes e divergentes.

Além disso, foi possível localizar o foco real e o foco virtual de cada lente (Figura 25) e resolver os exercícios com mais clareza. Todos os passos desse experimento estão relatados no Anexo A do Material de Apoio ao Professor de Física (Experimento 6).



Figura 25. Foco real e foco virtual.

7.5 AULA 05

Nessa aula, antes de tudo, a professora escreveu no quadro alguns lembretes dos tópicos importantes relativos ao encontro anterior, depois determinamos a distância focal de uma lente convergente.

Com o auxílio da Figura 26, os alunos observaram o feixe de luz passar através da lente e bater no anteparo, nesse caso não havia formação de imagem. Posteriormente, deslocando-se a lente obtivemos uma imagem nítida e invertida. Medindo o tamanho do objeto (letra F), encontramos o valor de 1 cm de altura, ou seja, igual a medida da imagem projetada (Figura 27), os alunos concluíram que a distância focal deveria ser $p/2$. Notaram também, que além da imagem ficar de cabeça para baixo, houve reversão do lado esquerdo e direito da letra F.



Figura 26



Figura 27. Imagem real.

Para a escola que não dispõe deste material, no Anexo A o professor encontra o Experimento 7 que simula o mesmo fenômeno. Depois desta atividade, os alunos voltaram para a sala de aula, a explicação sobre lentes foi complementada com algumas simulações (Anexo A).

7.6 AULA 06

Nesse encontro examinamos o caso em que a lente é imersa em um meio de índice de refração *maior* ou *menor* do que a própria lente.

Sabemos que uma lente biconvexa de acrílico, mergulhada no ar, é convergente, fato verificado na Aula 04 e confirmado com os alunos que observaram a lâmpada de glicerina envolvida por água (Figura 28).

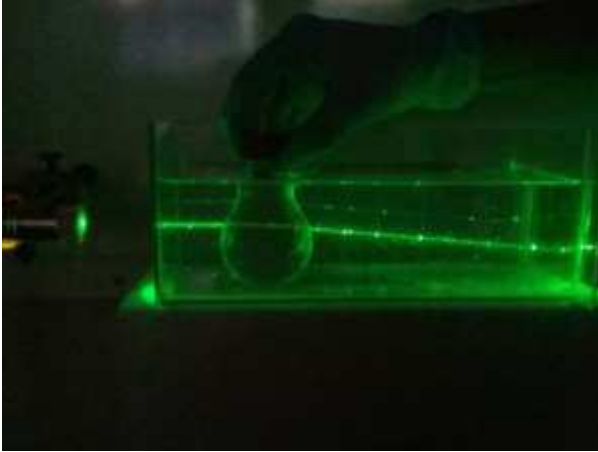


Figura 28. Lâmpada com glicerina dentro da água.

Agora, temos uma situação inversa: uma lente de ar envolvida por água, isto é, temos uma lente biconvexa mergulhada em um meio cujo índice de refração é maior que a lente. Nessas condições a lente biconvexa se torna divergente (Figura 29).

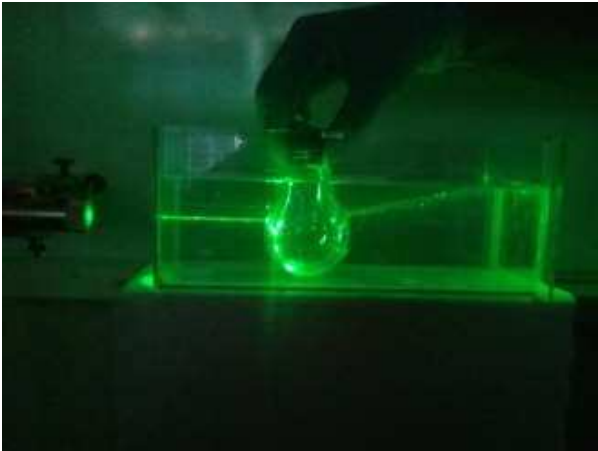


Figura 29. Lâmpada com ar dentro da água.

7.7 AULA 7

O objetivo dessa aula foi demonstrar para os alunos através do Experimento 9, que é possível enxergar uma imagem real sem o auxílio de um anteparo. Para essa atividade, recorreu-se a recipientes comprados em lojas de utensílios domésticos (Figura 30). Esse momento propiciou a retomada do conteúdo, mostrando a similaridade desses recipientes com as lentes estudadas.

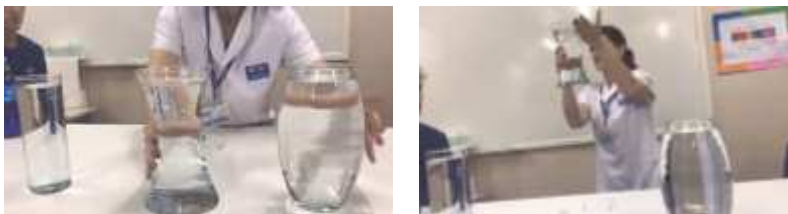


Figura 30. Analogia entre os vasos e as lentes.

Primeiramente utilizamos os vasos com água desempenhando o papel de lentes convergentes e divergentes, mostrando *imagens virtuais e ampliadas* na Figura 31 (a); *virtuais e reduzidas* na Figura 31 (b). O objeto para a lente foi o desenho da seta no cartão.

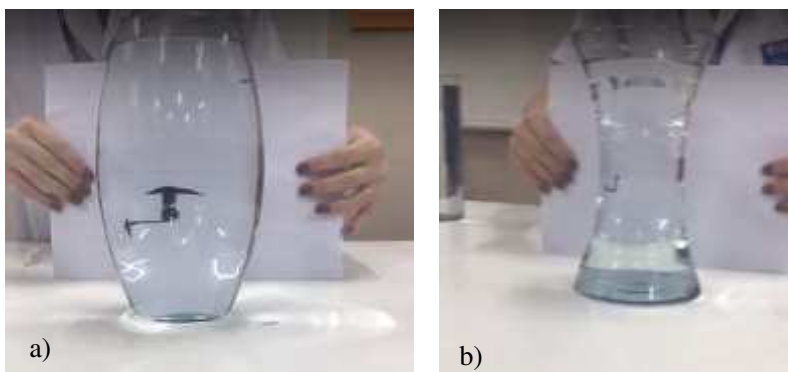


Figura 31. Imagens virtuais.

Em seguida os alunos visualizaram a *imagem real*, produzida pela lente cilíndrica e perceberam a inversão da imagem apenas no eixo horizontal (Figura 32).



Figura 32. Imagem real, inversão da seta apenas no eixo x .

Com a lente esférica (Figura 33) a inversão da imagem ocorreu nos dois eixos, horizontal e vertical.



Figura 33. Imagem real, inversão da seta no eixo x e no eixo y .

Para agregar valor à aula, os estudantes puderam se divertir com figuras e lentes cilíndricas que exemplificavam bem o conceito de inversão simétrica da imagem. Além disso, surgiu o debate sobre as pessoas com astigmatismo que necessitam de óculos com lentes cilíndricas para a correção da visão.



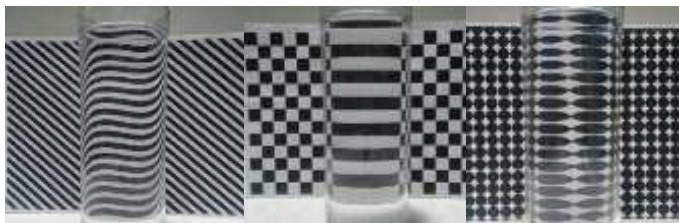


Figura 34. Alunos interagindo com o experimento.

7.8 AULA 08

A proposta da Aula 8, realizada conjuntamente com a disciplina de biologia, foi o exame da anatomia do olho de boi, cujo objetivo foi de contribuir no melhor entendimento de como o nosso próprio olho funciona. Os alunos, por encomenda prévia, conseguiram o material num matadouro de Erechim e realizaram a atividade em grupo.

O olho bovino é muito semelhante ao olho humano, sendo assim, os alunos puderam identificar a córnea, o humor aquoso, a íris, o cristalino, o humor vítreo, a retina e o tapete (Figura 35).





Figura 35. Alunos dissecando olho de boi.

Foi destacado que a camada azul-esverdeada (Figura 36) é encontrada em alguns animais sendo responsável pelo brilho dos olhos à noite, após a reflexão da luz. No ser humano esse fundo de olho é preto, absorvendo a luz que passa pela retina.

Na aula de biologia a professora retomou a explicação sobre a estrutura interna dos olhos e o ciclo biológico da toxoplasmose, na aula de física a ênfase foi na captação de luz, interpretação das imagens e localização da retina, que é onde a Toxoplasmose pode causar as lesões mais graves.



Figura 36. Tapete no olho de boi.

Essa ação coletiva propiciou a discussão com os alunos sobre a Toxoplasmose, os riscos, causas e complicações. Como essa doença afeta a integridade física do olho, as fases de comprometimento da visão e as formas de prevenção e tratamento. A atividade está descrita no material de Apoio ao Professor de Física no Anexo A.

7.9 AULA 09

De acordo com o programado, a sequência da Aula 9 permitiu discorrer sobre as principais anomalias da visão, a vergência de lentes esféricas e a equação dos fabricantes de lentes. Para tal trabalhamos com o Experimento 11: Vícios de refração (Anexo A), utilizou-se o quadro branco do laboratório, fixando com fita adesiva o conjunto três lasers, de modo que permanecessem ligados, e a figura do olho normal. A seguir, a professora anexou a lente biconvexa na região onde se situa o cristalino do olho. Os alunos observaram a convergência dos raios luminosos na retina. Logo após, substituindo a imagem do olho normal pelo olho alongado, os alunos perceberam que a convergência se dá antes da retina (Figura 37), característica do olho com miopia. Então, na frente da lente do olho, foi posicionada a lente divergente fazendo com que os raios novamente recaíssem na retina.

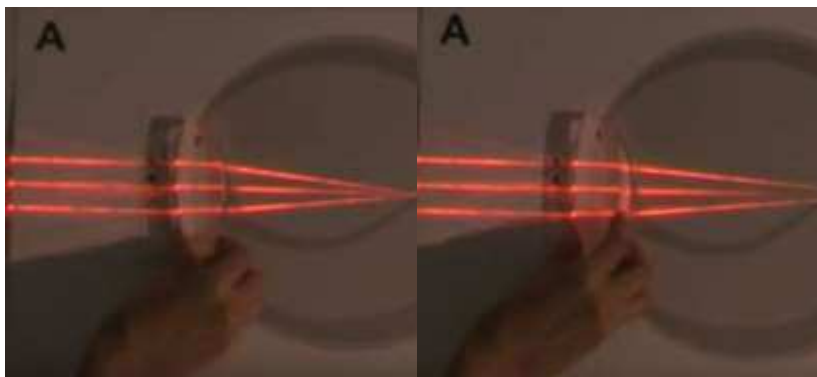


Figura 37. Raios incidindo na retina.

Prosseguindo a atividade, trocamos a imagem do olho alongado, pela imagem do olho mais curto, aspecto da hipermetropia. Com isso, os alunos notaram um erro de refração que faz com que a imagem seja focada

atrás da retina. Para corrigir utilizou-se a lente convergente que foi fixada na frente do cristalino do olho.

Depois da atividade, os alunos retornaram para a sala de aula, esclareceram dúvidas sobre o conteúdo e terminaram os exercícios de fixação.

A aula foi concluída com orientações sobre a aula seguinte, ressaltando para os alunos a relação com os objetivos gerais, anteriormente expostos.

7.10 AULA 10

Para fortalecer os temas trabalhados nas aulas anteriores foi confeccionada uma câmara escura com lente, possibilitando aos alunos fazerem associações com os conteúdos vistos anteriormente, ficando evidente, por exemplo, o conceito de propagação retilínea da luz e como é a formação de imagens na retina do olho. É interessante observar que essa câmara escura foi construída com embalagens de bebidas, mas o professor pode empregar outros materiais, como cano de PVC de 100 mm, ela também possui ajuste da distância focal, é fácil de manusear, o dispositivo permite visualizar uma imagem bem nítida no anteparo, quando comparada com outras câmaras de experimentos semelhantes (Figura 38).



Figura 38. Observação da imagem invertida através da câmara escura.

Daí em diante os alunos reuniram-se em grupos para pesquisar e organizar as apresentações dos seus trabalhos.

7.11 AULAS 11, 12 E 13

Essas aulas foram destinadas para os alunos apresentarem os seminários e os respectivos experimentos. Salienta-se que todos os trabalhos tinham relação intrínseca com o conteúdo das aulas anteriores, sendo que os tópicos para a pesquisa foram distribuídos anteriormente com a seguinte ordem de apresentação:

1º grupo: Olho emétrepe (olho normal)

2º grupo: Miopia e Hipermetropia

3º grupo: Astigmatismo e Presbiopia

4º grupo: Cirurgia Refrativa

5º grupo: Conjuntivite e daltonismo

6º grupo: Toxoplasmose

7º grupo: Toxoplasmose ocular

Os temas *toxoplasmose* e *toxoplasmose ocular* não fazem parte da ementa do ensino médio, tampouco são assuntos de vestibulares, no entanto é um problema marcante de saúde pública do município de Erechim (RS), por essa razão é preciso promover uma discussão na escola sobre o assunto. Diante disso, tem sentido acrescentar aos conceitos das ametropias oculares, já estudadas no Ensino Médio, o estudo das complicações da Toxoplasmose Ocular.

Quando há infecção pelo *Toxoplasma*, ocorre uma inflamação na retina, que deixa uma cicatriz. Um dos sintomas é a diminuição da visão, em casos mais graves, pode ocorrer uma destruição maciça do tecido ocular ou atingir áreas nobres dos olhos como a mácula e o nervo óptico causando a cegueira.

Desse modo, optou-se por uma abordagem geral da toxoplasmose para a específica ocular, com o intuito de entender a transmissão, o ciclo, a epidemiologia, a progressão, os sintomas e a prevenção da doença.

A avaliação foi um instrumento fundamental nesse processo, que ofereceu informações para os professores sondarem os resultados de seu trabalho e para o aluno analisar o seu desempenho, possibilitando o diagnóstico das dificuldades e o redirecionamento das estratégias, visando o sucesso escolar. Por isso, a ação avaliativa foi contínua e realizada conjuntamente pelas disciplinas de Física e Biologia, constituindo uma das notas do terceiro trimestre do período letivo do ano de 2017. Decidir o que, como e quando avaliar não é tarefa fácil, mas ela

não pode e não deve ser ignorada, quando se pretendem práticas pedagógicas eficientes.

A avaliação foi mediante critérios preestabelecidos que estiveram explicitados nos formulários entregues para os alunos. As notas atribuídas, listadas nos formulários, foram complementadas por um parágrafo redigido pelo avaliador, justificando as notas atribuídas e comentando os pontos considerados.

A pontuação incluiu um trabalho escrito no qual deveria conter: *relatório de pesquisa* e um *relatório do experimento*, também a *atitude*, a *expressão oral*, a *dedicação* e a *estética do experimento* complementaram a nota somatória dos alunos.

7.12 RELATÓRIO DE PESQUISA

Todas as informações obtidas sobre os trabalhos foram organizadas em um relatório de pesquisa, seguindo algumas normas básicas de organização de trabalhos escolares.

O relatório de pesquisa teve o objetivo de revisar a literatura existente e levantar dados para a facilitar o desenvolvimento do aprendizado, seguindo um padrão contendo etapas, assim organizadas:

– *Capa*: Nome da Escola; Título da Dissertação; Nome e turma dos Integrantes do Grupo, em ordem alfabética e Data.

– *Introdução*: contendo a ideia básica do tema, o ponto de vista, um juízo de valor, uma definição, enfim, uma generalização qualquer com a qual se inicia o processo dissertativo e apresentação de alguns índices que nortearão o percurso argumentativo.

– *Desenvolvimento*: expansão da ideia básica por meio da análise que o problema suscitou; exploração e hierarquização dos argumentos; justificativa com fundamentos da ideia básica.

– *Conclusão*: ideia-resumo do que foi anteriormente explorado; fecho do raciocínio desenvolvido no percurso dissertativo; expressa o objetivo da pesquisa.

– *Bibliografia*: Relação das fontes consultadas: *sites*, revistas, jornais e livros, dispondo-as em ordem alfabética pelo sobrenome dos autores.

– *Apêndices*: experimento, fotos, entrevistas, etc. Nessa parte deveriam constar os registros do grupo que foram organizados ao longo da pesquisa.

7.13 SEMINÁRIO

O objetivo do seminário foi o de aprofundar a matéria, potencializando os conhecimentos específicos a respeito do assunto relacionado ao tema *Óptica da Visão*. Da mesma forma, em evidência o assunto da toxoplasmose encerrou os debates.

O seminário (Figura 39) incentivou a oralidade dos educandos, foi realizado na sala de aula, onde os alunos apresentaram em Datashow e outros recursos. Teve a duração de vinte minutos por grupo, realizado nos dias 20, 21 e 22 de novembro de 2017.



Figura 39: Alunos apresentando seminário

As apresentações foram gravadas e assistidas pelos alunos, para que os mesmos pudessem se observar, a intenção foi que em apresentações futuras evitassem gestos excessivos e expressões faciais que não condizem com a situação. Aprender a manter o tom da voz num ritmo bem articulado de modo a não se tornar monótono e ter o cuidado para permanecer de frente para a plateia.

7.14 ATIVIDADES PRÁTICAS REALIZADAS PELOS ALUNOS

A organização dos trabalhos iniciou com a distribuição dos temas para as equipes dos alunos, seguindo com a pesquisa bibliográfica como fundamentação teórica. Essa leitura permitiu que os alunos fossem elaborando ideias de como procederiam para a realização das atividades práticas, estas deveriam estar de acordo com o Relatório de Pesquisa e o Seminário.

Alguns trabalhos foram apresentados em forma de maquetes, outros como atividades experimentais, no período de outubro a novembro de 2017. Sob a orientação do professor, cada grupo pode fazer uso de serviços e equipamentos fornecidos pela escola em horários extraclasse, o material utilizado foi comprado pelos alunos.

As ações envolveram conceitos de toxoplasmose, refração, reflexão da luz, lentes e ametropias da visão. A seguir, a descrição destes trabalhos desenvolvidos pelos alunos:

Toxoplasmose ocular: Esse trabalho teve por objetivo transcorrer a respeito da toxoplasmose, uma doença causada por parasitas que, se não tratada adequadamente, gera graves consequências ao indivíduo e à sociedade como um todo. A discussão sobre a toxoplasmose, provocou maior atenção para esse problema entre os educandos. Para tal, os alunos realizaram uma atividade para demonstrar um globo ocular que apresenta sinais de toxoplasmose ocular, tais como: sensibilidade a luz, dor ocular, moscas volantes, alteração da visão e vermelhidão na esclera (Figura 40).



Figura 40: Vermelhidão no olho devido à toxoplasmose.

Os materiais utilizados na confecção do olho foram: biscoito branco, lã vermelha, tinta acrílica fosca vermelha, esmalte incolor e a imagem recortada de uma pupila. Para fazer a esclera do olho foi utilizado o biscoito e moldado na forma desejada. As veias foram representadas por pequenos fiapos de lã colados no biscoito com esmalte incolor. Para criar a vermelhidão, foi usada tinta acrílica diluída em água. A pupila do olho foi feita a partir de uma imagem impressa, recortada e colada no biscoito. Na finalização foram passadas duas camadas de esmalte incolor em volta do globo.

Com o experimento foi possível perceber parte dos danos causados pela toxoplasmose ocular, também a importância da prevenção e caso houver apresentação dos sintomas; procurar ajuda de um especialista.

O estudo alertou também que, nesses casos raramente são necessários medicamentos intra-oculares, laser ou cirurgia, entretanto a toxoplasmose ocular pode causar descolamento de retina, se tornando necessário um procedimento cirúrgico; ou gerar uma cicatriz na retina (Figura 41) com danos irreparáveis na visão. Alguns pacientes apresentam recorrências frequentes e precisam tomar remédio por tempo prolongado para evitar ou diminuir as novas crises.



Figura 41: Maquete do olho com cicatriz na retina devido à toxoplasmose.

Projeter de gotas e fotos refrativas: O principal conceito mostrado é o da óptica geométrica. A gota que fica em suspensão numa seringa, representa uma lente convergente, e, por esse motivo, ocorre o fenômeno de refração do raio laser, já que ele passa entre dois meios. Meio 1, o inicial, que seria o ar, e o Meio 2, o segundo, que seria a água (gota), voltando ao meio inicial (ar) após ser refratado, isto é, perder sua velocidade e difundir seus raios. O processo se baseia, então, em dois processos refrativos, o primeiro, no sistema ar-água, quando ocorre o contato da luz (raio laser) com as substâncias e organismos da água e o segundo, água-ar, onde ocorre a formação de uma imagem real (projetada) na parede ou objeto colocado após a seringa (atrás).

O que se pode concluir então, é que o laser age como um raio de luz que incide na gota com um ângulo específico, a gota age como um meio refrator, o qual diminui a velocidade do raio e conseqüente, é difundido na parede em um tamanho específico correspondente ao ângulo usado na incidência do raio inicial e também correspondente ao tamanho da gota. Por exemplo, caso aumentemos o tamanho específico da gota, a imagem refletida aumentará também, em uma constante de proporcionalidade. Outro fator essencial é o ângulo de incidência do raio laser, o qual interfere na forma que ocorre a trajetória do raio e conseqüentemente em como ele será difundido após ser refratado na gota, isto é, conforme posicionamos o aparato laser em relação à sustentação em que se encontra a gota, a posição da imagem que irá se formar também irá mudar.

Este microscópio caseiro tem um princípio físico modesto, porém extremamente esclarecedor: a gota d'água "suja" entra em atividade como uma lente esférica, recebendo a iluminação do laser e,

como uma lente esférica que apresenta as duas faces convexas e possui os bordos mais finos do que a região central faz com que os raios se concentrem e depois se separem, e com isso conseguimos uma projeção de imagem na parede. Como a água está contaminada, os microrganismos da água que estão na passagem dessa luz, acabam sendo reproduzidos num tamanho visível a olho nu, isto é, uma projeção de uma imagem real.

O fato de a água utilizada ser contaminada, possibilita concluirmos que efetivamente é possível enxergarmos os microrganismos na ampliação que a luz do laser provoca, e assim reiterar a importância dos cuidados com o tratamento da água, que se não estiver em condições adequadas pode ocasionar inúmeras doenças, inclusive a *Toxoplasmose*.

A transmissão da toxoplasmose pode ocorrer quando ingerimos alimentos que tenham sido contaminados ou lavados com a água contaminada com o protozoário *Toxoplasma gondii*, como frutas e verduras, ou mesmo pela ingestão de água contaminada.

Para a realização do experimento *Projeter de Gotas* (Figura 42) foi necessário a utilização de um laser, uma seringa e um suporte para a fixação de ambos. Para montar o experimento, precisa-se deixar a seringa com uma gota de água suspensa na ponta, mirar o laser perpendicularmente na gota, assim formando uma imagem ampliada no plano do anteparo. O suporte deve estar entre 3 a 5 metros de distância do anteparo. Por conta da difração da luz, ao redor da imagem dos microrganismos, podem se formar algumas ondulações. É importante salientar que não é possível ver nenhuma unidade estrutural dos organismos, apenas seu formato.

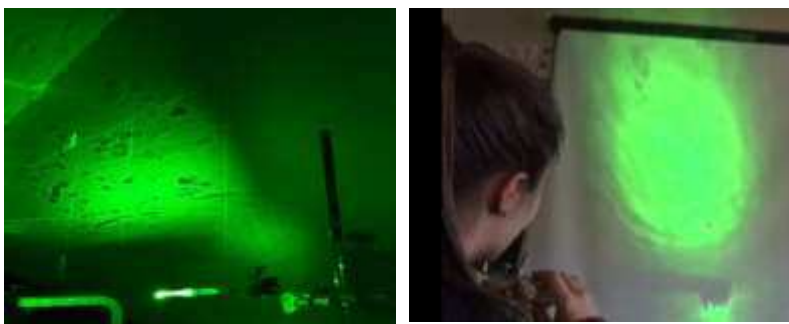


Figura 42: Projeção dos microrganismos presentes na água contaminada, através da interação do feixe laser com a gota suspensa pela seringa.

No experimento das *Fotos Refrativas* (Figura 43), toda explicação teórica está ligada com a ideia da utilização das gotas como lentes convergentes, através do princípio da óptica. Assim como acontece em lupas, e lentes de câmeras, óculos e celulares, as gotas possuem o formato e o índice de refração para agir com verdadeiras lentes, as quais fazem com que a imagem do objeto, como árvores e quadros, reflitam na superfície da água da lente formando uma imagem do tipo real, isto é, projetada, ou e até mesmo atuam como lupas, aumentando o tamanho do objeto e facilitando a visualização de detalhes que a olho nu não seriam perceptíveis, sendo consideradas imagens virtuais.

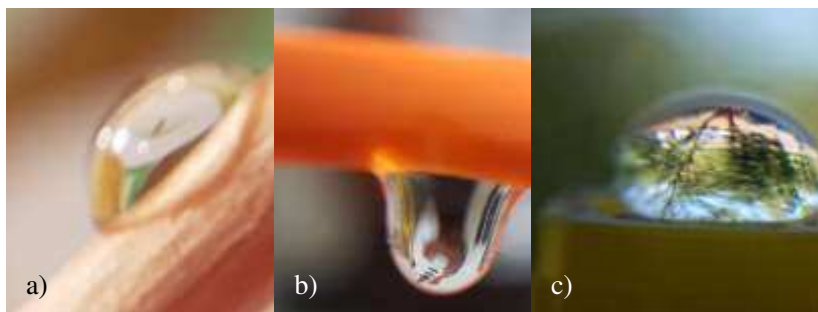


Figura 43: Fotos refrativas (a) flor copo de leite; (b) guitarra; (c) árvores.

A forma que acontece esse processo é que o objeto natural, isto é, ainda não perceptível pela lente é refletido na mesma após ela ser colocada entre o aparato fotográfico e o próprio objeto, fazendo com que ocorra o aumento de tamanho da imagem ($A > 0$) e uma consequente percepção de variados detalhes que poderiam não ser observados pelo olho humano. A imagem se forma na gota de modo virtual, isto é, não projetados, porém facilitando a visualização com maior eficácia que não seria possível através do olho humano – Exemplo: gota sobre a folha verde, mostrando os detalhes da mesma (Figura 44).



Figura 44: Fotos refrativas.

Contudo, a imagem formada também pode ficar menor que o objeto original ($A < 0$), fazendo apenas com que ocorra a identificação do objeto, mas não a percepção de detalhes, a imagem é real, isto é, projetada.

Para a concretização desse *Projeto de Gotas* foi necessária uma seringa, para produzir a gota e uma câmera fotográfica que pode ser do celular. Para a montagem do experimento basta apoiar a seringa com a gota já produzida em alguma superfície firme, posicionar a câmera na direção da gota e focar nela.

Cirurgia refrativa; correção a laser de miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia: Uma das cirurgias mais conhecidas entre as pessoas com problemas de visão é a cirurgia refrativa. Como é uma cirurgia que não necessita de internação para ser realizada, já que é feita com um equipamento chamado de Excimer Laser, é considerada um procedimento simples.

Para realizar essa cirurgia é necessário contemplar alguns critérios, entre eles: ter exames do grau dos olhos (Miopia, Astigmatismo e Hipermetropia) estáveis por pelo menos 1 ano; ter pelo menos 21 anos; não estar grávida ou em fase de amamentação.

Antes de se submeter à cirurgia, é preciso realizar um estudo completo do olho a ser operado juntamente com um oftalmologista especialista em cirurgia refrativa para: determinar a refração adequada para corrigir os erros refrativos; possuir uma topografia e estudo da paquimetria da córnea; possuir mapas paquimétricos e superficiais anterior e posterior da córnea; avaliação do cristalino do olho; estado da retina; pressão

intraocular; e muitos outros aspectos a ser estudados e analisados pelo especialista.

Este método utiliza uma luz ultravioleta para modificar e remodelar a superfície da córnea e sua curvatura corrigindo assim os erros refrativos como Hipermetropia, Astigmatismo, Miopia e a Presbiopia.

Durante o procedimento, a movimentação do olho é monitorada por um sistema rastreador, o que garante a aplicação do laser no local correto, mesmo quando ocorrem movimentos oculares involuntários.

Para ilustrar os conceitos de refração no trabalho os alunos optaram pela construção dos experimentos abaixo (Figura 45), assim, foi possível perceber que a luz emitida pela lâmpada sofre refração ao passar pelas pastilhas de vidro ou bolitas. Uma analogia simples do comportamento convergente da luz ao passar por esses meios, no caso as lentes do olho, córnea e cristalino, estas são flexíveis e as pastilhas de vidro ou bolitas, lentes rígidas.



Figura 45: Refração da luz nas pastilhas de vidro (a) e nas bolitas (b) e (c).

Olho emétrepe: O experimento da Figura 46, teve o objetivo de mostrar como a imagem é formada na retina, a fim de compreender melhor como o olho funciona. Para fazer o experimento enche-se um balão, após cola-se várias camadas de papel jornal sobre todas as laterais do mesmo. Depois de algum tempo a cola está seca, com o balão já rígido é cortado uma parte. Em seguida, uma lente convergente é fixada na extremidade oposta ao corte.



Figura 46: Olho confeccionado com balão, cola e jornal.

A física Óptica se pauta nos conceitos de reflexão e refração dos raios luminosos em espelhos (Figura 47) e lentes (Figura 48), respectivamente. O sistema da visão dos organismos vivos usa processos e conceitos similares aos realizáveis em experimentos e observáveis no cotidiano, tornando esse assunto realmente interessante em projetos didáticos.



Figura 47: Reflexão da luz.



Figura 49: Variação da curvatura do cristalino do olho para obter a imagem nítida na retina.



Figura 48: Projetor de celular com o auxílio de uma lâmpada.

Abaixo vemos uma lente com raio de curvatura variável, mostrando como o olho regula o foco na retina para objetos próximos e distantes (Figura 49).

Este experimento foi pensando pelos alunos, tendo em vista a pessoa que tem uma grande dificuldade visual. Aqui no Rio Grande do Sul temos por tradição o chimarrão, sendo assim, o dispositivo da Figura 50 teve por objetivo alertar, através de um alarme sonoro, o nível de água quente na cuia, evitando assim possíveis queimaduras.



Figura 50: Sensor de nível de água.

7.15 RELATÓRIO DO EXPERIMENTO

Além das pesquisas bibliográficas, os alunos seguiram uma metodologia para os relatórios dos experimentos, abrangendo os seguintes itens: Objetivo (resumo breve do experimento e os objetivos que se pretende alcançar); Materiais e Métodos (enumeração dos materiais utilizados e os procedimentos); Conclusão (comentários relativos aos resultados obtidos e explicação do funcionamento ou teoria existente); Conclusão e Referências Bibliográficas.

8 RESULTADOS

Os desafios dos dias atuais têm exigido dos estudantes posições bem definidas diante de situações conflitantes e problemáticas, tomada de decisões e julgamentos, além do desenvolvimento de uma percepção crítica relacionada aos aspectos do cotidiano no ambiente em que vivem. Na vida escolar não é diferente.

A Física pode possibilitar a ligação entre o conhecimento científico e problemas de natureza física e social. O momento atual é o de repensar o ensino da física como facilitador do ensino-aprendizagem, buscando metodologias e estratégias que levem a uma prática significativa e mais próxima da realidade social em que o aluno está inserido contribuindo para a aquisição e renovação de conhecimentos, formação de atitudes e adoção de comportamentos saudáveis (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Mais do que fornecer informações, hoje se torna imprescindível no Ensino de Física explorar as questões envolvidas com o estudo da formação de imagens, lentes, as ametropias da visão e os cuidados necessários com o sistema visual, contribuindo para o desenvolvimento de uma postura crítica quanto aos elementos prejudiciais à saúde da visão. Nesse contexto, oportunizar ações no ambiente escolar que permitam ao aluno refletir sobre a importância dos cuidados com a saúde ocular, buscando subsídios que fortaleçam o conhecimento científico no estudo da óptica geométrica, pode auxiliar para uma aprendizagem consistente e prazerosa do Ensino da Física (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Considerando estes fatores, torna-se evidente que os olhos merecem cuidados especiais, pois até mesmo problemas simples relacionados à visão presente entre pessoas de diferentes faixas etárias e aliados à falta de informações, podem colocar em risco a saúde ocular bem como prejudicar a aprendizagem e a produção do aluno, podendo interferir na inserção e no relacionamento do mesmo em sociedade.

Sendo assim, a aplicação dessa sequência didática, com atividades diferenciadas, promoveu o entendimento que o olho humano é formado por um conjunto complexo de elementos que atuam de forma específica para que o ato de olhar/ver possa acontecer. Muitas vezes as estruturas do olho, responsáveis pela captação da luz e que desempenham

a função ótica, podem sofrer com algumas alterações, seja de ordem genética ou por doença adquirida, por isso é fundamental compreender a função das lentes e valorizar a utilização dos óculos.

Além disso, as atividades interdisciplinares realizadas e descritas nessa dissertação, permitiram a consciência de que Erechim é apontada como a cidade com maior incidência de problemas de visão em pacientes com toxoplasmose no mundo. Tal fato, contribuiu para o aprofundamento o tema através do estudo do ciclo dessa doença, da progressão, dos sintomas e das formas de prevenção. Ainda, observaram-se mudanças conceituais e de postura nos alunos, explicitadas através dos trabalhos orais e nas avaliações que enfatizaram as ações preventivas da toxoplasmose, a fim de evitar a multiplicação do parasita no seu período ativo e os meios de minimizar os danos na retina e no nervo ótico.

No laboratório, foram apresentados experimentos que possibilitaram uma análise qualitativa e, também, quantitativa de fenômenos ópticos, facilitando explorar e contextualizar os conceitos mutuamente com os alunos. Verificou-se que o material produzido e aplicado, propiciou aos estudantes confrontarem situações reais com ideais, bem como aprofundar diversos conceitos da Óptica.

No desenvolvimento de uma experiência, muitas vezes o aluno pode não estar vendo aquilo que o professor quer e sim aquilo que ele, aluno, quer e acredita. Nessa lógica, se faz necessária maior ação e atenção do professor. A constante interação dos alunos entre si e com o professor é peça chave para alcançar êxito.

Por outro lado, temos o panorama do professor subordinado às apostilas e listas de exercícios; incluído assim, na questão do desafio de preparar o aluno para o vestibular. Resultando para o professor ansiedade, estresse e insegurança quando surge uma proposta de aula mais elaborada.

O ensino médio brasileiro e parte do fundamental têm a grade curricular e o conteúdo voltados para a preparação para o vestibular. Estudantes dedicam,

portanto, anos de suas vidas escolares se preparando para o dia da prova²⁶.

A busca frenética das instituições de ensino por melhores posições em *rankings* como o do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a cobrança da sociedade por um ensino de qualidade que permita a formação de profissionais qualificados, o anseio dos estudantes por um ensino que apresente significado para além da sua vida escolar e o excesso de trabalho atribuído ao professor, têm lançado diversas questões conflitantes sobre o caminho da educação no país.

Mas, a extrema complexidade do mundo moderno não permite que o ensino, em especial no nível médio, fique centrado apenas na preparação para exames de seleção para ingresso no ensino superior, com mera apresentação de conceitos, leis e fórmulas de forma descontextualizada, onde se privilegia uma aprendizagem mecânica e vazia de significados.

Em meio a tantas propostas educacionais diferenciadas, instrumentos pedagógicos distintos, cobranças por resultados positivos, sobra ao professor a difícil tarefa de atualizar suas metodologias a fim de proporcionar aos estudantes um processo de aprendizagem mais eficaz e que, preferencialmente, implemente os recursos tecnológicos, já tão comuns na sociedade. O professor tem que ser persuasivo no sentido de destacar a importância das atividades que os alunos desenvolverão, bem como a contribuição das mesmas nesse processo.

A opção de utilizar nas aulas o *Material de Apoio ao Professor de Física*, é relevante no sentido de facilitar a orientação, o que pode variar é o nível de detalhe e a forma de registro, que alteram de acordo com a experiência e o estilo de cada professor. Lembrando que, para os anos seguintes, parte do material pode ser reutilizado, então, o professor vai adquirindo habilidade de aplicar metodologias mais estruturadas, melhora o seu desempenho e efetiva as suas aulas em um tempo mais reduzido, pois, seja o professor experiente ou iniciante, seu plano de aula deve conter uma estrutura básica.

O planejamento é capaz de direcionar as ações do professor e proporcionar a contextualização do conhecimento, além de uma avaliação

²⁶ Em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2016/11/03/Como-a-press%C3%A3o-pr%C3%A9-vestibular-afeta-estudantes-fisicamente-e-psicologicamente>>. Acesso em: 29 de dezembro 2017.

mais abrangente dos educandos valorizando pormenores, que passariam despercebidos apenas com uma prova objetiva.

O ensino de Física permite aos professores vincular teoria e prática, considerando o planejamento de atividades didáticas variadas, como um instrumento que subsidia a prática pedagógica do professor, facilitando a organização metodológica do conteúdo a ser desenvolvido em sala de aula. Isso oportuniza aos alunos um maior acesso às informações, apropriação e mudanças de atitudes. Dessa forma, é possível levar os alunos a perceberem a amplitude que envolve o conteúdo para a construção e produção de novos saberes, estabelecendo relações nas diferentes linguagens para uma nova forma de atuar no meio em que vive (BATISTA e KNOBLAUCH, 2013).

Cada aula, descrita nessa dissertação, foi cuidadosamente planejada, ministrada, avaliada e revista para permitir o replanejamento da aula seguinte. Por esse motivo, foi possível cumprir o plano, com condições e tempo de promover a recuperação dos alunos que não acompanharam o andamento do programa. Além disso, as adequações das propostas sugeridas nesse documento dependem de critérios particulares, como a utilidade para o professor e a eficácia para que os alunos aprendam e internalizem o conhecimento.

Assim, pode-se concluir, que a inserção da metodologia descrita no *Material de Apoio ao Professor de Física* permitiu a criação de uma dinâmica de aula interessante, de modo geral, manteve os estudantes motivados e participativos durante todo o processo de ensino-aprendizagem. Em parte, isso foi garantido pela criação de aulas interativas e focadas num tema atual, a Toxoplasmose. Outra, o acesso a *links* de vídeos e textos explicativos, compartilhamento de informações com os colegas, interação com simuladores e aplicativos *on-line*.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R.; FEISTEL, R. A. B. **Interdisciplinaridade no ensino de física: algumas discussões**. Eventos Pedagógicos, 2017. Disponível em: <<http://sinop.unemat.br/projetos/revista/index.php/eventos/article/view/2606>>. Acesso em 24 jul. 2018.

ANAIS DO 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. **Uma Pedagogia Multidisciplinar, Interdisciplinar ou Transdisciplinar para o Ensino/Aprendizagem da Física**. <https://www.ufmg.br/congrent/Educa/Educa173.pdf>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANAS. <<http://www.afh.bio.br/sentidos/sentidos1.asp>>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR ENSINO MÉDIO: EDUCAÇÃO É A BASE – ENSINO MÉDIO. Ministério da Educação. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>>. Acesso em 24 jul. 2018.

BATISTA, I. L.; SALVI, V. **Interdisciplinaridade em ensino de ciências e de matemática no ensino médio**. Ciência & Educação, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000300009>. Acesso em 24 jul. 2018.

BOIKO, V. A.T.; ZAMBERLAN, M. A. T. **A perspectiva sócio-construtivista na psicologia e na educação: o brincar na pré-escola**. Scielo, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pe/v6n1/v6n1a07.pdf>>. Acesso em 25 jul. 2018.

BRUNA, Maria Helena Varella. **Toxoplasmose**. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/toxoplasmose-3/>> Acesso em: 07 jun. 2019.

CÂMARA, Brunno. **“Toxoplasma gondii” e Toxoplasmose**. Disponível em: <<https://www.biomedicinapadrazo.com.br/2017/04/toxoplasma-gondii-e-toxoplasmose.html>> Acesso em: 07 jan. 2019.

CANHETO, M. A. R. **Miopia e seus tratamentos**. Disponível em: <<https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1142/1/Relat%C3%B3rio%20de%20est%C3%A1gio%20de%20Monica%20Canheto.pdf>>. Acesso em 26 dez. 2018.

FERRARI, Márcio. **Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social**. Nova Escola, 2008. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>>. Acesso em 24 jul. 2018.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. **Caderno Catarinense Ensino de Física**. O Ensino da Óptica na Perspectiva de Compreender a Luz e visão, v.18, nº1: p.26-40, ed. UFSC, São Paulo, 2001

TIPLER, P. **Física: Ótica e Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 1995.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**. Rio de Janeiro: LTC, v. 10, 2016.

INFOESCOLA: VISÃO. <<http://www.infoescola.com/anatomia-humana/visao/>>. Acesso em: 08 de fev. 2017.

ESTRUTURAS DE PROTEÇÃO DOS OLHOS. <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Corpo/sentido2.php>>. Acesso em: 07 de fev. 2017.

KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. **Física**. São Paulo: Makron Books, v. 2, 1999.

LAVAQUI, Vanderlei; BATISTA, Irinéa de Lourdes; SALVI, Rosana Figueiredo. **Interdisciplinaridade escolar no ensino médio por meio de trabalho com projetos pedagógicos**. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID189/v13_n2_a2008.pdf>. Acesso em: 07 de fev. 2017.

LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da Aprendizagem: O que a Velha Senhora disse**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MONROE, C. **Vygotsky e o conceito de aprendizagem mediada**. Nova Escola, 2018. Disponível em: <

<https://novaescola.org.br/conteudo/274/vygotsky-e-o-conceito-de-aprendizagem-mediada>>. Acesso em 25 jul. 2018

MOREIRA, A. M. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. A Contribuição da Física para um Novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 4, n. 2, 2003.

RECORDISTA EM PROBLEMAS DE VISÃO POR TOXOPLASMOSE NO MUNDO, ERECHIM TERÁ MUTIRÃO GRATUITO CONTRA A DOENÇA. <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/recordista-em-problemas-de-visao-por-toxoplasnose-no-mundo-erechim-tera-mutirao-gratuito-contr-a-doenca.ghtml>> Acesso em: 10 de nov. 2017

ROSSO, A. J.; SOUZA, A. P. Mediação e zona de desenvolvimento proximal (zdp): entre pensamentos e práticas docentes. Disponível em: <http://educere.bruc.com.br/CD2011/pdf/4604_3097.pdf>. acesso em 24 jul. 2018.

SEARS, F.; ZEMANSKI, W.M.; YOUNG, H. D. **Física: Ondas Eletromagnéticas, Óptica, Física Atômica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 1985.

SERWAY, R. A.; JEWETT JR, J. W. **Princípios de Física: Ótica e Física Moderna**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, v. 4, 2007.

SILVA, Í. B.; TAVARES, O. A. O. **Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física**. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/congrent/Educa/Educa173.pdf>>. Acesso em 24 jul. 2018.

WALCHER, D. L.; COMPARSI, B.; PEDROSO, D. **Toxoplasmose gestacional: uma revisão**. Disponível em: <<http://www.rbac.org.br/artigos/toxoplasnose-gestacional-uma-revisao/>> Acesso em: 07 jun. 2019.



APÊNDICE A

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

REFRAÇÃO, LENTES E ÓPTICA DA VISÃO

JAQUELINE TERESINHA KREBS

Apresentação	100
Aula 01	101
Texto 1: Refração da Luz	101
Experimento 1: Invisibilidade observada devido à refração.....	107
Experimento 2: Esferas de hidrogel	109
Desenvolvimento	111
Encerramento	112
Aula 02	113
Experimento 3: Lei de Snell – Descartes	113
Experimento 4: Reflexão total	116
Desenvolvimento	118
Encerramento	125
Aula 03	126
Experimento 5: Dioptro plano	126
Desenvolvimento	129
Texto 2: Lâminas de faces paralelas	129
Encerramento	136
Aula 04	137
Experimento 6: Lentes esféricas	137
Desenvolvimento	140
Texto 3: Lentes esféricas	140
Encerramento	144
Aula 05	145
Experimento 7: A matemática das lentes.....	145
Desenvolvimento	146
Encerramento	149
Aula 06	150

Experimento 8: Lentes biconvexas convergentes e divergentes	150
Desenvolvimento	154
Encerramento	155
Aula 07	159
Experimento 9: Lentes caseiras	159
Desenvolvimento	163
Texto 4: Óptica da visão	163
Encerramento	168
Aula 08	169
Experimento 10: Dissecção de olho de boi	169
Desenvolvimento	172
Encerramento	175
Aula 09	176
Experimento 11: Vícios de refração	176
Desenvolvimento	179
Texto 5: Vergência de uma lente	179
Encerramento	182
Aula 10	183
Experimento 12: Mito da caverna	183
Desenvolvimento	185
Texto 6: Mito da caverna	185
Encerramento	187
Referências	189

Apresentação

Prezado professor!

Este Material de Apoio é direcionado aos educadores do ensino médio. As propostas descritas nesse produto educacional foram testadas e aplicadas, possibilitando delinear estratégias pedagógicas diversificadas e atrativas aos educandos, alicerçadas no diálogo e no trabalho coletivo entre as disciplinas de Física e Biologia.

Dessa forma, foi elaborada uma sequência didática composta de dez aulas para trabalhar as interpretações da óptica da visão, de modo a integrar as leis da refração e as lentes esféricas.

Nesse planejamento foi considerado também, o professor que se interessa em preparar os alunos para o Vestibular e o Enem (Exame Nacional do Ensino Médio), por isso foram pesquisados tópicos que atendam o que se exige nos exames que os alunos prestarão.

Pressupõe-se que, através deste produto educacional, o professor seja favorecido na diversificação de suas aulas, pois encontrará aqui dicas, textos, simulações, vídeos e experimentos. Ainda, buscando auxiliar o seu fazer didático, apresentamos diferentes ferramentas metodológicas como: resolução de problemas, reflexões sobre atividades experimentais, interdisciplinaridade e pesquisa.

Além disso, a metodologia apresentada nesse material está alicerçada na Teoria de Vygotsky, ou seja, a escola como o local onde há intencionalidade pressupondo assim, uma relação de cooperação, de respeito, de crescimento, em que o aluno deve ser considerado um sujeito interativo no seu processo de internalização do conhecimento. A socialização, entre professor e aluno, parte de contextualizações e exemplos práticos que trazem significado para as Ciências da Natureza, especialmente a Física.

Aula 01 - Atividade inicial

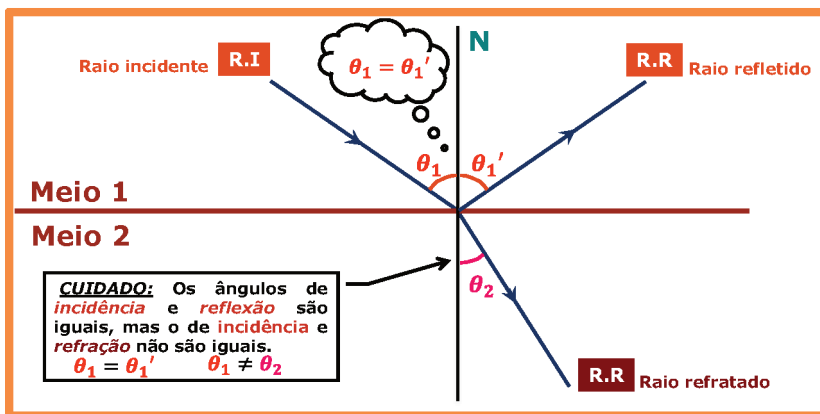
Sugestão ao professor

Este momento tem por objetivo introduzir a ideia de índice de refração. Abaixo segue o *Texto 1*, como suporte ao professor e duas propostas experimentais. O parâmetro é o professor como experimentador, tendo os alunos como expectadores e sujeitos principais das ações.

Texto 1: Refração da Luz

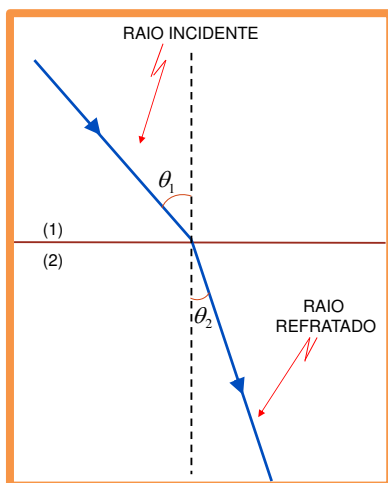
- O que é refração – De um modo geral, a refração ocorre quando a luz passa de um meio para outro, nos qual ela se propaga com velocidades diferentes.

Figura 1: Esquema para representar a reflexão e refração de um raio de luz.



Fonte: Elaborado pela autora.

O ângulo formado pelo raio incidente e a normal (N) é o *ângulo de incidência*, que vamos designar por θ_1 . O ângulo θ_2 , formado pela normal (N) e o raio refratado, é denominado *ângulo de refração* (Figura 1).

Figura 2: Refração da luz.

Fonte: Máximo e Alvarenga, p. 762. Adaptado.

Como mostra a Figura 2, os ângulos θ_1 e θ_2 não são iguais entre si e pode-se verificar experimentalmente que aumentando θ_1 , o ângulo θ_2 também aumenta. Durante muitos séculos tentou-se descobrir uma relação entre estes ângulos. Finalmente, em 1620, o matemático holandês Snell, analisando um grande número de medidas de ângulos de incidência e de refração, chegou à conclusão de que havia uma relação constante entre os *senos* destes ângulos. Snell descobriu que, quando a luz se refrata ao passar de um meio (1) para um meio (2), tem-se

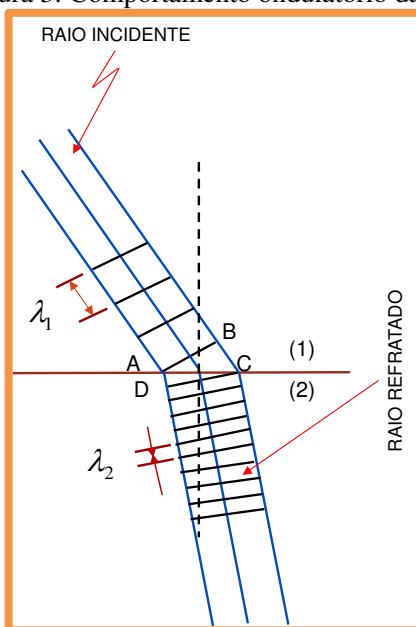
$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \text{constante}$$

Esta constante é característica dos dois meios e, portanto, para cada par de meios ela tem um valor diferente. No estudo da ondulatória, mostra-se que o valor desta constante é igual ao quociente v_1/v_2 , entre a velocidade da luz nos dois meios. Portanto quando luz sofre refração, passando de um meio (1), no qual sua velocidade é v_1 , para outro meio (2), no qual ela se propaga com velocidade v_2 , temos

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Como a luz tem comportamento ondulatório, suponha que uma onda esteja se propagando no meio (1), incidindo obliquamente na linha de separação entre os meios (Figura 3).

Figura 3: Comportamento ondulatório da luz.



Fonte: Máximo e Alvarenga, p. 839. Adaptado.

Quando a extremidade A , de um pulso AB , atinge esta linha, este ponto do pulso passa a se propagar no meio (2), com uma velocidade v_2 , enquanto os outros pontos do pulso (como a extremidade B) ainda estão se propagando no meio (1), com uma velocidade $v_1 > v_2$. Assim, no intervalo de tempo em que a extremidade B percorre a distância BC , a extremidade A terá percorrido uma distância AD menor do que BC . Em virtude disto, quando o pulso passa a se propagar no meio (2), sua direção de propagação se modifica e, conseqüentemente, os raios desta onda também terão direções diferentes nos dois meios (Figura 3).

No entanto, a frequência da onda não se altera quando ela passa de um meio para outro. A onda tem a mesma frequência no meio (1) e (2).

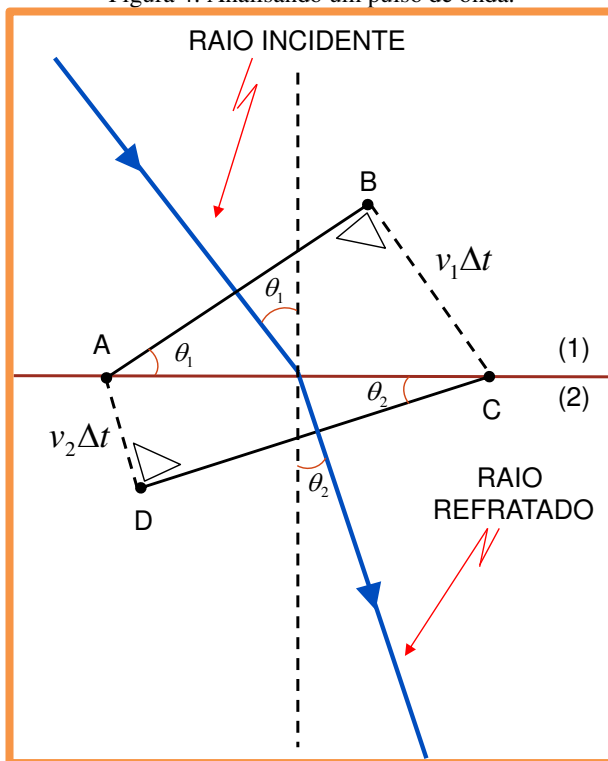
As grandezas v (velocidade de propagação da onda), f (frequência) e λ (comprimento de onda) estão relacionadas pela equação $v = \lambda \cdot f$, devemos ter $\lambda_2 < \lambda_1$, conforme está representado (Figura 3), pois $v_2 < v_1$.

A Figura 4 reproduz parte da Figura 3, mostrando o pulso AB no instante em que a extremidade A atinge a linha de separação dos meios (1) e (2) e este mesmo pulso, após um intervalo de tempo Δt , quando a extremidade B atinge esta linha de separação, isto é, neste intervalo de tempo B se deslocou para C e A para D . É claro, então, que

$$AD = v_2 \Delta t \quad \text{e} \quad BC = v_1 \Delta t$$

Considerando θ_1 , o ângulo de incidência e θ_2 , o ângulo de refração da onda, na figura 4, vemos que o ângulo BAC é igual a θ_1 (lados respectivamente perpendiculares) e o ângulo ACD é igual a θ_2 (pelo mesmo motivo) (MÁXIMO; ALVARENGA, 1993).

Figura 4: Analisando um pulso de onda.



Fonte: Máximo e Alvarenga, p. 839. Adaptado.

Assim temos

$$\text{no triângulo retângulo ABC: } \operatorname{sen} \theta_1 = \frac{BC}{AC}$$

$$\text{no triângulo retângulo ADC: } \operatorname{sen} \theta_2 = \frac{AD}{AC}$$

Dividindo membro a membro estas igualdades, virá

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{BC}{AC} \times \frac{AC}{AD} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{BC}{AD}$$

Lembrando que $BC = v_1 \Delta t$ e $AD = v_2 \Delta t$, obtemos

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

A velocidade propagação da onda depende apenas do meio no qual ela se propaga, logo para um determinado *meio 1* v_1 é constante, para *meio 2* v_2 também é constante. Dessa forma, como valores de v_1 e v_2 são fixos torna-se constante a razão v_1/v_2 e, assim, quando uma onda se refrata, passando de um meio para outro, os ângulos de incidência e de refração são tais que

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \text{constante}$$

Este resultado é idêntico ao que foi obtido por Snell, quando estudou experimentalmente a refração da luz.

- Índice de refração – Considere um caso particular importante no qual um raio luminoso, propagando-se no vácuo, sofre refração ao penetrar em um meio material qualquer (Figura 4). Para este caso, teremos

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{c}{v}$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade no meio material no qual ela penetra. O quociente c/v denomina-se *índice de refração*, n , do meio

$$n = \frac{\text{velocidade da luz no vácuo}}{\text{velocidade da luz no meio}} \quad \text{ou} \quad n = \frac{c}{v}$$

Observe que n é um número puro (sem unidade), pois é o quociente entre duas grandezas da mesma espécie (duas velocidades). Seu valor é maior que 1 para qualquer meio material, uma vez que a velocidade da luz no vácuo ($\cong 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$) é maior do que em qualquer outro meio.

Quando acontecer de dois meios terem o mesmo índice de refração absoluto, como mostrado nos *Experimentos 1 e 2* (apresentados no Material de Apoio ao Professor de Física), a luz não sofre refração ao passar de um meio para outro, pois não ocorre variação de velocidade de propagação. Por terem o mesmo índice de refração comportam-se, no que diz respeito à propagação da luz, como se fossem um único meio, permanecendo um invisível em relação ao outro, e dizemos que existe *continuidade ótica* entre os meios (TORRES; FERRARO; CALDAS, 2010).

Experimento 1: Invisibilidade observada devido à refração

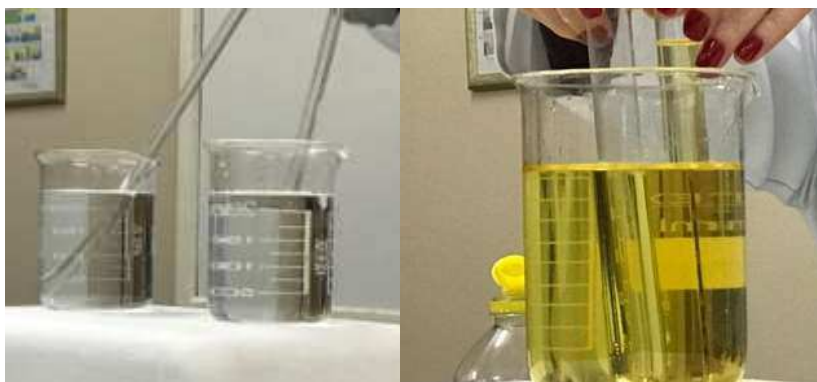
Materiais:

- 1 béquer com 250 ml de água;
- 1 béquer com 250 ml de glicerina;
- 1 béquer de capacidade 50 ml vazio;
- 1 béquer de capacidade 50 ml vazio;
- 1 béquer com 500 ml de óleo de soja;
- 2 tubos de ensaio;
- 2 bastões de vidro;
- 1 pinça;

Procedimento:

1. Introduzir o bastão de vidro primeiro na água e depois na glicerina (figura 5).
2. Segurar com a pinça pela extremidade o béquer de 50 ml de óleo de soja, introduzir o mesmo no interior do óleo de modo que permaneça vazio, depois mergulhar fazendo com que uma porção de óleo entre no interior e observar.
3. Colocar o tubo de ensaio vazio no interior do béquer de 500 ml que contém óleo, após preencher lentamente o tubo com o mesmo óleo.
4. No béquer vazio adicionar água até a metade e preencher com óleo, inserir o tubo de ensaio cheio de óleo.

Figura 5: Invisibilidade aparente.



Fonte: Elaborado pela autora.

Questões:

Por que o bastão de vidro fica transparente na glicerina? E como se explica o fato do tubo de ensaio ir desaparecendo quando adicionamos óleo?

Respostas:

Ao introduzirmos o bastão de vidro na glicerina, verificamos que a parte do bastão que está submersa no líquido desaparece, ficando visível somente a parte que fica no ar ou quando mergulhado na água. O mesmo acontece com o tubo de ensaio dentro do óleo.

A invisibilidade destes materiais reside no fato de que o vidro e a glicerina apresentam índices de refração muito próximos (respectivamente, 1,50 e

1,47). Ou seja, há pouca existência da reflexão de luz na superfície do tubo de vidro, que permitira a sua identificação, sendo assim, a luz atravessa todo o sistema como se fosse um corpo homogêneo, com um único índice de refração.

Sugestões de vídeos para o professor:

“Invisible Glass - How to Make an Object Vanish”, em
<https://www.youtube.com/watch?v=wIELYZJ5JF4>

Index of Refraction - disappearing glassware demonstration //
Homemade Science with Bruce Yeany, em

<https://www.youtube.com/watch?v=9Tj2KMZhfoC&t=14s>

Experimento 2: Esferas de hidrogel

Materiais:

- Esferas de hidrogel;
- 2 recipientes (modelo vaso) de vidro;
- Cartão com alguma palavra ou frase escrita.

Procedimento:

1. Para fazer o processo de hidratação, coloque as esferas de hidrogel numa vasilha com água e deixe algumas horas, escorra o excesso de água.
2. Encher o vaso de vidro com as bolinhas.
3. Fixe na lateral da vasilha o cartão.
4. Adicione água lentamente.

Figura 6: Adicionando água nas esferas de hidrogel.



Fonte: Elaborado pela autora.

Questões:

Por que só é possível ler nitidamente o cartão após colocarmos água?

Respostas:

O material em questão trata-se do poliacrilato de sódio, um polímero superabsorvente. Esse polímero consegue absorver cerca de 800 vezes sua massa em água, o seu índice de refração é próximo ao da água, sendo $n_{\text{água}} = 1,33$.

Essa proximidade de índices de refração faz com que as esferas pareçam invisíveis, possibilitando a leitura do cartão, pois, o desvio sofrido pela luz ao passar da água para o gel é muito pequeno e imperceptível aos nossos olhos.

Professor assista ao vídeo “Jelly Marbles - Clear Spheres” em https://www.youtube.com/watch?time_continue=203&v=bzsvR3vH2Oo

Trata de atividades semelhantes ao *Experimento 2: Esferas de hidrogel*

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

A partir da atividade experimental e das questões, o professor incentiva o interesse nos alunos proporcionando reflexões e introduzindo gradualmente os conceitos e as expressões matemáticas através da exposição dialogada e da lista de exercícios (Anexo B).

Retomando a expressão

$$\frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Vamos escrevê-la da seguinte maneira

$$\frac{1}{v_1} \text{sen } \theta_1 = \frac{1}{v_2} \text{sen } \theta_2$$

Multiplicando ambos os membros desta igualdade por c , vem

$$\frac{c}{v_1} \text{sen } \theta_1 = \frac{c}{v_2} \text{sen } \theta_2$$

Mas c/v_1 é n_1 (índice de refração do meio 1) e c/v_2 é n_2 (índice de refração do meio 2). Então

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

Esta equação é uma das formas mais comuns de se apresentar a lei de Snell e descreve matematicamente, de uma maneira geral, o fenômeno da refração (MÁXIMO; ALVARENGA, 1993).

- Equação geral

A equação geral da refração pode ser determinada pela análise das grandezas envolvidas nesse fenômeno (APOSTILA POSITIVO, 2018).

- Quanto maior o índice de refração do meio, menor será a velocidade.

Portanto, são grandezas inversamente proporcionais.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 \cdot f_1}{\lambda_2 \cdot f_2}$$

Como

$$f = \text{constante, logo } f_1 = f_2$$

teremos:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

- Perceba que essa relação pertence à equação geral, portanto:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2}$$

Encerramento

Sugestão ao professor

Verificar as respostas da lista de exercícios que servirá de apoio para a próxima aula. Esclarecer dúvidas sobre o assunto.

Aula 02 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Iniciar com o Experimento 3, pois através dele o professor revisa a equação da aula anterior até chegar na expressão matemática do ângulo limite. A seguir o Experimento 4 mostra a reflexão total, conseqüentemente demanda um debate com os alunos sobre a transmissão de informações por fibras ópticas.

Experimento 3: Lei de Snell - Descartes

Materiais:

- Suporte universal com garra;
- Disco giratório com escala angular e subdivisões de 1° ;
- Cilindro acrílico de seção semicircular;
- Aquário de vidro;
- Leite em pó;
- Apontador laser.

Procedimento:

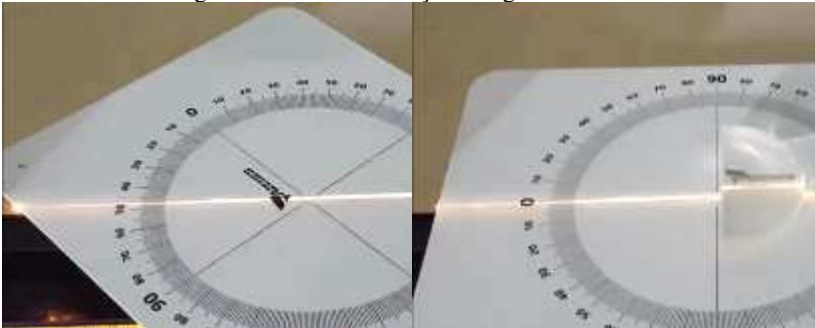
1. Colocar o disco giratório com escala angular na lateral interna do aquário;
2. Adicionar água, com algumas pitadas de leite em pó, de forma que o dióptro plano coincida com o diâmetro do círculo;
3. Variar o ângulo de incidência com o laser e observar o ângulo de refração (Figura 7);
4. Coloca-se o semicírculo no disco ótico ajustando de tal modo que o ângulo de incidência do raio luminoso seja 0° (Figura 8).
5. Incidir o raio luminoso do ar para o acrílico, em relação à normal com um ângulo θ_1 , e observar o correspondente ângulo de refração θ_2 .
6. Calcular o índice de refração do acrílico.
7. Calcular o ângulo limite.

Figura 7: Ângulo de incidência e ângulo de refração.



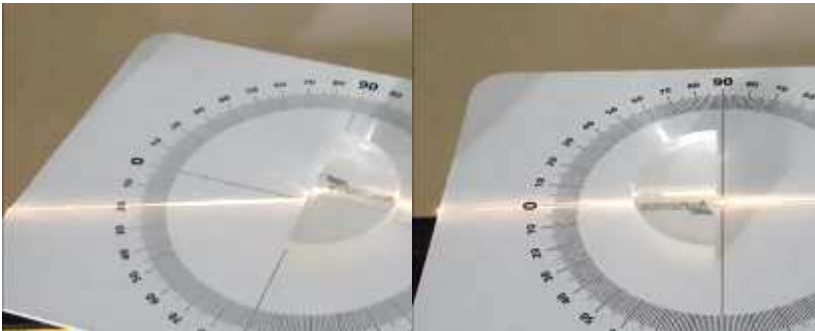
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8: Índice de refração e ângulo limite.



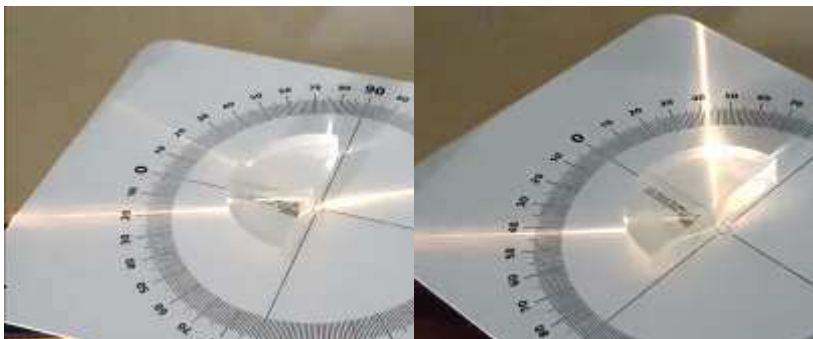
a) Disco giratório com escala angular.

b) Raio de luz incidindo perpendicularmente do ar para o acrílico.



b) Raio de luz incidindo obliquamente, raio refratado se aproximando da normal.

c) Raio de luz incidente do meio mais refringente para o meio menos refringente.



d) Raio de luz incidindo obliquamente, raio refratado se afastando da normal.

e) Reflexão total.

Fonte: < <https://www.youtube.com/watch?v=ICPMcDPkfqw> > Acesso em: 26 out. 2018. (Adaptado)

Questões:

- Qual é o valor do ângulo de incidência e do ângulo de refração, quando o raio laser passa do ar para a água?
- O raio de luz que incidiu perpendicularmente à superfície do acrílico não sofreu desvio, sendo assim podemos afirmar que o raio sofreu refração?
- Por que a luz sofre desvio?
- O que acontece com o raio refratado em relação à normal no experimento, em que o raio passa do ar para o cilindro de acrílico semicircular?

Respostas:

- Para um ângulo de incidência de 30° os alunos observarão um ângulo de refração $\approx 20^\circ$, aumento a incidência do raio para 45° , observa-se $\approx 30^\circ$ para a refração.
- Sim, pois a refração não é definida como o desvio na trajetória do raio de luz, mas sim com uma alteração na velocidade quando a luz muda de meio.
- Como a luz se propaga em frentes de onda, na incidência uma parte dessa frente de onda entra no acrílico antes do que a outra. Quando a luz passa do ar para o acrílico, de um meio **menos refringente para um mais refringente**, ocorre uma aproximação do raio refratado em relação à normal. Já quando

o raio de luz vai do acrílico para o ar, de um meio **mais refringente para um menos refringente**, ocorre um afastamento do raio refratado em relação à reta normal.

Veja a simulação do **Experimento 3: Lei de Snell – Descartes** em;

http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/refraction_loi_descartes_optique_seconde_lycee.htm

É semelhante ao experimento acima, possui um disco giratório e um cilindro de seção semicircular que permite

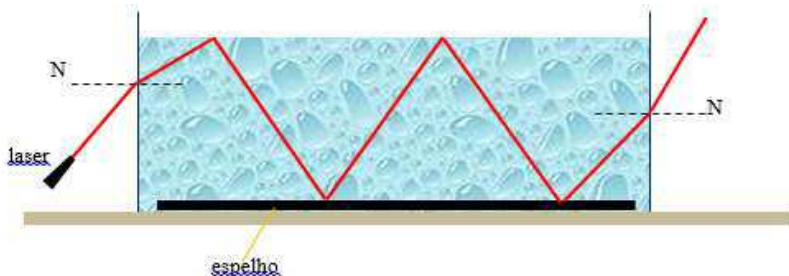
Experimento 4: Reflexão total

Materiais:

- Aquário de vidro longo e raso;
- Espelho plano numa medida que encaixe no fundo do aquário;
- Leite em pó;
- Apontador laser;

Procedimento:

1. Adicione uma ou duas pitadas de leite em pó na água do aquário para deixá-la ligeiramente turva. Isso facilita a visualização do feixe.
2. Varie o ângulo de incidência do laser, para cima ou para baixo, até que consiga um raio refletido como está na figura 9.



Questões:

Na atividade do aquário, qual é a condição para que ocorra a reflexão total?

Respostas:

O efeito da reflexão total é possível, pois o feixe de luz analisado está se propagando do meio mais refringente (água) para o meio menos refringente (ar) com um ângulo de incidência maior que o ângulo limite (L), por isso que o feixe reflete de volta para a água. O aquário é, portanto, um modelo de fibra óptica.

Sugestão de vídeos que poderão auxiliar o professor nessas atividades

“Lei de Snell - Descartes”, em

<https://www.youtube.com/watch?v=VZVUm7jVWp4>

“Total Internal Reflection”, em

<https://www.youtube.com/watch?v=6RbFkEmwes8>

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

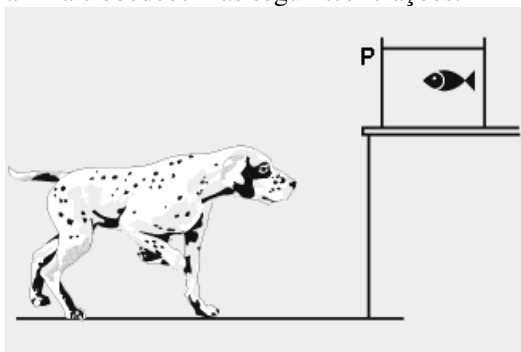
Depois da realização demonstrativa dos experimentos, o professor retoma a lista de exercícios (Anexo B), é o momento de uma explicação mais profunda de algumas questões recorrentes nos livros, apostilas e vestibulares; origem de muitas dúvidas para os alunos.

Sendo assim, o objetivo da *Seção: Alguém me explica*, é detalhar algumas questões através de ilustrações para que os alunos aprimorem a habilidade espacial-visual, pois, criar imagens mentais pode ser de grande auxílio no aprendizado.

Seção: Alguém me explica?

Questão vestibular Unirio 2004

Um cão está diante de uma mesa, observando um peixinho dentro do aquário, conforme representado na figura. Ao mesmo tempo, o peixinho também observa o cão. Em relação à parede P do aquário e às distâncias reais, podemos afirmar que as imagens observadas por cada um dos animais obedecem às seguintes relações:



- a) O cão observa o olho do peixinho mais próximo da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais distante do aquário.
- b) O cão observa o olho do peixinho mais distante da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais próximo do aquário.
- c) O cão observa o olho do peixinho mais próximo da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais próximo do aquário.
- d) O cão observa o olho do peixinho mais distante da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão também mais distante do aquário.
- e) O cão e o peixinho observam o olho um do outro, em relação à parede P, em distâncias iguais às distâncias reais que eles ocupam na figura.

Resposta: O gabarito é A, mas porque não pode ser a B?

Quando falamos de luz, estamos falando de uma faixa das radiações eletromagnéticas. De acordo com nossa percepção visual, essa faixa é dividida em sete regiões, e, para cada região, temos uma cor de referência.

A luz pode se propagar em diferentes meios ópticos. Para cada meio, tem-se uma determinada velocidade. Quando um raio de luz muda de meio de propagação, ocorre mudança de velocidade. Esse fato caracteriza o fenômeno da refração luminosa.

- Para cada par de meios 1 e 2 (Figura 10) e para cada cor de luz, temos:

$$n_1 \cdot \text{sen } i = n_2 \cdot \text{sen } r \quad \text{lei de Snell-Descartes}$$

Na lei de Snell-Descarte, n_1 e n_2 são chamados de índices de refração absolutos dos meios 1 e 2, respectivamente.

O índice de refração n de determinado meio, indica quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior do que naquele meio:

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

Quando comparamos meios ópticos transparentes, é comum utilizar o termo **refringência**. A luz ao passar para um meio de maior índice de refração (mais refringente), o ângulo de refração (r) é menor que o ângulo de incidência (i). Reciprocamente, ao passar para um meio de menor índice de refração (menos refringente), o ângulo de refração será maior que o ângulo de incidência.

Observação

- ✓ O índice de refração depende da frequência da luz incidente, luz com alta frequência (menor λ) tem maior energia que luz com baixa frequência ($E = h \cdot f$), distorcendo mais a distribuição eletrônica da molécula, portanto depende da espécie molecular²⁷.

Onde:

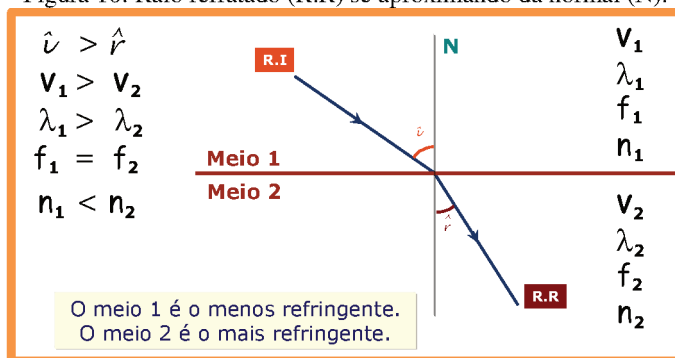
E = energia de um único fóton

h = a constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ ou $h = 4,14 \times 10^{-15} \text{eV}\cdot\text{s}$

f = é a frequência de oscilação

λ = comprimento de onda

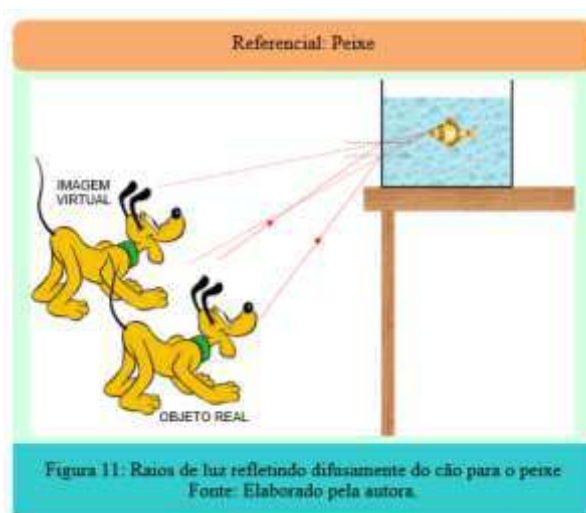
Figura 10: Raio refratado (R.R) se aproximando da normal (N).



Fonte: Elaborado pela autora.

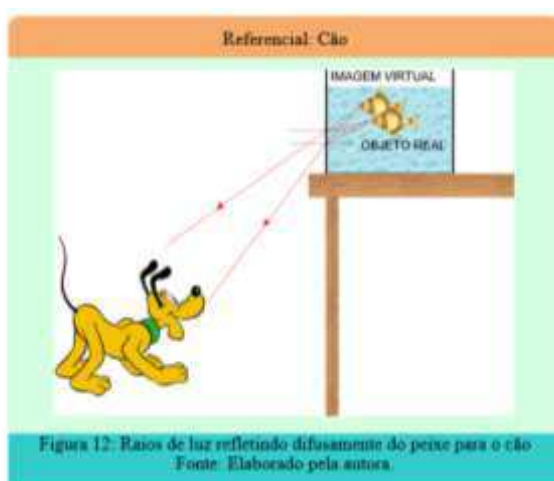
Voltando à questão do vestibular, centramos no exemplo do **peixe** observando o **cão** (Figura 11), para que isso aconteça, o cão, fonte de luz secundária, reflete difusamente a luz para os olhos do peixe, então, temos o seguinte esquema abaixo:

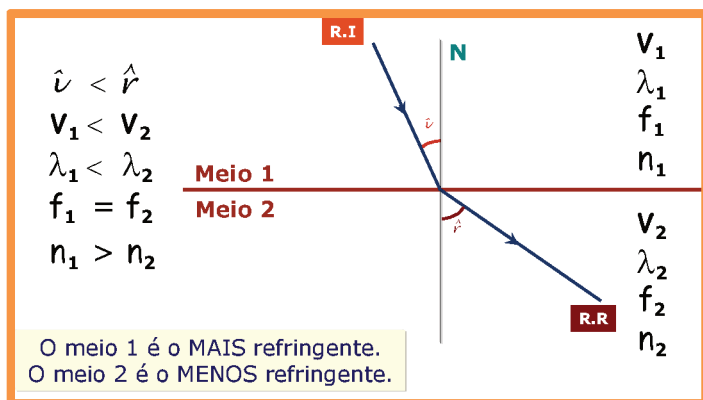
²⁷ Em: < <http://www.usp.br/massa/2013/gf12453/pdf/coloquiorefratometria-2013.pdf> > . Acesso em: 29 de outubro 2018.



Prolongando o raio refratado, temos uma imagem virtual. Um observador que está dentro da água, vê o objeto numa posição aparente mais distante e mais acima.

Agora temos o **cão** observando o **peixe** (Figura 12), nessa situação a luz reflete difusamente do peixe, passa pela água e sai para o ar, com um aumento de velocidade, como consequência o raio se afasta da normal (Figura 13).





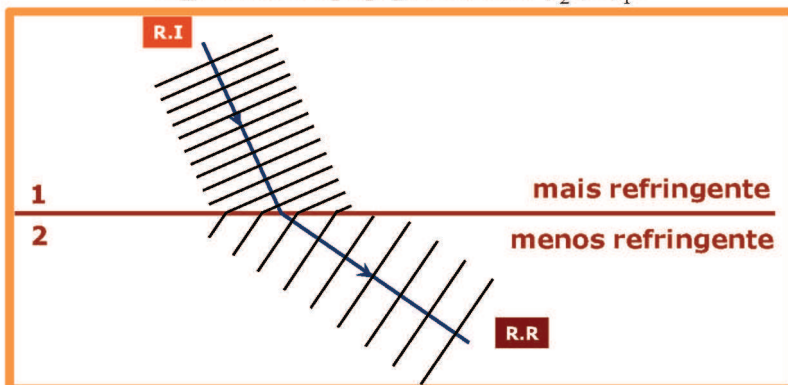
Fonte: Elaborado pela autora.

Ao prolongar o raio refratado, o cão tem uma imagem virtual e aparente do peixe, mais próximo do aquário e mais acima do que realmente o peixe está.

• **Exemplo** — Uma onda, propagando-se na superfície de um líquido, em uma região (1), com uma velocidade v_1 , incide na linha de separação desta região com uma região (2), na qual sua velocidade de propagação é v_2 . Sabendo-se que $v_2 > v_1$, podemos analisar o que acontece com a onda quando ela passa a se propagar no meio (2).

Sendo $v_2 > v_1$, a equação $\text{sen}\theta_1 / \text{sen}\theta_2 = v_1 / v_2$ nos mostra que teremos $\theta_2 > \theta_1$. Portanto, ao contrário do que ocorre na Figura 14, os raios da onda vão se “afastar da normal”. Além disso, como a frequência é a mesma nas duas regiões, a relação $\lambda = v / f$ nos permite concluir que teremos $\lambda_2 > \lambda_1$. Desta maneira, a passagem da onda da região (1) para a região (2) pode ser representada, esquematicamente, da maneira mostrada na Figura 14.

Figura 14: Onda propagando-se com $v_2 > v_1$.

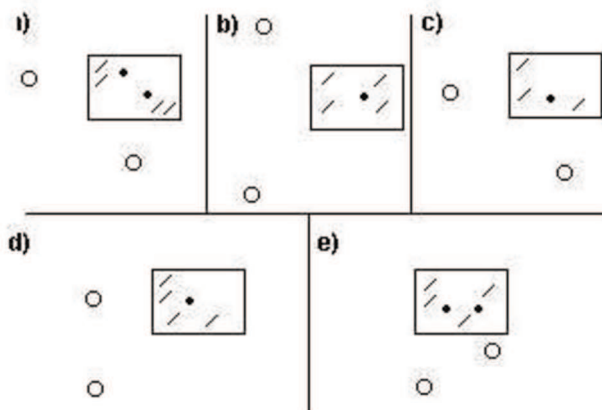


Fonte: Elaborado pela autora.

Seção: Alguém me explica?

Questão vestibular Ufscar-SP

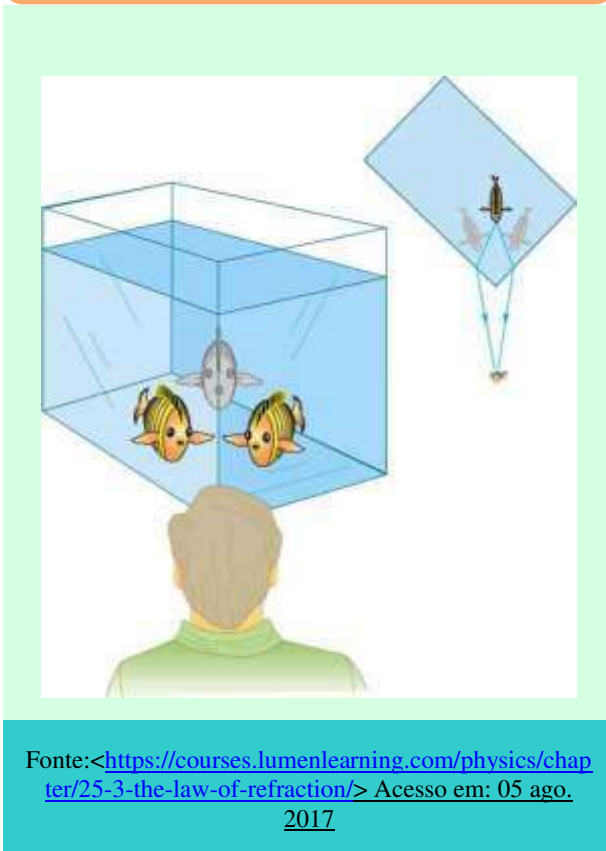
Duas crianças observam um aquário com a forma de um paralelepípedo, cujas arestas são opacas. Uma delas afirma que há, no aquário, apenas um peixinho; a outra afirma que há dois. Sabendo que essas crianças não mentem, assinale a alternativa que melhor explica o que está ocorrendo. Em cada alternativa os círculos representam as crianças, o(s) ponto(s) representa(m) o(s) peixinho(s) e o retângulo representa o aquário, todos vistos de cima.



Resposta: O gabarito é D

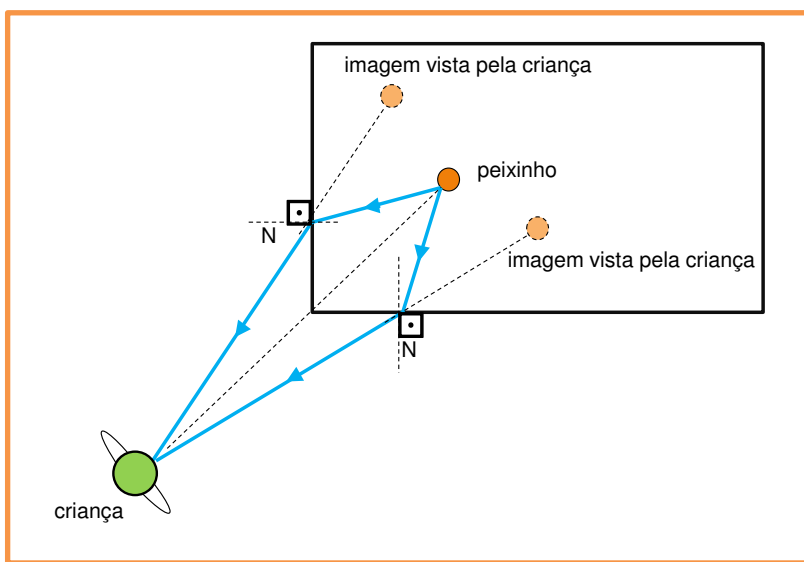
Olhando para o aquário de peixes da Figura 15, podemos ver o mesmo peixe em dois locais diferentes, porque a luz sofre refração da água (mais refringente) para o ar (menos refringente), fazendo com que o raio refratado se afaste da reta normal (N) em relação ao incidente. Neste caso, a luz pode chegar ao observador por dois caminhos diferentes, assim o peixe parece estar em dois lugares diferentes.

Figura 15. Um peixe – duas imagens.



Fonte: <<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/25-3-the-law-of-refraction/>> Acesso em: 05 ago. 2017

Figura 16. Aquário visto de cima.



Fonte: Elaborado pela autora.

Encerramento

Sugestão ao professor

Para fortalecer a interdisciplinaridade e a autonomia o professor pode sugerir para os alunos uma pesquisa. No Anexo C encontram-se sugestões de assuntos pertencentes à *Óptica da visão*, que foram trabalhados com alunos do ensino médio, bem como os resultados e as formas de avaliação.

Aula 03 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Dando seguimento, cabe lembrar os conceitos sobre reflexão total da luz (aula anterior) e iniciar a discussão sobre dispersão luminosa, prismas e lâminas de faces paralelas. O experimento abaixo engloba todos esses conceitos de forma dinâmica.

Experimento 5: Dioptra plano

Materiais:

- Suporte universal com garra;
- Suporte para disco giratório;
- Disco giratório Ø23cm com escala angular e subdivisões de 1°;
- Fonte de luz branca;
- Prisma de vidro;
- Perfil em acrílico retangular;
- Transferidor.

Procedimento:

1. Ligar a fonte de luz e ajustar o raio para que ele incida no centro do disco óptico.
2. Posicionar o prisma no feixe de luz sobre o disco, girar levemente até que todas as faixas de cores apareçam no anteparo, ver Figura 17.

Figura 17: Trajetória da luz branca no prisma e decomposição dessa luz.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=VZVUm7jVWp4&t=43s>>.

Acesso em: 29 out. 2018

3. Colocar o diopetro plano no disco óptico e ajustar o mesmo de tal modo que o ângulo de incidência seja 0° , logo o ângulo de refração também é 0° .
4. Inserir entre o diopetro e o disco óptico uma folha de papel em branco, para traçar os raios através do diopetro.
5. Girar o disco de forma que o ângulo de incidência seja de 30° e observar o raio de saída do diopetro.
6. Medir e anotar, utilizando um transferidor, os ângulos θ_1 , θ_2 , θ_3 e θ_4 (Figura 18).

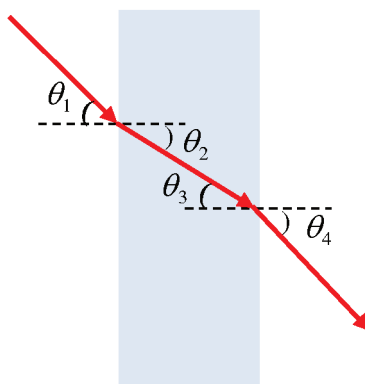


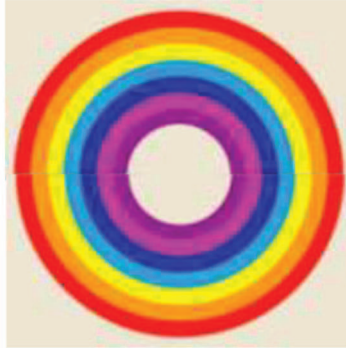
Figura 18: Fonte: Elaborado pela autora.

7. Com os resultados obtidos calcular o índice de refração do diopetro através da Lei de Snell-Descartes.

Questões:

- a) Qual o fenômeno que se observa nos raios transmitidos através do prisma?
- b) Em geral vemos o arco-íris como um conjunto de faixas semicirculares. Seria possível ver um arco-íris com faixas circulares (Figura 19)?

Figura 19: Arco-íris circular



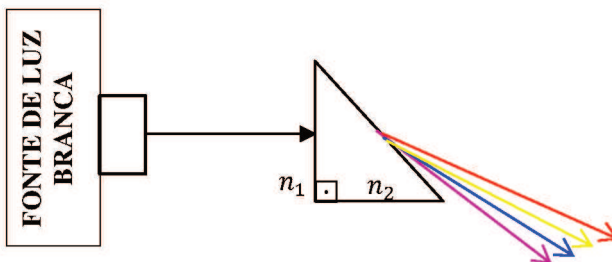
Fonte: http://br.freepik.com/vetores-gratis/icone-do-arco-iris-imagens_719395.htm (Adaptado)

c) O que é o efeito de Fata Morgana?

Respostas:

- a) Observa-se o fenômeno da separação da luz policromática em suas componentes monocromáticas, conhecido como dispersão, resultado direto da refração (Figura 20).

Figura 20. Diagrama para a máxima decomposição da luz em um prisma triangular.



Fonte: < <http://lilith.fisica.ufmg.br/~labexp/roteirosHTML/O-RR.htm> >
Acesso em: 29 out. 2018. (Adaptado)

- b) Sim de uma grande altitude, como por exemplo, dentro de um avião.

- c) Trata-se de uma miragem que se deve a uma inversão térmica. Objetos que se encontrem no horizonte como, por exemplo, ilhas, falésias, barcos ou *icebergs*, adquirem uma aparência alargada e elevada, similar aos "castelos de contos de fadas".

Desenvolvimento

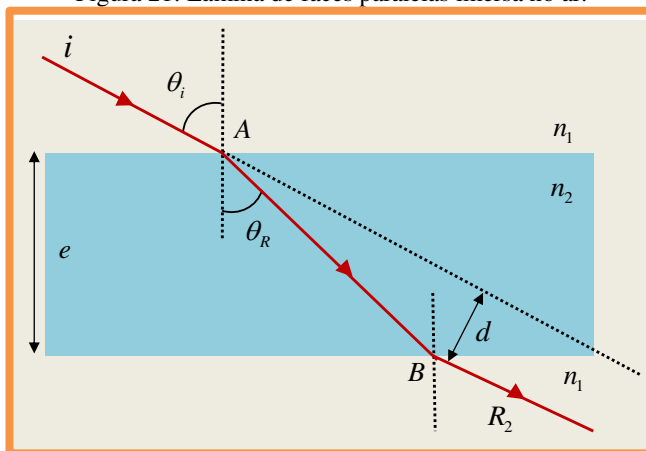
Sugestão ao professor

O experimento remete a uma discussão sobre a formação do arco íris, das miragens e posição aparente dos objetos. A seguir o texto 2 e a *Seção: Alguém me explica* dá suporte para o professor compor suas aulas.

Texto 2: Lâminas de faces paralelas

Uma lâmina de faces paralelas é composta de duas faces que formam dioptros com o meio externo (Figura 21). Uma janela de vidro, uma lâmina de microscópio, para brisas de automóveis, películas que recobrem embalagens de produtos, mesas recobertas com vidro, etc., são exemplos dessas lâminas. Veja a seguir como um raio que incide obliquamente atravessa a lâmina.

Figura 21: Lâmina de faces paralelas imersa no ar.



Fonte: Elaborado pela autora.

Como o raio, após atravessar a lâmina, voltou para o mesmo meio, o raio incidente e o emergente da lâmina são paralelos.

Perceba que esse raio, sofre um deslocamento lateral (d) que pode ser determinado pela seguinte relação:

$$d = \frac{e \cdot \text{sen}(\theta_i - \theta_R)}{\cos(\theta_R)}$$

Considere:

d = deslocamento lateral

e = espessura da lâmina

θ_i = ângulo de incidência

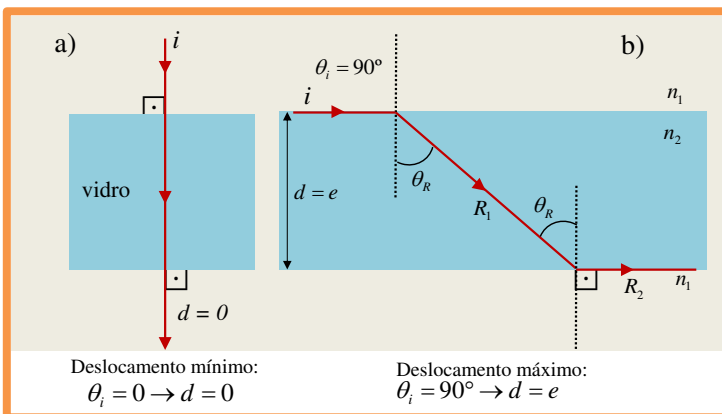
θ_R = ângulo de refração

Obs.:

A Figura 22-a mostra um raio incidindo perpendicularmente (90°) na lâmina. Ocorrerá a travessia do raio, mas o deslocamento lateral será nulo ($d = 0$).

Caso o raio incida de forma rasante (Figura 22-b), o deslocamento lateral será máximo e igual à própria espessura (e) da lâmina ($d = e$).

Figura 22: (a) Deslocamento nulo. Incidência normal. (b) Deslocamento máximo. Incidência rasante



Fonte: Elaborado pela autora.

A imagem de um objeto vista através de uma lâmina de faces paralelas será virtual, direita e mais próxima do que o objeto, portanto aparenta ser um pouco maior que o objeto.

Seção: Alguém me explica?

Questão vestibular PUCC-SP

ACAFE/2017.2 – outros cursos Questão 35

Um aparelho emite um feixe colimado, estreito, de luz verde, composto pela mistura de luz amarela com azul.

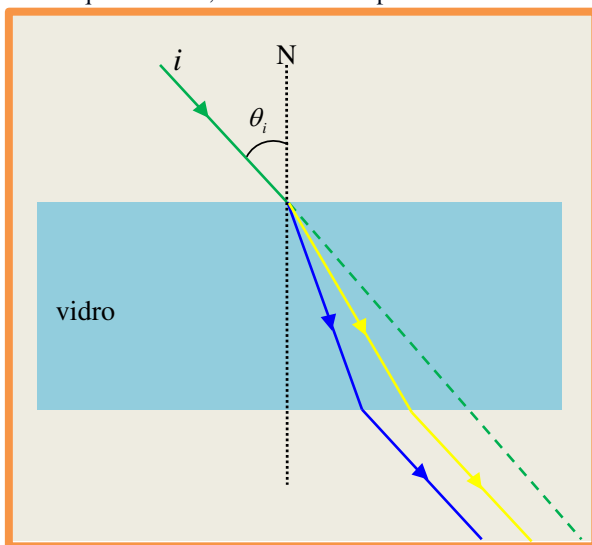
Nesse sentido, assinale a alternativa **correta** que completa a lacuna da frase a seguir.

Tal afirmativa se comprova, pois, ao incidir o feixe numa lâmina de vidro de faces paralelas uma das cores sofreria um deslocamento _____ maior que a outra, numa incidência _____.

- a) oblíqua - oblíqua
- b) paralelo - paralela
- c) oblíqua - paralela
- d) paralelo – oblíqua

Resposta: O gabarito é a letra D

Figura 23: Diferentes cores sofrem desvios diferentes e, consequentemente, deslocamentos paralelos diferentes.

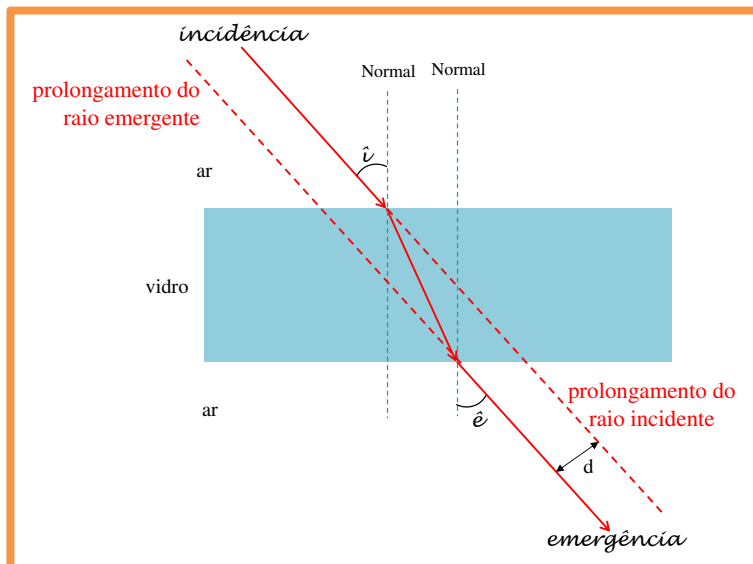


Fonte: Elaborado pela autora.

A refração modifica a velocidade de propagação e o comprimento de onda, mantendo uma proporção direta. A constante de proporcionalidade é a frequência, que não se altera. No interior da lâmina cada cor se move com velocidades diferentes e ao saírem da mesma sofrerão desvios laterais diferentes, sofrendo assim, dispersão.

A cor que sofre menor desvio ao penetrar no vidro é o vermelho (maior velocidade) e menor desvio é o violeta (menor velocidade).

Figura 24. Os prolongamentos dos raios incidente e emergente são sempre retas paralelas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Seção: Alguém me explica?

Questão vestibular PUCC-SP

Os raios de luz provenientes de uma estrela (E), ao atravessar a atmosfera, sofrem desvios, dando-nos a impressão de que a estrela está mais alta (E') do que realmente está (Figura 1). Também, por isso, pode-se observar a imagem do Sol (S') mesmo depois que ele (S) se pôs no horizonte ou antes de nascer (Figura 2).

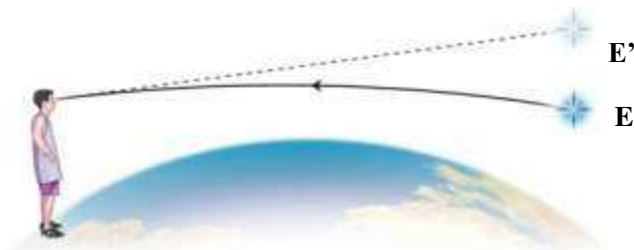


Figura 1

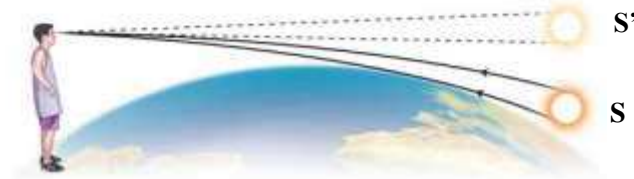


Figura 2

Esses fatos ocorrem, principalmente, devido à:

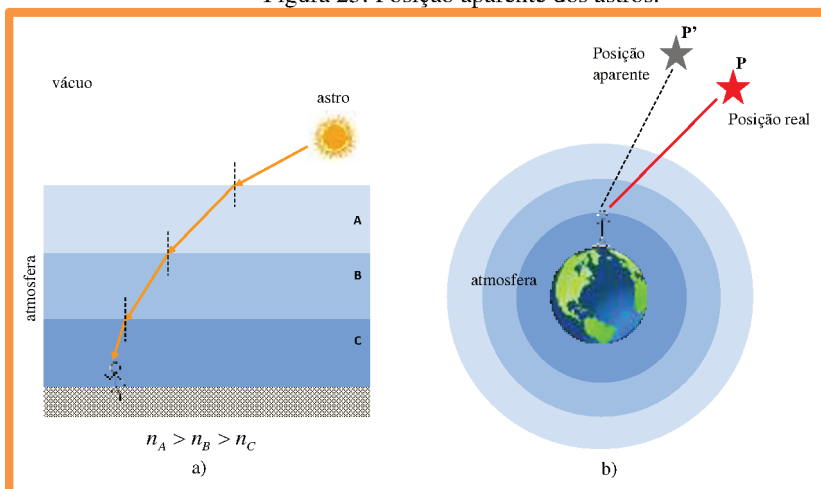
- a) variação de índice de refração do ar com a altitude
- b) variação de índice de refração do ar com a longitude
- c) variação de índice de refração do ar com a latitude
- d) dispersão da luz ao atravessar a atmosfera
- e) forma esférica da Terra e à atração gravitacional sofrida pela Lua

Resposta: O gabarito é a letra A

Como se explica o fenômeno da posição aparente dos astros?

A atmosfera não é um meio homogêneo, como a densidade diminui com a altitude, em geral, o índice de refração diminui. Vamos considerar, por exemplo, o Sol, enviando luz para a Terra, e um raio que atinge a superfície atmosférica, obliquamente à superfície da Terra. Tudo se passa como se a atmosfera fosse constituída por uma série de camadas paralelas, com índices de refração crescentes, de cima para baixo (Fig. 25a).

Figura 25: Posição aparente dos astros.



Fonte: Elaborado pela autora.

Considerando a situação real (Fig. 25b), um raio de luz emitido pelo astro que está na posição P caminha em linha reta enquanto está no vácuo. Ao atingir a atmosfera, como a incidência não é normal, ele curva-se de modo que o observador vê o astro na posição P'.

Encerramento

Sugestão ao professor

No quadro abaixo apresentamos algumas simulações que possibilitam alterar parâmetros, valores ou variáveis, e consolidam o fechamento da aula. O professor pode desenvolver atividades nas quais os estudantes devem necessariamente interagir com as simulações, explorando seus vários aspectos para responder às questões propostas; ou trabalhar com os alunos de forma interativa propondo relatórios.

Quadro 1: Simulações sugeridas ao professor.

Simulação	Endereço	Conceitos
Refração	http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/refraction_loi_descartes_optique_seconde_lycee.htm	Refração e ângulo limite.
Refração da luz	https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/refraction/refractionangles/index.html	Refração da luz branca policromática. Comprimento de onda. Índice de refração do material. Ângulos de incidência e refração.
Espectro da luz branca	http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/dispersion_prisme_spectre_emission_absorption.htm	Dispersão em um prisma.
Reflexão e refração de ondas eletromagnéticas planas	http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/16204	Leis da reflexão e refração. Reflexão interna total. Polarização parcial ou total da onda refletida.
Propagação de luz através de uma lâmina paralela.	http://ww2.ac-poitiers.fr/math_sp/spip.php?page=pe_ggb&id_documento=1352	Influência da espessura da lâmina, índice e ângulo de incidência sobre o desvio do raio de luz.
Propagação de um raio luminoso através de um prisma.	http://ww2.ac-poitiers.fr/math_sp/spip.php?page=pe_ggb&id_documento=1353	Ângulos de incidência e emergência.

Aula 04 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Introduzir o conteúdo mostrando os formatos das lentes e as características de divergência e convergência através do Experimento 6.

Experimento 6: Lentes esféricas

Materiais:

- 1 folha de papel cartão preto;
- Tesoura;
- Estilete;
- Régua;
- Caneta ou lápis;
- 1 retroprojektor;
- 1 lente biconvexa;
- 1 lente bicôncava;
- 1 lente plano-côncava.

Procedimento:

1. Marque e recorte na folha de papel cartão, um quadrado de 30x30cm (Fig. 26a). Essa será sua “Base”.
2. Localize o centro da folha e faça um quadrado de 8 x 8cm (Fig. 26b), essa será a janela para passagem de luz.

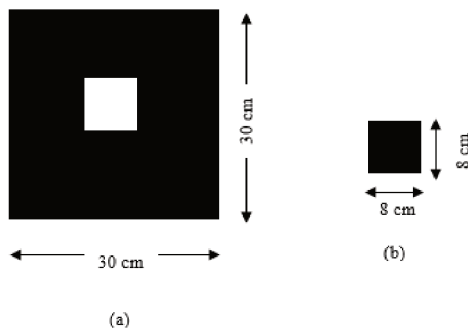


Figura 26. Fonte: Elaborado pela autora.

3. Faça um quadrado de papel cartão preto com 10 x 10cm, no centro deste cartão, 3 fendas de 1mm de largura por 8cm de comprimento, com uma distância de 1cm entre elas (Fig. 27).
- 4.

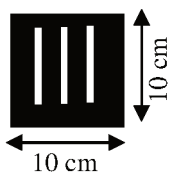


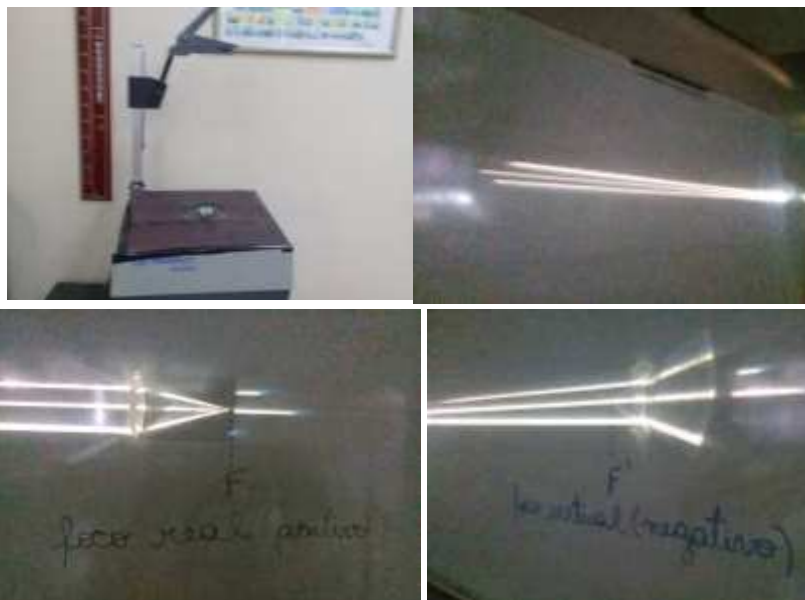
Figura 27. Fonte: Elaborado pela autora.

5. Coloque a folha de papel cartão “Base” sobre o retroprojektor.
6. Coloque o quadrado com as fendas sobre a janela na base, tampando todo o espaço, de forma que as fendas sejam as únicas passagens de luz.
7. Apague as luzes do local, ligue o retroprojektor e use o quadro branco como um anteparo paralelo ao feixe de luz emitido.
8. Agora é só colocar a lente convergente ou divergente na frente dos feixes de luz e verificar o fenômeno de convergência ou divergência (Figura 28).

Questões:

Como podem ser classificadas as lentes?

Figura 28: Convergentes e divergência dos raios luminosos.



Fonte: Elaborado pela autora.

Resposta:

As lentes podem ser classificadas como convergentes ou divergentes. Uma lente convergente é aquela que concentra os raios luminosos paralelos que a atravessam (se $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$), em um único ponto chamado foco, e geralmente possui suas bordas finas e o centro mais espesso. Elas podem ser: biconvexa, plano-convexa ou côncavo-convexa.

Uma lente divergente é aquela que espalha os raios luminosos paralelos que a atravessam (se $n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$), fazendo com que se abram como um leque e geralmente possui suas bordas grossas e o centro mais fino. Elas podem ser: bicôncava, plano-côncava ou convexo-côncava.

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

Para retomar o conteúdo segue um texto resumido dos casos mais gerais sobre lentes esféricas.

Neste link: <https://www.youtube.com/watch?v=iVCEiwC8Zqg>

”Pontociência - Lentes Esféricas”

O professor encontra um vídeo que mostra esse experimento.

Texto 3: Lentes esféricas

Lentes Esféricas

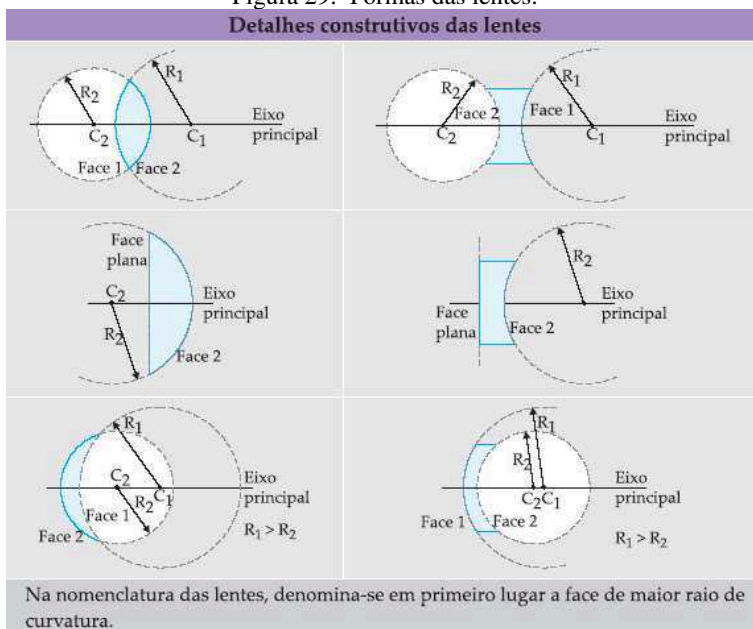
Denomina-se lente esférica uma associação de dois dioptrios²⁸, dos quais um é necessariamente esférico, e o outro, esférico ou plano. Quando a espessura da lente for desprezível em comparação aos raios de curvatura dos dioptrios, ela é dita delgada.

Forma das lentes

Conforme os tipos de dioptrios associados, podemos ter lentes de bordos finos e lentes de bordos grossos.

²⁸ É todo o sistema formado por dois meios homogêneos e transparentes.

Figura 29: Formas das lentes.



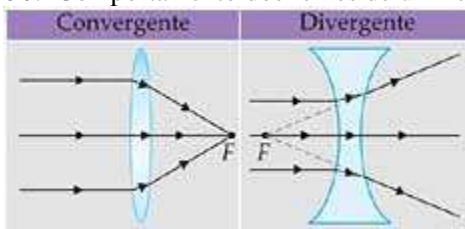
Fonte: < <https://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/1685.htm> >.

Acesso em: 29 out. 2018.

Comportamento Óptico

Quando um feixe cilíndrico de raios paralelos incide sobre uma lente esférica, esta pode ter dois comportamentos ópticos distintos.

Figura 30: Comportamento dos feixes deluz incidentes.

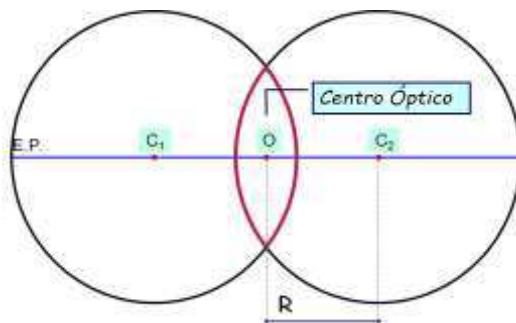


Fonte: < <https://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/1686.htm> >.

Acesso em: 29 out. 2018.

Elementos das lentes esféricas

Figura 31: Elementos geométricos



Fonte: Elaborado pela autora.

Definição das variáveis:	Equações:
<i>E.p.</i> : Eixo principal da lente	
<i>C₁</i> e <i>C₂</i> : Centro de curvatura	$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'} + \frac{1}{p}$
<i>O</i> : Centro óptico da lente	
<i>R</i> : Raio de curvatura	$A = \frac{p'}{p}$
<i>f</i> : distância focal (=R/2)	
<i>p'</i> : distância da imagem	$A = \frac{i}{o}$
<i>p</i> : distância do objeto	
<i>i</i> : altura da imagem	
<i>o</i> : altura do objeto	
<i>A</i> : ampliação da imagem	

Lente convergente				Lente divergente			
Biconvex	Plano-convex	Convexo-côncava	Esfera	Biconcava	Plano-côncava	Convexo-côncava	Esfera
Posição do objeto				Natureza		Sinal	
<p>MAI de O</p>				real, invertida e menor		$f \rightarrow \oplus$ $i \ominus \rightarrow$ imagem invertida $p \oplus \rightarrow$ imagem real	
<p>EO O</p>				real, invertida e igual		$f \rightarrow \oplus$ $i \ominus \rightarrow$ imagem invertida $p \oplus \rightarrow$ imagem real	
<p>entre F e O</p>				real, invertida e maior		$f \rightarrow \oplus$ $i \ominus \rightarrow$ imagem invertida $p \oplus \rightarrow$ imagem real	
<p>em F</p>				imprópria não forma imagem		$f \rightarrow \oplus$	
<p>Entre F e O'</p>				virtual, direita e maior		$f \rightarrow \oplus$ $p \ominus \rightarrow$ imagem virtual	
				Independente da posição do objeto a imagem será sempre virtual, direita e menor		$f \rightarrow \oplus$ $p \ominus \rightarrow$ imagem virtual $i \oplus \rightarrow$ imagem direita	

Em geral, o índice de refração de uma lente é maior do que o índice de refração do meio que a envolve. Nessas condições, as lentes de bordos finos são convergentes e as de bordos grossos divergentes. Considerou-se para o resumo $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$.

Encerramento

Sugestão ao professor

Para esclarecer mais sobre a formação de imagens, seguem algumas simulações que facilitam o entendimento do aluno.

Quadro 2: Simulações sugeridas ao professor.

Simulação	Endereço	Conceitos
<i>App para celular</i> Ray Optics	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.shakti.rayoptics	Você pode mover as lentes / espelhos arrastando-os e ver o diagrama de raios, a posição e a ampliação da imagem em tempo real.
<i>App para celular</i> Glass	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cube3rd.glass	Refratar, refletir, dispersar, dividir. Um jogo de lasers e experimentação. Aprenda a usar espelhos, lentes, prismas e outros dispositivos para manipular feixes de luz.
Lentes delgadas	http://iwant2study.org/lookangejss/04waves_13light/ejss_model_ThinLenModel05/index.html	Posição do objeto e natureza da imagem.
Conhecendo as lentes delgadas	http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/16054/03_laboratorio_frame.htm	Formação da imagem em lentes convergentes, divergentes.
Lentes e espelhos	https://simbucket.com/lensesandmirrors/	Formação da imagem em lentes convergentes, divergentes, espelhos côncavos e convexos.

Aula 05 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Utilizar o Experimento 7 para apresentar a Equação de Gauss.

Experimento 7: A matemática das lentes

Materiais:

- Lâmpada incandescente;
- Lupa;
- Escala numérica;
- Anteparo.

Procedimento:

1. Faça a montagem do experimento conforme o esquema da Figura 32.

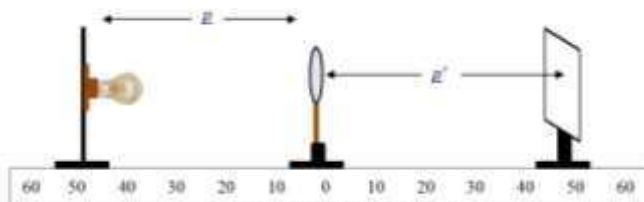


Figura 32. Fonte: Elaborado pela autora.

1. Localize a imagem no anteparo e então meça as distâncias do objeto (p) e da imagem (p'). Repita este procedimento para várias posições diferentes do objeto (lâmpada) em relação a lente.
2. Anote os valores numa tabela.

p distância do objeto até a lente	p' distância da imagem até a lente

Questões:

Conhecendo-se a distância entre o objeto e a plana central da lente (p), e a distância entre a imagem e esse mesmo plano (p'), conforme mostra a figura 16, é possível obter a média da distância focal (f) da lente?

Resposta:

Sim, através da equação de Gauss (1) calculam-se os valores dos focos e obtendo a média da distância focal \bar{f} .

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

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

O professor pode contextualizar através da *Secção: Alguém me explica* e reforçar o aprendizado através da lista de exercícios (Anexo B).

Secção: Alguém me explica?

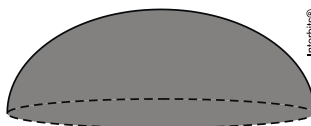
Vestibular G1 - cps 2012

Nas plantações de verduras, em momentos de grande insolação, não é conveniente molhar as folhas, pois elas podem “queimar” a não ser que se faça uma irrigação contínua.



(http://farm2.static.licr.com/1065/873281869_3e6d00a0a0.jpg
Acesso em: 03.09.2011)

Pingos na folha de verdura



Formato ampliado de uma gota

Observando as figuras, conclui-se que a “queima” das verduras ocorre, porque as gotas depositadas sobre as folhas planas assumem formatos de objetos ópticos conhecidos como lentes

- a) biconvexas, que têm a propriedade de dispersar a radiação solar.
- b) bicôncavas, que têm a propriedade de dispersar a radiação solar.
- c) plano-convexas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.
- d) plano-côncavas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.
- e) convexo-côncavas, que têm a propriedade de concentrar a radiação solar.

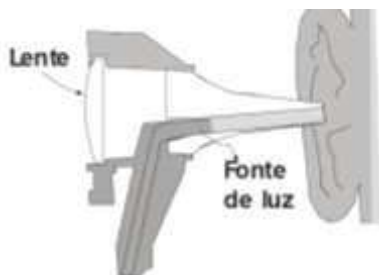
Resposta: O gabarito é a letra C

Comparando as gotas com as lentes estudadas, temos uma das superfícies plana e a outra convexa, ou seja, o formato é de um hemisfério, formando uma lente plano-convexa de extremidades finas, imersa no ar. Como o índice de refração da água ($n_{ar} = 1,33$) é maior que o do ar $n_{ar} = 1,0$; essas lentes tornam-se convergentes. Os raios de luz recebidos do Sol (feixes paralelos) concentram-se sobre seu foco.

Seção: Alguém me explica?

Vestibular ACAFE VERÃO 2016 Questão 31 (aplicada em 08/11/2015 – outros cursos)

Os avanços tecnológicos vêm contribuindo cada vez mais no ramo da medicina, com melhor prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças. Vários equipamentos utilizados são complexos, no entanto, alguns deles são de simples construção. O otoscópio é um instrumento utilizado pelos médicos para observar, principalmente, a parte interna da orelha. Possui fonte de luz para iluminar o interior da orelha e uma lente de aumento (como de uma lupa) para facilitar a visualização.



Considerando a figura e o exposto acima, assinale a alternativa correta que completa as lacunas da frase a seguir.

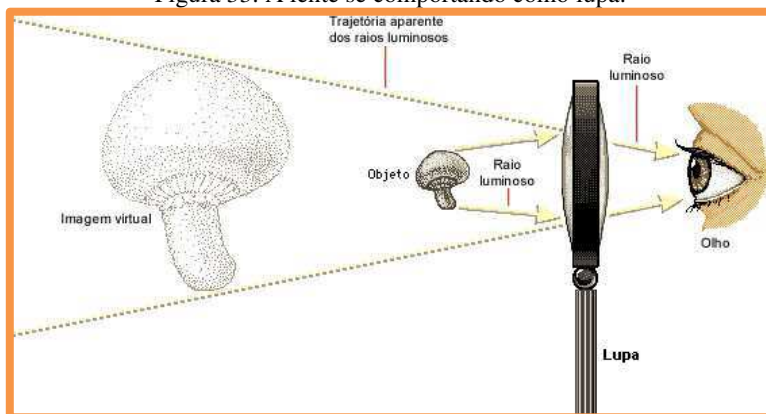
A lente do otoscópio é _____ e a imagem do interior da orelha, vista pelo médico é _____.

- convergente – real, maior e invertida.
- convergente – virtual, maior e direita.
- divergente – virtual, maior e direita..
- divergente – real, maior e invertida.

Resposta: O gabarito é a letra B

A lente que compõe o otoscópio é convergente (bordas finas) e como ela aumenta a imagem da mesma forma que a lupa, essa imagem é virtual, maior e direita.

Figura 33. A lente se comportando como lupa.



Fonte: Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/lupa-de-bancada-34>>. Acesso em: 05 jan. 2018.

Encerramento

Sugestão ao professor

O vídeo abaixo mostra de forma elucidativa (em inglês), a construção das lentes em 3D, o professor poderá passar para os alunos sem o áudio acrescentando suas explicações, ou editar conforme sua intenção didática.

OBS.: Professor o **Real Player** é um programa grátis que permite baixar vídeos do YouTube e converter para PowerPoint além de, editar, recortar, etc...

<http://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2015/11/como-baixar-e-instalar-o-real-player.html>

Vídeo: "Converging Lenses - Designmate"

<https://www.youtube.com/watch?v=R-uMcngNsSk>

Vídeo: "Convex and concave Lenses - Physics - Eureka.in"

https://www.youtube.com/watch?v=4zuB_dSJn1Y

Aula 06 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Através da próxima atividade, é possível mostrar que a convergência ou divergência está diretamente relacionada com os índices de refração do meio e do material.

Experimento 8: Lentes biconvexas convergentes e divergentes

Materiais:

- Apontador laser;
- Aquário de vidro;
- Duas lâmpadas incandescentes de bulbo transparente.
- Leite em pó.

Procedimento:

1. A lâmpada deve ser previamente preparada, eliminando-se a estrutura interna que prende seu filamento, uma vez que somente seu bulbo será utilizado. Para isso, deve-se envolvê-la totalmente com um pano (que irá proteger as mãos, no caso da lâmpada partir-se acidentalmente).
2. Em seguida, usando um alicate ou uma pequena torquês, quebra-se o isolante preto vitrificado que existe em sua rosca metálica, retirando-o totalmente.
3. Depois disso, com a ponta de uma chave de fenda, deve-se romper e fragmentar, cuidadosamente, a estrutura interna que mantém o filamento e removê-la.
4. Colocar água até cerca de $2/3$ do volume do aquário. Para tornar visível a trajetória da luz do laser, adicionar duas pitadas de leite em pó, para que ela fique esbranquiçada e levemente turva (Figura 34).

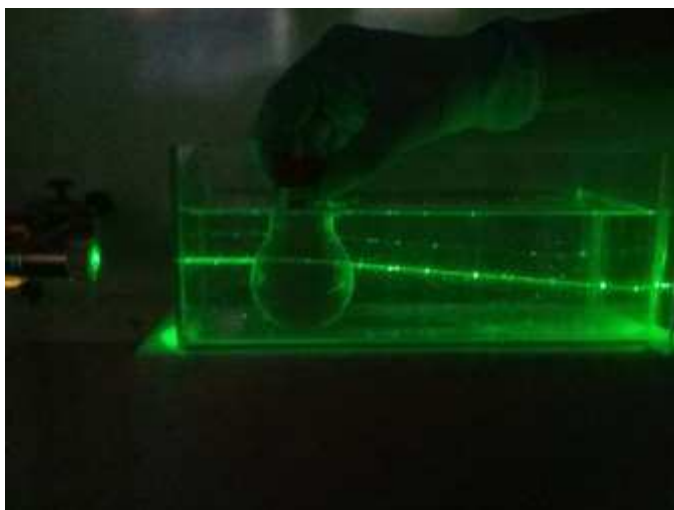
Figura 34. Aquário com água e leite em pó.



Fonte: Elaborado pela autora.

5. Encher o bulbo de uma lâmpada com glicerina.
6. O bulbo deve ser imerso na água, próximo da parede lateral do aquário.
7. Segurando o laser ligado, deve-se posicioná-lo próximo da parede externa do aquário e apontar sua luz para o bulbo imerso.

Figura 35. Lâmpada com glicerina dentro da água.

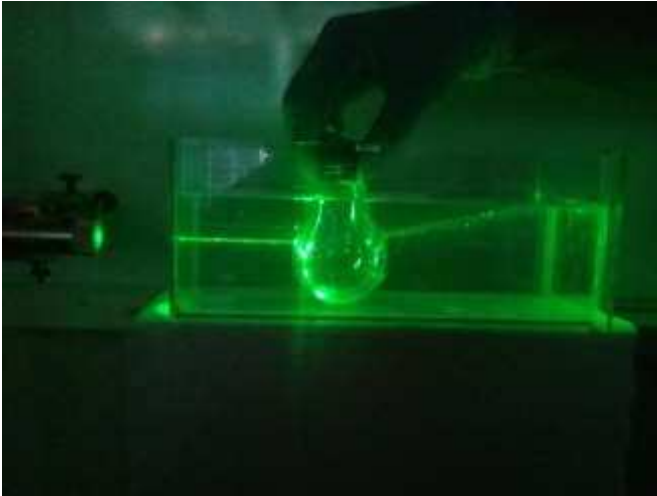


Fonte: Elaborado pela autora.

8. Em seguida, deslocar lentamente a luz do laser, paralelamente ao fundo do aquário, para cima e para baixo e observar o raio refratado.

9. Repetir o mesmo procedimento com a luz do laser, usando a lâmpada com ar no seu interior.

Figura 36. Lâmpada com ar dentro da água.



Fonte: Elaborado pela autora.

Questões:

Qual o comportamento das lentes biconvexas nas duas situações?

Resposta:

A lente de glicerina imersa na água, configura uma situação em que $n_L > n_m$, deste modo, a luz do laser converge para um ponto situado dentro do aquário (Figura 37), indicando que sua distância focal é positiva.

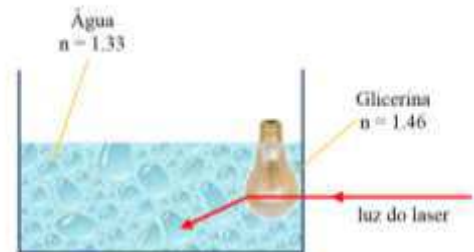


Figura 37. Fonte: Elaborado pela autora.

Imergindo a lâmpada com ar dentro da água (Figura 38) temos $n_L < n_m$, verifica-se que a lente desvia o raio luminoso para fora do aquário, mostrando que agora sua distância focal é negativa.

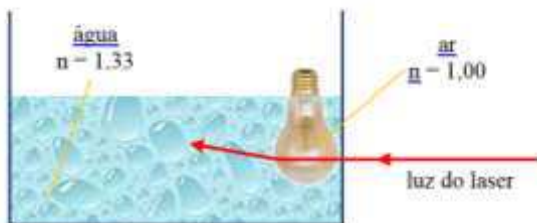


Figura 38. Fonte: Elaborado pela autora.

Da expressão (2) verifica-se que lentes biconvexas, feitas de material com índice de refração maior que o índice de refração do meio em que estão imersas ($n_L > n_m$), apresentam distância focal positiva sendo a lente denominada convergente. Entretanto, se o seu índice de refração for menor que o do meio em que está imersa ($n_L < n_m$), a distância focal torna-se negativa e ela irá divergir os raios luminosos, ao invés de convergi-los.

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_L - n_m}{n_m} \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

Podemos concluir que o comportamento das lentes biconvexas depende dos valores dos índices de refração do material constituinte da lente, e do meio em que ela está imersa.

Desenvolvimento

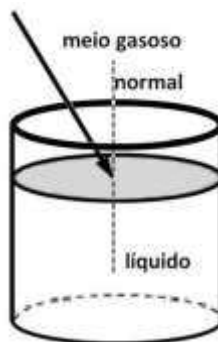
Sugestão ao professor

Complementar a aula com exercícios para a fixação do conteúdo, comentar especificamente algumas questões que enfatizam a natureza convergente e divergente que uma lente biconvexa pode apresentar.

Seção: Alguém me explica?

Vestibular (UFPR/2017 Questão 50)

O índice de refração absoluto de um meio gasoso homogêneo é 1,02. Um raio luminoso, proveniente do meio gasoso, incide na superfície de separação entre o meio gasoso e o meio líquido, também homogêneo, cujo índice de refração absoluto é 1,67, conforme mostrado na figura ao lado.



Posteriormente a isso, uma lente com distância focal positiva, construída com material cujo índice de refração absoluto é 1,54, é colocada, completamente imersa, no meio líquido. Com base nessas informações, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Se a lente for colocada no meio gasoso, ela será denominada “convergente”.
- () Quando a lente foi colocada no meio líquido, a sua distância focal passou a ser negativa.
- () Em qualquer um dos meios, a distância focal da lente não se altera.
- () O raio luminoso, ao penetrar no meio líquido, afasta-se da normal.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) V – F – V – F.
- b) F – V – F – V.
- c) V – F – V – V.
- d) F – F – V – V.
- e) V – V – F – F.

Resposta: O gabarito é a letra E

O grande número de exemplos e exercícios encontrados no estudo de lentes esféricas em que $n_L > n_m$, pode resultar a impressão que lentes biconvexas comportam-se sempre como convergentes, o que não é verdade. A questão da UFPR mostra duas situações: A primeira, a lente é mais refringente que o meio gasoso, portanto, convergente e com distância focal positiva. A segunda, a lente é menos refringente que o meio líquido, isso a caracteriza como divergente, então a distância focal será negativa.

Encerramento

Sugestão ao professor

Nessa página da web: <https://www.edrawsoft.com/optics-diagram.php> há um software de desenho óptico, possibilita que os alunos façam diagramas de óptica física a partir de exemplos e modelos.

O software *Edraw Max* pode ser salvo no computador, inclui algumas formas pré-definidas, tais como lentes convexas, superfície esférica, espelho, corpo, raio, lâmpada, fonte de luz, prismas, etc. O aluno clica na figura e arrasta para iniciar o trabalho. Cada forma pode ser editada e reorganizada (Figura 39).

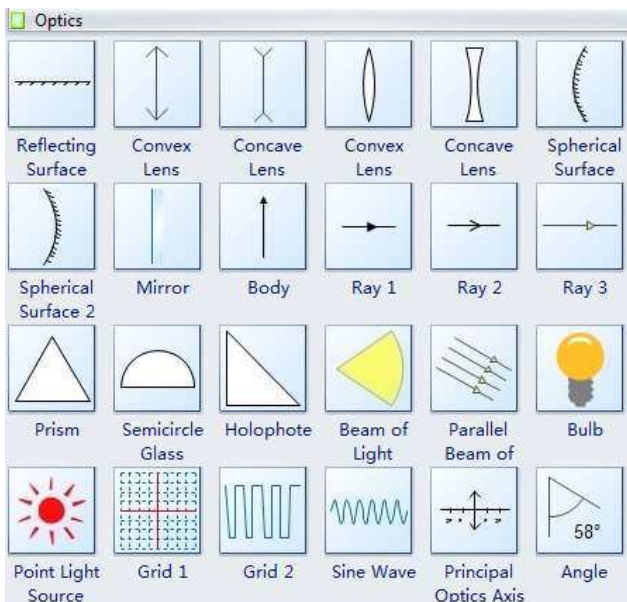
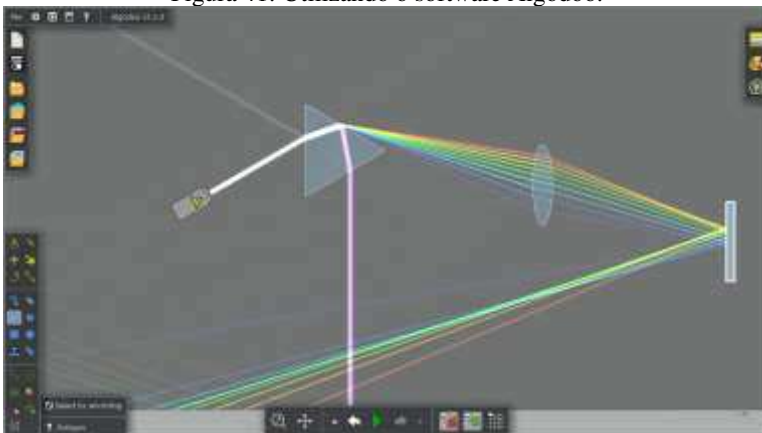


Figura 39: <<https://www.edrawsoft.com/download-edrawmax.php>>. Acesso em: 09 jan. 2018.

Outra opção é a construção de mapas conceituais, estes permitem ao aluno sintetizar, organizar e estabelecer relações entre os conceitos.

Figura 41: Utilizando o software Algodoo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Vídeo aula instalação e uso:
“Algodoo aula 1 lentes e prisma lenses and prism”
<https://www.youtube.com/watch?v=s3iSzP5PBBs>

Aula 07 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

A curiosidade prepara o cérebro para a aprendizagem e pode incutir nos alunos um forte desejo de conhecer, transformando a aula numa experiência prazerosa e gratificante. Pensando assim, o *Experimento 9* tem a finalidade de mostrar as lentes encontrados no cotidiano, produzindo imagens com a mesma natureza dos experimentos de laboratório.

Experimento 9: Lentes caseiras

Materiais:

- Uma taça de vidro;
- Um copo cilíndrico de vidro;
- Cartões com figuras.

Procedimento:

1. Encher a taça com água e posicionar a Figura 42 atrás da mesma.
2. Deslocar a taça lateralmente, de modo que altere as setas para o observador.
3. Realizar o procedimento anterior substituindo a taça pelo copo cilíndrico.
4. Para a figura 43, colocar o copo vazio paralelamente e adicionar água aos poucos, observando o que acontece com a soma do cálculo.
5. Posicionar o restante das figuras (44, 45, 46, 47, 48 e 49) na vertical, e passar lentamente o copo cilíndrico cheio de água na frente de cada figura.

Questões:

- a) Que tipo de imagem a lente (taça) conjuga em cada uma das situações?
- b) Uma imagem real pode ser observada sem que apareça sobre um anteparo?

Resposta:

- a) A taça se comporta como uma lente esférica, dependendo da posição da taça em relação às figuras a imagem apresentada pode ser real ou virtual.
- b) Quando o copo cilíndrico está vazio a luz o atravessa quase sem ser desviada, pois a parede de vidro pode ser tratada como uma lâmina de faces paralelas. Ou seja, observamos a seta (Figura 42) na mesma posição que a veríamos se o copo não estivesse sido colocado à sua frente.

Quando o copo é preenchido com água, passa a ser uma lente cilíndrica. A posição do objeto em relação à lente está suficientemente afastada da lente para que esta conjugue uma imagem real objeto.

Entretanto agora se percebe claramente que a inversão se deu apenas em relação ao eixo horizontal, pois a seta vertical continua na mesma posição.

Desta forma, podemos mostrar uma importante propriedade de uma lente convergente cilíndrica em relação a uma lente convergente esférica. A lente esférica inverte a imagem segundo os dois eixos, enquanto a lente cilíndrica apenas em relação a um deles²⁹.

Cabe destacar que esta imagem real conjugada pela lente convergente, se encontra na frente do copo com água e não atrás do mesmo.

Vídeos que podem auxiliar o professor nessa atividade:

“Amazing Refraction Of Light In Water”

<https://www.youtube.com/watch?v=PsX294Qq1bA>

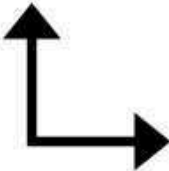

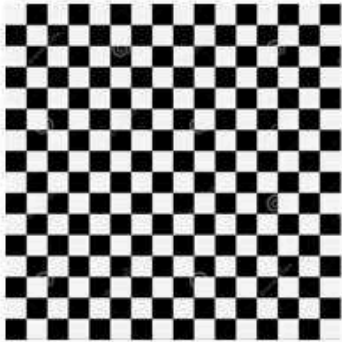
“Just Add Water: The Surprisingly Simple Magic Trick”

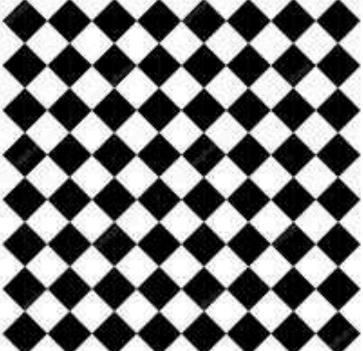
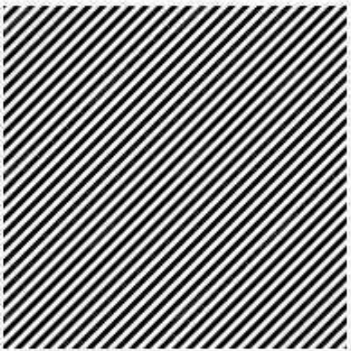
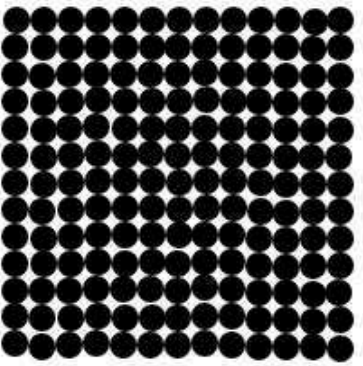
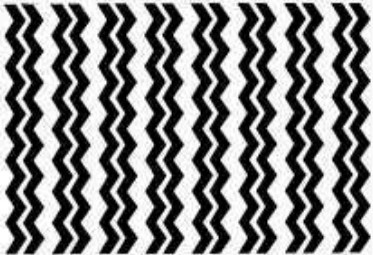
<https://www.youtube.com/watch?v=g7Wa3EKEkm8>

“Amazing Water Trick - Amazing Science Tricks Using Liquid”

<https://www.youtube.com/watch?v=G303o8pJzls>

²⁹ Em: < http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Lentes_caseiras.pdf > Acesso em: 02 outubro 2017

	
<p>Figura 42. Fonte: Elaborado pela autora.</p>	<p>Figura 44. Fonte: https://br.depositphotos.com/7411597/stock-illustration-wedding-bride-bridegroom-married-marry.html (Adaptado)</p>
$ \begin{array}{r} 800 \\ + 081 \\ \hline 881 \end{array} $	
<p>Figura 43. Fonte: Elaborado pela autora.</p>	<p>Figura 45. Fonte: https://www.dreamstime.com/stock-images-black-white-squares-image5816244</p>

	
<p>Figura 46. Fonte: https://br.depositphotos.com/37752255/stock-photo-black-and-white-diagonal-checkers.html</p>	<p>Figura 48. Fonte: https://br.depositphotos.com/16864461/stock-photo-seamless-black-white-diagonal-stripes.html</p>
	
<p>Figura 47. Fonte: Elaborado pela autora.</p>	<p>Figura 49. Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=g7Wa3EKElm8</p>

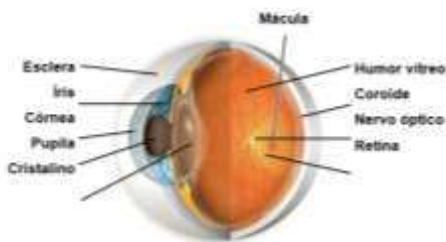
Desenvolvimento

Sugestão ao professor

Como a atividade acima se destaca por utilizar lentes esféricas e cilíndricas, é um momento oportuno para apresentar as ametropias da visão e as lentes corretivas. O texto 4 serve de apoio para o professor de física.

Texto 4: Óptica da visão

Figura 50: Estrutura interna dos olhos

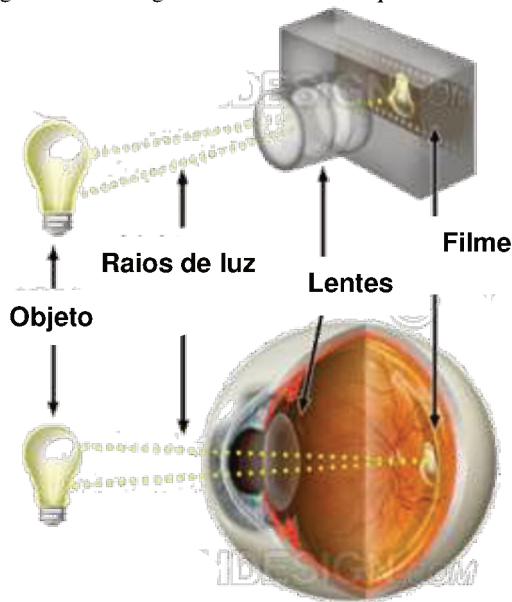


Fonte: < <https://www.planetvismo-cyclops.com/nutritional-supplements/>>. Acesso em: 09 fev. 2017. Adaptada.

Lembretes:

- i) Córnea e cristalino são lentes convergentes.
- ii) Acomodação é o ajustamento da distância focal do cristalino por ação dos músculos ciliares, permite a visão tanto em ambientes claros quanto escuros.
- iii) O cristalino funciona como uma lente convergente e forma uma imagem real, invertida e diminuída sobre a retina.

Figura 51: Analogia do olho com a máquina fotográfica.

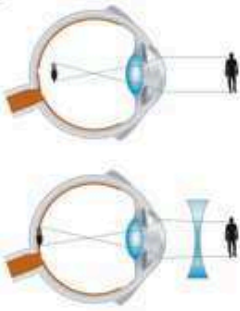
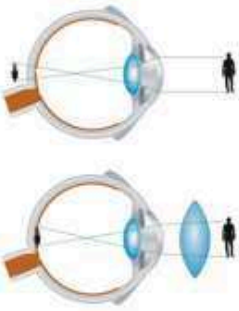
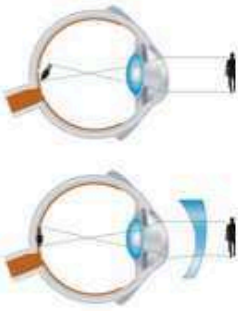


Fonte: <<https://jirehdesign.com/stock-eye-illustrations/eye-anatomy/vision-is-similar-to-camera-an0042/>>.

Acesso em: 10 jan. 2018. Adaptada.

Lembretes:

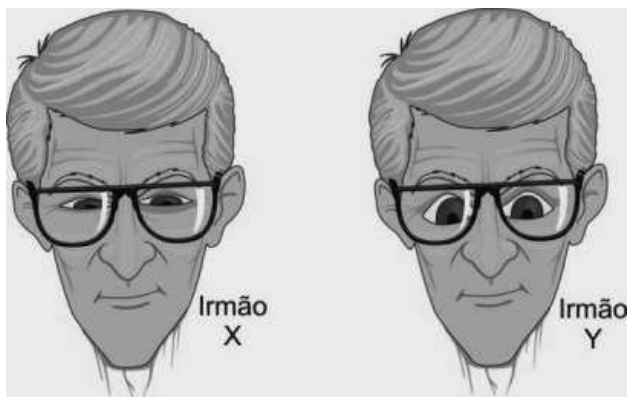
- iv) A íris do olho pode ser comparada ao diafragma ajustável de uma máquina fotográfica. Sob controle do sistema nervoso autônomo, ela contrai ou relaxa, provocando, respectivamente, a diminuição ou aumento do diâmetro da pupila.
- v) A pupila é o orifício pelo qual os raios luminosos entram no globo ocular.

		
<p style="text-align: center;">Miopia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Globo ocular alongado ou excessiva <u>vergência</u> do cristalino. - A imagem se forma antes da retina (ou entre o cristalino e a retina). - Correção: lente divergente. - Dificuldade para enxergar longe. - Ao observar um objeto através da lente dos óculos vemos sua imagem reduzida. - Numa cirurgia de correção da miopia, a curvatura da córnea deve ser diminuída, aumentando a distância focal. 	<p style="text-align: center;">Hipermetropia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Globo ocular curto. - A imagem se forma depois da retina. - Correção: lente convergente. - Dificuldade para enxergar perto. - Produzem o efeito de aumentar os olhos e a face da pessoa. - Ao observar um objeto através da lente vemos sua imagem ampliada. - Estes olhos podem ser usados para concentrar os raios do Sol e queimar uma folha de papel. 	<p style="text-align: center;">Astigmatismo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consiste em defeito na curvatura da córnea (córnea irregular) e mais raramente, do cristalino. - A superfície do globo ocular não apresenta absoluta simetria em relação ao eixo óptico. - Perda da focalização em determinadas direções. - Correção: lentes cilíndricas (convergentes ou divergentes). - Impede a visão nítida para longe e perto. - Ao observar um objeto através da lente, distorce a imagem quando movimentado.

Seção: Alguém me explica?

Vestibular ACADEMIA 14/06/2015 - MEDICINA Questão 33

Em um consultório oftalmológico são observados dois irmãos gêmeos idênticos, X e Y, com apenas uma diferença: um deles tem miopia e o outro hipermetropia (figura a seguir).



Considerando a figura e o exposto acima e, sabendo que ambos usam os óculos corretos para suas deficiências, assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas da frase a seguir.

O gêmeo X tem _____ e usa óculos com lentes _____, já o gêmeo Y tem _____ e usa óculos com lentes _____.

- miopia / divergentes / hipermetropia / convergentes
- hipermetropia / convergentes / miopia / divergentes
- miopia / convergentes / hipermetropia / divergentes
- hipermetropia / divergentes / miopia / convergentes

Resposta: O gabarito é a letra A

Míopes usam lentes divergentes que formam imagens virtuais e menores que o objeto, observe que o olho do irmão **x** é menor do que o normal.

Hipermetropes usam lentes convergentes. Nesse caso, o olho (objeto) do irmão **y** está numa posição entre o foco da lente e o seu centro óptico, produzindo uma imagem virtual, direita e ampliada. Por isso, vemos os olhos do hipermetrope através das lentes dos óculos maiores que o normal.

Seção: Alguém me explica?

(ACAFE/2016 MEDICINA Questão 31) Um professor resolveu fazer algumas afirmações sobre óptica para seus alunos. Para tanto, contou com o auxílio de óculos com lentes bifocais (figura abaixo). Esses óculos são compostos por duas lentes, uma superior para ver de longe e outra inferior para ver de perto.



Com base no exposto acima e nos conhecimentos de óptica, analise as afirmações a seguir, feitas pelo professor a seus alunos.

- I. As lentes inferiores dos óculos são aconselhadas para uma pessoa com miopia.
- II. As lentes superiores são lentes divergentes.
- III. Pessoas com hipermetropia e presbiopia são aconselhadas a usar as lentes inferiores.
- IV. As lentes inferiores possibilitam que as imagens dos objetos, que se formam antes da retina, sejam formadas sobre a retina.
- V. As lentes inferiores podem convergir os raios do Sol.

Todas as afirmações corretas estão em:

- a) III - IV
- b) IV - V
- c) II - III - V
- d) I - II - III

Resposta: O gabarito é a letra A

De acordo com o enunciado da questão, a lente superior dos óculos é para ver de longe, significa que a pessoa tem miopia, ou seja, a imagem é formada antes da retina. A correção é feita com lentes divergentes.

A lente inferior destes óculos serve para as pessoas que tenham dificuldades em ver objetos próximos, o que configura a hipermetropia e a presbiopia (vista cansada), nessa situação as imagens dos objetos são formadas depois da retina e a correção é feita com lentes convergentes.

Encerramento

Sugestão ao professor

As ilusões animadas são uma forma divertida de terminar a aula, nesse blog: <http://magicaemcena.blogspot.com.br/2012/09/incriveis-ilusoes-de-optica-animadas.html> o professor encontra os links para imprimir as imagens e realizar a atividade.

Vídeos sobre o assunto:

1“Amazing Animated Optical Illusions!”

<https://www.youtube.com/watch?v=lvvcRdwNhGM>

“Amazing Animated Optical Illusions”

<https://www.youtube.com/watch?v=5FMRsyfXMJI>

Aula 08 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Na dinâmica descrita abaixo, os professores de Biologia e Física são capazes de trabalhar simultaneamente os tópicos *órgãos dos sentidos* e *óptica da visão* de maneira interdisciplinar.

Experimento 10: Dissecação de olho de boi

Materiais:

- Duas placas de petri;
- Um par de luvas cirúrgicas;
- Um Bisturi;
- Uma Pinça;
- Um olho de boi.

Procedimento:

1. Com o estilete retirar a córnea do olho.
2. Observar o líquido que vaza, é o humor aquoso.
3. Através de uma incisão separe a íris do cristalino.
4. Retire o humor vítreo.
5. Faça duas incisões nas laterais do globo ocular.
6. Inverta o globo ocular expondo o fundo do olho.

Figura 52. Identificação das partes do olho.



Fonte: Elaborado pela autora.

Questões:

A anatomia do olho de boi é semelhante ao olho humano?

Resposta:

No que diz respeito a um esquema simplificado: córnea, humor aquoso, esclerótica, íris, cristalino, humor vítreo, retina e nervo óptico, a anatomia do olho de boi é bastante semelhante ao olho humano. Numa breve descrição de suas partes podemos identificar a esclerótica ou esclera (membrana externa branca) e a córnea transparente que protege o olho.

Ao retirar a córnea reparamos um líquido que vaza, é o humor aquoso, que serve para regular a pressão interna do olho e nutrir a córnea e o cristalino.

Depois da retirada da córnea podemos ver a íris, responsável por controlar a abertura da pupila. Sob a íris encontra-se o cristalino que funciona como uma lente convergente. O interior do olho é cheio de um líquido gelatinoso chamado de humor vítreo, através dele podemos observamos uma fina película vascularizada no fundo do olho, é a retina responsável por converter os estímulos luminosos em impulsos nervosos que serão processados no cérebro. Quando removemos a parte gelatinosa

e invertemos o globo ocular, deixamos exposto o nervo óptico onde a retina está presa num local chamado “ponto cego”.

Atrás da retina temos uma membrana azul que é chamada de tapete ou “tapete lucidum”. O tapete reflete a luz de volta para retina, melhorando a visão em condições de baixa luminosidade (o olho humano não apresenta tapete, o fundo do nosso olho é preto e absorve a luz que passa pela retina). O *tapete* permite ao boi enxergar melhor no escuro, assim como, faz brilhar os olhos do gato sob a luz, pois ele também tem essa camada refletora no fundo do olho.

Entre tantas semelhanças podemos citar algumas diferenças: a íris do boi é marrom, enquanto no olho humano a íris pode ser de muitas cores e diferentes tonalidades: azul, verde, cinza, castanho, violeta... A pupila do olho bovino é oval, enquanto no olho humano a pupila é redonda.

“Uma característica importante é a localização dos olhos, que nos bovinos estão numa posição mais lateral, [...] diferentemente daquelas consideradas predadoras, que possuem os olhos numa posição mais frontal (como ocorre nos seres humanos). A localização lateral permite um campo visual bem mais amplo (345°) que o nosso (180°), mas por outro lado, esta condição não permite uma boa visão tridimensional, resultante da combinação das imagens colhidas pelos dois olhos formando uma só imagem em nível cerebral [...]. Sendo assim, os bovinos apresentam grande parte da visão monocular (quando as imagens captadas pelos olhos direito e esquerdo são caracterizadas de forma independente em nível cerebral), o que resulta em dificuldade para o animal avaliar o ambiente quanto à profundidade (que é melhor avaliada quando as informações captadas pelos olhos direito e esquerdo formam uma só imagem em nível cerebral, caracterizando a visão binocular).” (A visão dos bovinos e o manejo)³⁰

³⁰ Em < <https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/sistemas-de-producao/a-visao-dos-bovinos-e-o-manejo-16808n.aspx> >. Acesso em: 02 outubro 2017.

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

Os alunos podem trabalhar em grupos identificando todas as partes do olho de boi e verificar as semelhanças com o olho humano. Também algumas questões podem ser levantadas acerca da toxoplasmose ocular. O artigo a seguir, destaca as potencialidades e debilidades do olho e ilustra os princípios de funcionamento por meio da dissecação de um olho de boi.

Artigo:

“Abrindo o olho – Dissecando um olho de boi para entender a óptica da visão.”

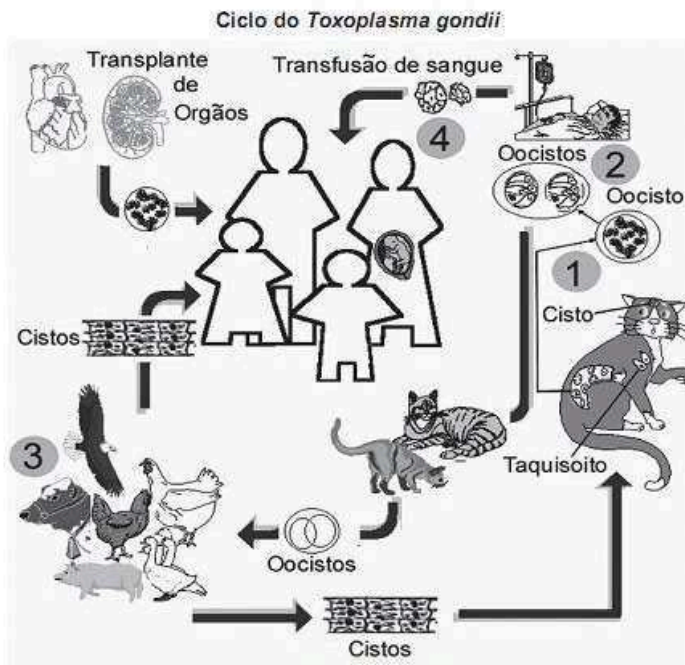
Link: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num2/a05.pdf>

Seção: Alguém me explica a Toxoplasmose?

(FATEC – 2011)

A toxoplasmose, parasitose causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii* e também conhecida como “a doença do gato”, pode ser assintomática ou causar lesões na retina que podem evoluir para a cegueira, além de graves problemas no miocárdio, fígado e músculos. Pode ser adquirida ou transmitida congenitamente, o que acarreta abortos ou nascimentos de fetos malformados.

O protozoário parasita causador dessa doença pode infectar a maioria dos animais de sangue quente, como bois, porcos, carneiros, cabras, gatos e aves. Estima-se que a toxoplasmose ocorra em pelo menos um terço da população humana mundial, principalmente em locais quentes, úmidos, com condições sanitárias desfavoráveis, devido ao efeito favorecedor dessas condições ambientais na maturação dos oocistos (ovos) depositados no solo pelos animais contaminados, conforme o ciclo de vida do parasita esquematizado a seguir:



(<http://www.epq.g12.br/informatica/2008/webquests/Paraziologia/toxoplas.htm> Acesso em: 05.11.2011.)

Sobre essa doença um estudante fez as afirmativas seguintes:

- I. O agente etiológico da toxoplasmose é o gato.
- II. O agente transmissor da toxoplasmose é o protozoário *Toxoplasma gondii*.
- III. A toxoplasmose pode ser evitada não se comendo carne malpassada.
- IV. A falta de saneamento favorece a penetração das larvas do *Toxoplasma* através da pele dos animais de sangue quente.

É correto o que se afirma apenas em

- a) II
- b) III
- c) I, II e III
- d) I, II e IV
- e) II e IV

Resposta: O gabarito é a letra B

(UFC/2001) Leia o texto a seguir:

“A TOXOPLASMOSE é uma doença causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii* e é particularmente perigosa para crianças na fase fetal. O parasita é capaz de invadir, naturalmente, qualquer organismo animal homeotermo, no qual se multiplica em ciclo assexuado. Além deste, existe o ciclo gametogônico, que ocorre em felinos e processa-se nas células do intestino, sendo o parasita eliminado juntamente com as fezes do animal. É um parasita estrito do interior celular que, após várias divisões, invade novas células, inclusive aquelas de defesa, que são móveis e levam o parasita em seu interior para os gânglios linfáticos, com consequente disseminação em todo o organismo do hospedeiro. Com a introdução do protozoário, têm início os fenômenos imunológicos, que se traduzem primeiro pelo aparecimento de anticorpos circulantes do tipo IgM (imunoglobulinas do tipo M), constituindo a chamada imunidade imediata. Posteriormente, com a cura da doença, tais anticorpos são substituídos por anticorpos denominados de IgG. O tratamento consiste no uso de medicamentos específicos, entre os quais alguns corticoides. (Texto adaptado de <http://www.saudeanimal.com.br/artig162.htm>).

Tomando como base o texto que você acabou de ler, analise as seguintes afirmativas.

- I. O protozoário apresenta pouca especificidade de hospedeiros e a possibilidade de localizar-se em vários órgãos dos mesmos.
- II. No exame pré-natal, a ausência de imunoglobulinas do tipo M (IgM) e a presença de IgG indicam que a mãe está imunizada e que o feto não corre risco de contrair a doença.
- III. O parasita multiplica-se tanto no soro sanguíneo como no lúmen intestinal do animal hospedeiro.
- IV. A profilaxia da doença é feita através do uso de corticoides e da eliminação de roedores e insetos que possam estar contaminados.
- V. A reprodução sexuada do protozoário que ocorre em felinos possibilita a contaminação através das fezes de gatos domésticos infectados.

Indique a alternativa que contém todas as alternativas verdadeiras.

- a) II, IV e V;
- b) II e III;
- c) I, II e V;
- d) III e IV;
- e) I, III e IV

Resposta: O gabarito é a letra C

Encerramento

Sugestão ao professor

A simulação *Óptica do Olho Humano* mostra como várias lentes podem ser usadas para corrigir os problemas de visão, além disso, permite alterar a forma da lente do olho para ajustar sua distância focal.

Quadro 3: Simulação sugerida ao professor.

Simulação	Endereço	Conceitos
Óptica do Olho Humano	http://ophysics.com/l16.html	Distância focal. Lentes corretivas.

Aula 09 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

Por intermédio do *Experimento 11* o professor viabiliza, de maneira empírica, a demonstração da correção da miopia e da hipermetropia utilizando lentes esféricas.

Experimento 11: Vícios de refração

Materiais:

- 3 apontadores laser
- Fita adesiva;
- Fita dupla-face;
- 1 lente biconvexa;
- 1 lente bicôncava;
- 1 lente plano-convexa;
- 1 lente plano-côncava;
- Imagem do esquema simplificado do olho normal.
- Imagem do esquema simplificado do olho com miopia e hipermetropia.

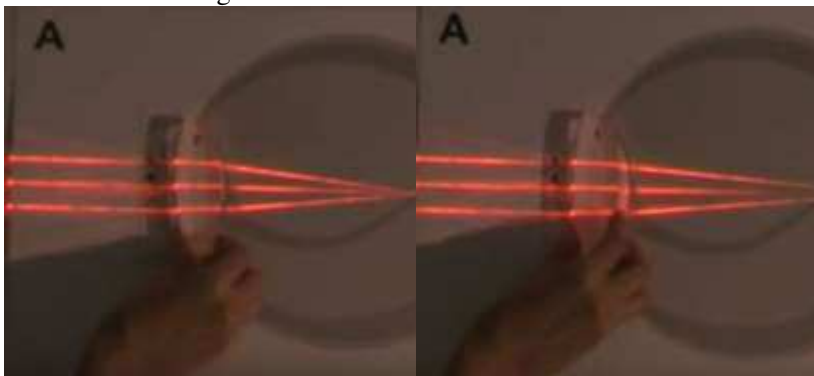
Procedimento:

1. Prender com a fita adesiva os três lasers juntos de modo que fiquem ligados.
2. Fixar o conjunto de lasers no quadro branco com uma fita dupla-face.
3. Fixar a figura do olho normal com fita adesiva no quadro (Figura 53).



4. Colocar sobre o cristalino a lente biconvexa.
5. Substituir a figura do olho normal pela figura do olho com miopia e reposicionar a lente biconvexa no cristalino.
6. Juntar à lente biconvexa, a lente divergente.
7. Substituir a figura do olho míope pelo olho com hipermetropia
8. Sobre o cristalino posicionar a lente biconvexa.
9. Adicionar à lente biconvexa mais uma lente convergente (Figura 54).

Figura 54. Raios incidindo na retina.



Fonte: Elaborado pela autora.

Questões:

- a) A distância focal depende da curvatura da lente?
- b) Como são os raios na lente plano-côncava?
- c) As lentes podem corrigir alguns problemas de visão?

Respostas:

- a) Sim. No exemplo mostrado no experimento, a lente plano-convexa tem uma distância focal menor que lente biconvexa. Os raios chegam paralelos, incidem sobre essa lente, e se desviam convergindo para um ponto, por isso se diz que são lentes convergentes. Esse ponto no qual convergem os raios é o foco real.
- b) Os raios chegam paralelos e se separam após a refração, por isso são chamadas lentes divergentes, o prolongamento dos raios divergentes atrás da lente determina o foco, que é um ponto virtual.
- c) O que são os vícios de refração e como podem ser corrigidos?

“[...] vício de refração é o nome geral dado às conhecidas doenças oculares como miopia, hipermetropia, astigmatismo, e também a presbiopia. Ou seja, aqueles problemas que podem ser diminuídos ou completamente resolvidos com o uso de acessórios como óculos e lentes de contato, ou com cirurgias. O nome indica um problema na refração da imagem dentro do olho, ou seja, ao invés de ser refratada normalmente sobre a retina, a imagem acaba se formando à sua frente ou atrás. A miopia, conhecida por dificuldade para ver de longe, é um caso onde a imagem se forma não sobre, e sim à frente da retina.” (Vícios de refração)³¹.

Em um olho sem problema de visão, o cristalino é uma lente biconvexa, desvia os raios para formarem as imagens corretas na retina. Em um olho míope a imagem se forma antes da retina, sendo solucionado com lente divergente. Já em olhos com hipermetropia a imagem se forma após a retina, corrigindo o problema com uma lente convergente.

Podemos citar também o olho com astigmatismo, os raios luminosos que atravessam o globo ocular são focalizados em dois pontos diferentes, antes, depois e/ou sobre a retina.

Olho com presbiopia é quando existe incapacidade de focalizar objetos a curta distância. A presbiopia pode surgir em combinação com miopia, hipermetropia ou astigmatismo.

Sugestões de vídeos para o professor:

“Tudo sobre Miopia,Hipermetropia,Astigmatismo e Cataratas Parte 1 de 2 YouTube”

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=DMoEoGU4Ck8>

“UPC - EPSEB - Optica - Lentes convergentes y divergentes” em:

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=7BOnCvuitdWs>

³¹ Em <<https://www.eotica.com.br/vicios-de-refracao>> Acesso em: 02 outubro 2017.

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

Os alunos podem trabalhar lista de exercícios (Anexo B) em grupos, promovendo desta forma, uma ação compartilhada das dúvidas existentes. A seguir o texto 4 remete à uma simplificação do conteúdo.

Texto 5: Vergência de uma lente

Vergência (V) ou convergência de uma lente pode ser determinada de duas formas distintas, através da equação da vergência ou ainda com a equação de Halley (equação dos fabricantes de lentes).

Equação da vergência

A vergência de uma lente (V) pode ser determinada pelo inverso da distância focal (f):

$$V = \frac{1}{f}$$

A unidade de distância focal deve ser o metro (m) para que a unidade de vergência seja dioptria (di), conhecida, em nosso cotidiano, como o grau da lente. Na prática, pode-se afirmar que uma lente com 2,5 dioptrias significa o mesmo que uma lente com 2,5 graus.

$$\text{Lente convergente} \quad \rightarrow f \oplus V \oplus$$

$$\text{Lente divergente} \quad \rightarrow f \ominus V \ominus$$

Equação de Halley (equação do fabricante de lentes)

	Definição das variáveis:	Equações:
n_L	Índice de refração da lente	$V = \left(\frac{n_L - n_m}{n_m} \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$
n_m	Índice de refração do meio	
R_1 e R_2	Vértice da lente	

Essa equação deve ser utilizada considerando a convenção de sinais, em relação à face da lente:

Face côncava	$\rightarrow R \ominus$
Face convexa	$\rightarrow R \oplus$
Face plana	$\rightarrow R = \infty$ (infinito)

Associação de lentes por justaposição

Justapor ou associar lentes significa colocá-las muito próximas para que seja possível aproximar ou afastar a imagem de um determinado objeto. Essa associação ocorre em máquina fotográficas, lunetas, telescópios, dentre outros instrumentos óticos.

A associação dessas lentes permite que o raio de luz sofra um certo desvio. Utilizando o Teorema da vergências, é possível determinar uma lente que substitua a associação gerando o mesmo desvio nesse raio de luz. Para uma associação de três lentes, por exemplo, teremos:

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$$

Como $V = \frac{1}{f}$ conclui-se que:

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3}$$

Para a utilização das fórmulas, é necessário aplicar a convenção de sinais para lentes convergentes e divergentes, como visto anteriormente. (POSITIVO, 2018).

Seção: Alguém me explica?

Vestibular MACKENZIE - 2017 - Questão nº 56

Considere quatro lentes esféricas delgadas de distância focal $f_1 = +5,0$ cm, $f_2 = -10,0$ cm, $f_3 = +20,0$ cm e $f_4 = -40,0$ cm. A justaposição de duas lentes terá a maior convergência quando associarmos as lentes

- a) 1 e 2
- b) 2 e 3
- c) 1 e 3
- d) 2 e 4
- e) 1 e 4

Resposta: O gabarito é a letra C

Sendo $V = \frac{1}{f}$ temos:

$$V_1 = \frac{1}{f_1} = \frac{1}{5,0 \cdot 10^{-2}} di = 20,0 di$$

$$V_2 = \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{10,0 \cdot 10^{-2}} di = -10,0 di$$

$$V_3 = \frac{1}{f_3} = \frac{1}{20,0 \cdot 10^{-2}} di = 5,0 di$$

$$V_4 = \frac{1}{f_4} = -\frac{1}{40,0 \cdot 10^{-2}} di = -2,5 di$$

$V_{máx} = V_1 + V_3 = 25,0 di$

Encerramento

Sugestão ao professor

Uma recomendação para o fechamento da aula é o vídeo sobre *Toxoplasmose ocular*.

As doenças oculares e os problemas de refração podem ter várias origens, dentre elas, surgir devido a uma infecção como na *toxoplasmose ocular*. Uma doença infecciosa de distribuição mundial, causada por um protozoário denominado *Toxoplasma gondii* encontrado principalmente nas fezes de gatos e em alimentos contaminados. Esse parasita pode causar uma infecção que afeta vários órgãos do corpo humano, como cérebro, músculos e coração, além de provocar *problemas oculares graves*. No Brasil 50,0 a 83,0% da população adulta é soropositivo³².

Portanto, abordar esse assunto é relevante para que os alunos tenham a informação sobre as manifestações clínicas e a etiologia da toxoplasmose.

Vídeo:

“Dr. Wil Costa - Oftalmologista - Toxoplasmose Ocular”

Link: https://www.youtube.com/watch?v=5tRGUJ4_uQU

Quadro 4: Simulação sugerida ao professor.

Simulação	Endereço	Conceitos
Correções da visão	http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/optiqueGeo/instruments/correction.html#manip	A animação mostra como corrigir a miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia.

³² Em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72802010000300009> Acesso em: 23 janeiro 2018.

Aula 10 - Atividade inicial

Sugestão ao professor

O professor pode solicitar o *Experimento 12* como uma atividade de aula ou de casa, e adequar conforme à criatividade do educando e os materiais disponíveis

Experimento 12: Mito da caverna

Materiais:

- 1 embalagem de *whisky*;
- 1 embalagem de *amarula*;
- 1 lente convergente;
- 1 folha de papel vegetal A4;
- Cola durepoxi;
- Spray de tinta preta fosca;
- Fita isolante;
- Alicates de corte.

Procedimentos:

1. Tire o fundo da embalagem de *amarula* e fixe o papel vegetal com fita isolante (Figura 55).



Figura 55: Foto do experimento

2. Abrir o fundo da embalagem de *whisky* e fixar com durepoxi a lente convergente (Figura 56).



Figura 56: Fotos do experimento.

1. Encaixar uma embalagem dentro da outra e ajustar o foco.

Questões:

Quais são as características da imagem formada e porquê do nome *Mito da caverna*?

Resposta:

A imagem formada é real, projetada, invertida e menor, semelhante ao que acontece no olho e na câmara escura de orifício e que evidencia os princípios da óptica geométrica. O nome está vinculado à disciplina de Filosofia que reproduz o experimento de forma alegórica.

Desenvolvimento

Sugestão ao professor

Essa atividade oportuniza a ligação entre as disciplinas de Física, Filosofia e Artes, onde uma matéria auxilia a outra através da relação entre os conteúdos disciplinares, base para um ensino mais interessante. O texto 6 é uma síntese das possibilidades que o professor pode explorar.

Texto 6: Mito da Caverna

Em seu “Mito da Caverna”, há 2800 anos, Platão já utilizava o **princípio da câmara escura** (Figura 57) para explicar seus pensamentos.

O mito fala sobre prisioneiros (desde o nascimento) que vivem presos em correntes numa caverna e que passam todo tempo olhando para a parede do fundo que é iluminada pela luz gerada por uma fogueira. Nesta parede são projetadas sombras de estátuas representando pessoas, animais, plantas e objetos, mostrando cenas e situações do dia-a-dia. Os prisioneiros ficam dando nomes às imagens (sombras), analisando e julgando as situações. (**Mito da Caverna de Platão**)³³

³³ Em: <https://www.suapesquisa.com/platao/mito_da_caverna.htm>. Acesso em: 02 de outubro 2017.

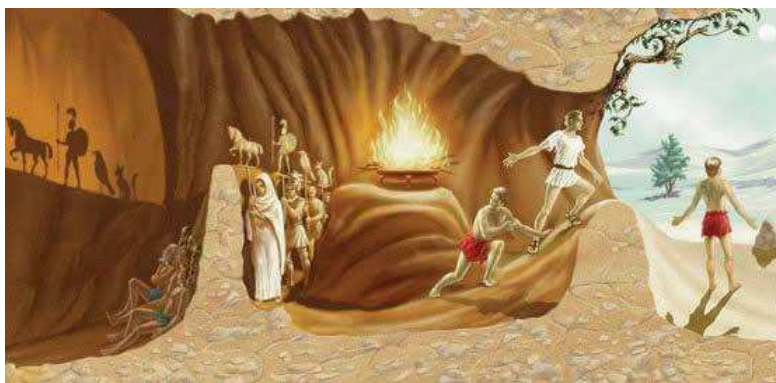


Figura 57: Fonte: < <https://www.estudopratico.com.br/mito-da-caverna-de-platao/> >

Acesso em Acesso em: 02 de outubro 2017.

O mito da caverna é uma metáfora da condição humana perante o mundo que pretende exemplificar, como nós podemos nos libertar da condição de escuridão que nos aprisiona através da luz da verdade, da superação e da ignorância.

Vídeo:

“O Mito da Caverna: Platão – Dublado” em,

Link de acesso:

<https://www.youtube.com/watch?v=Rft3s0bGi78>

Artigo:

“Ciência e arte: Vermeer, Huygens e Leeuwenhoek”

Link de acesso:

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a07.pdf>

Trecho do filme:

“A Moça com brinco de pérolas - câmera escura e fazendo as tintas”

<https://www.youtube.com/watch?v=3oEbVpm1Py0>

Encerramento

Sugestão ao professor

O professor pode escolher dentre as simulações do Quadro 5, solicitando que os alunos observem o resultado da imagem formada no anteparo.

Quadro 5: Simulações sugeridas ao professor.

Simulação	Endereço	Conceitos
Câmera de Pinhole simples	https://www.khanacademy.org/partner-content/pixar/virtual-cameras/virtual-cameras-1/a/simple-pinhole-camera	Questionário a partir da interação com a simulação.
Câmera pinhole com distância focal variável	https://www.khanacademy.org/computer-programming/pinhole-camera-with-variable-focal-distance/5749592197824512	Obter Código fonte. Questionário.
Modelo de Câmera Pinhole	https://www.compadre.org/osp/items/detail.cfm?ID=11787	Demonstra a operação de uma câmera de pinhole.

REFERÊNCIAS

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física. 3. ed. São Paulo: Harbra, v.2, 1993.

CARRON; Wilson; GUIMARÃES; Osvaldo. Física. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

TORRES, C. M. et al. Física Ciência e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: Moderna, v.2, 2010.

ÓPTICA E ONDAS. Disponível em:

<<https://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/1673.htm>>. Acesso em: 29 out. 2018.

ELEMENTOS DAS LENTES ESFÉRICAS. Disponível em:

<<https://www.alfaconnection.pro.br/fisica/luz/lentes-esfericas/elementos-das-lentes-esfericas/>> Acesso em: 29 out. 2018.

LENTEES ESFÉRICAS DELGADAS. Disponível em:

<<http://www.universiaenem.com.br/sistema/faces/pagina/publica/conteudo/texto-html.xhtml?redirect=75315148257234735358815526041>> Acesso em: 10 set. 2018.

INCRÍVEIS ILUSÕES DE ÓPTICA ANIMADAS. Disponível em:

<<http://magicaemcena.blogspot.com/2012/09/incriveis-ilusoes-de-optica-animadas.html>> Acesso em: 30 set. 2018.

MATHÉMATIQUES-SCIENCES: RÉFLEXION ET RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE. Disponível em: <http://ww2.ac-poitiers.fr/math_sp/spip.php?article474> Acesso em: 23 jul. 2018.

RAY OPTICS.

<<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.shakti.rayoptics>> Acesso em: 23 jul. 2018.

SIMULAÇÃO DE UM TANQUE DE ONDULAÇÃO. Disponível em:

<<http://www.falstad.com/ripple/>> Acesso em: 23 jul. 2018.

FIGURES ANIMÉES POUR LA PHYSIQUE. Disponível em:
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/index.php
> Acesso em: 23 jul. 2018.

OSCILLATIONS AND WAVES. Disponível em:
<<http://www.falstad.com/mathphysics.html>> Acesso em: 17 jan. 2018.

PHYSICS INTERACTIVES. Disponível em:
<<https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Refraction-and-Lenses/Optics-Bench/Optics-Bench-Refraction-Interactive> >
Acesso em: 17 jan. 2018.

3D VIEWING: THE PINHOLE CAMERA MODEL. Disponível em:
<<https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/3d-viewing-pinhole-camera> > Acesso em: 20 jan. 2018.

MACRO IPHONEOGRAPHY: HOW TO MAKE THE DROP & REFLECTION. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=C-Fpt3T_pY > Acesso em: 20 jan. 2018.

APÊNDICE B

Bloco de questões

Objetivo: Apresentar questões diversificadas, com diferentes níveis de dificuldade, a fim de que os alunos apliquem os conceitos trabalhados.

Lista 1

01. (UDESC - 2007 - Prova 1)

A toxoplasmose é uma doença provocada pela ingestão de cistos (oocistos) do *Toxoplasma gondii* (presentes nas fezes dos gatos), em carnes cruas ou malcozidas.

A respeito disso, assinale a alternativa incorreta.

- a) As mulheres grávidas que desenvolvem a doença podem transmiti-la ao feto.
- b) O agente etiológico causador dessa doença é um protozoário.
- c) O *Toxoplasma gondii* é um organismo unicelular.
- d) Alguns modos de prevenção consistem em evitar o consumo de carne malcozida, lavar as mãos depois de contato com gatos e antes das refeições.
- e) O *Toxoplasma gondii* faz parte do Reino Monera, onde estão reunidos os seres unicelulares e procariontes.

02. (UFMG - 2008 - Prova 1)

Se ingerirem alimentos contaminados por fezes de gatos portadores do *Toxoplasma gondii*, as mulheres grávidas podem transmitir esse agente ao filho.

Considerando-se essas informações e outros conhecimentos sobre o assunto, é INCORRETO afirmar que a toxoplasmose assim transmitida se inclui no grupo das doenças

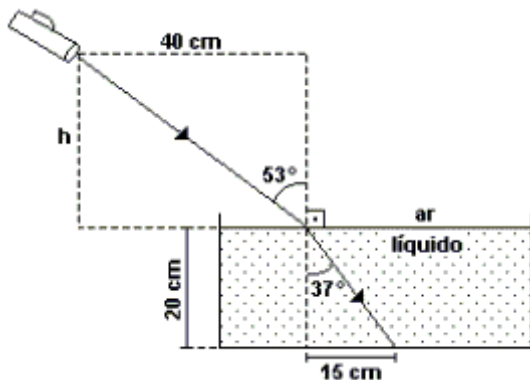
- a) congênitas.
- b) genéticas.
- c) infecciosas.
- d) parasitárias.

03. (COMPERVE - 2010 – UFRN)

Foi relatado, no primeiro semestre de 2010, um surto de toxoplasmose em Natal -RN. Esta zoonose, que, por acometer animais de “sangue quente”, também pode atingir os seres humanos, tem como agente etiológico o parasito *Toxoplasma gondii*. De uma maneira geral, a infecção é assintomática; mas seus sintomas, quando estão presentes, geralmente são transitórios e inespecíficos. A ocorrência da toxoplasmose sob a forma de surto é rara. Nessa condição, a transmissão do toxoplasma geralmente ocorre

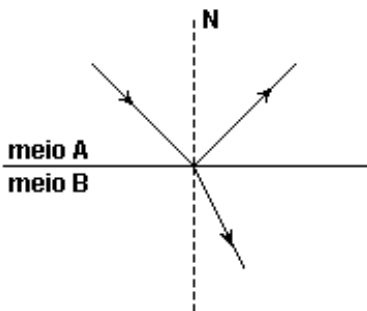
- pelas fezes do inseto transmissor contaminadas com ovos do protozoário.
- pelo consumo de água contaminada com proglotes do protozoário.
- pelo manuseio de fezes de gatos contaminadas com larvas do parasito.
- pela ingestão de carne suína ou ovina mal cozida com cistos do parasito.

04. (PUC-Campinas-SP) De uma lanterna colocada no ar ($n = 1,0$) sai um estreito feixe de luz que incide na superfície de separação entre o ar e um líquido transparente, refratando-se conforme mostra a figura. O índice de refração do líquido é:



- 1,28.
- 1,33.
- 1,39.
- 1,46.
- 1,51.

05. (Fatec 2006) O esquema a seguir representa a direção de um feixe luminoso monocromático incidente e as direções dos respectivos feixes refletido e refratado.



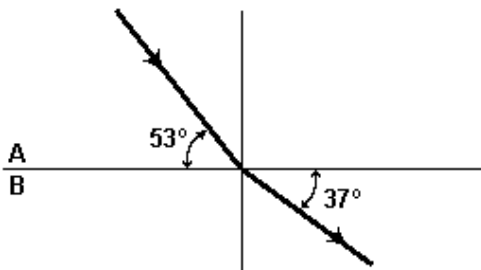
Sabendo-se que o ângulo de reflexão vale 60° , que o índice de refração do meio A vale 1 e que o do meio B vale $\sqrt{3}$, é correto afirmar que o ângulo de refração vale:

Dados: $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

- a) 15°
- b) 30°
- c) 45°
- d) 60°
- e) 90°

06. (Fatec 2003) Na figura adiante, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração 2,0.



Dados: $\sin 37^\circ = 0,60$ e $\sin 53^\circ = 0,80$

Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:

- a) 0,5
- b) 1,0
- c) 1,2
- d) 1,5
- e) 2,0

07. (Uel 2011) Um raio de luz é parcialmente refletido e parcialmente refratado na superfície de um lago. Sabendo-se que o raio de luz incidente faz um ângulo de 55° em relação à superfície da água, quais são os ângulos de reflexão e de refração, respectivamente?

Dado: Índice de refração da água: 1,33.

Dados: $\sin 35^\circ = 0,60$ e $\sin 55^\circ = 0,80$

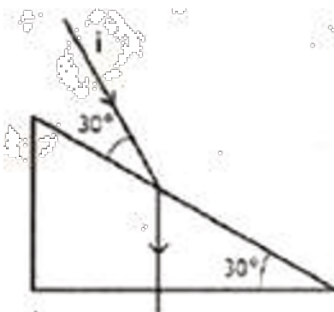
- a) 180° e 360° .
- b) 55° e 65° .
- c) 1 e 1,33.
- d) 35° e $25,5^\circ$.
- e) 35° e 35° .

08. (UFRGS/2013 Questão 16) No diagrama abaixo, **i** representa um raio luminoso propagando-se no ar, que incide e atravessa um bloco triangular de material transparente desconhecido.

Com base na trajetória completa do raio luminoso, o índice de refração deste material desconhecido é (Dados: índice de refração do ar = 1;

$$\text{sen } 30^\circ = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}; \text{sen } 60^\circ = \sqrt{\frac{3}{2}}.)$$

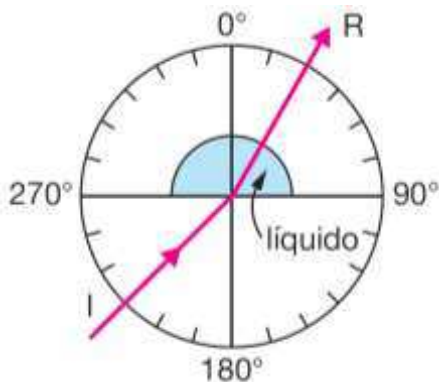
- a) $\frac{\sqrt{3}}{2}$.
- b) $\frac{2}{\sqrt{3}}$.
- c) $\sqrt{3}$.
- d) $\frac{4}{\sqrt{3}}$.
- e) $2\sqrt{3}$.



09. (Pucrj 2010) Uma onda eletromagnética se propaga no vácuo e incide sobre uma superfície de um cristal fazendo um ângulo de $\theta_1 = 60^\circ$ com a direção normal a superfície. Considerando a velocidade de propagação da onda no vácuo como $c = 3 \times 10^8$ m/s e sabendo que a onda refratada faz um ângulo de $\theta_2 = 30^\circ$ com a direção normal, podemos dizer que a velocidade de propagação da onda no cristal em m/s é

- a) 1×10^8
- b) $\sqrt{2} \times 10^8$
- c) $\sqrt{3} \times 10^8$
- d) $\sqrt{4} \times 10^8$
- e) $\sqrt{5} \times 10^8$

10. (FURRN) Dispõe-se de uma cuba semicircular, que contém um líquido transparente, imersa no ar ($n = 1$). Um raio de luz monocromática incidente (I) e o respectivo raio refratado (R) estão representados na figura ao lado.



Admita:

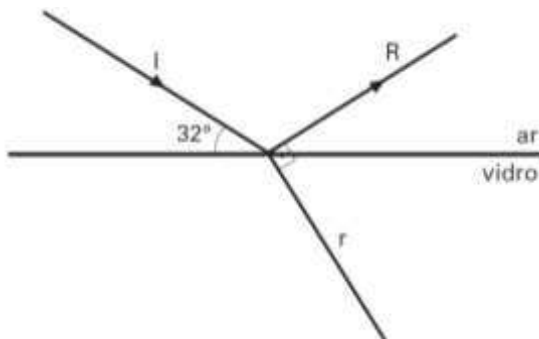
$$\text{sen } 45^\circ = 0,70$$

$$\text{cos } 45^\circ = 0,70$$

O índice de refração absoluto do líquido vale:

- a) 0,71
- b) 1,2
- c) 1,4
- d) 1,7
- e) 2,0

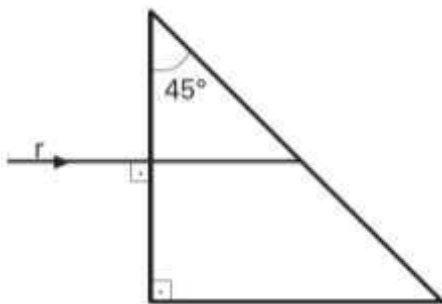
11. (Vunesp) Um raio de luz monocromática incide sobre a superfície plana de um bloco de vidro de tal modo que o raio refletido **R** forma um ângulo de 90° com o raio refratado **r**. O ângulo entre o raio incidente **I** e a superfície de separação dos dois meios mede 32° , como mostra a figura:



Os ângulos de incidência e de refração medem, respectivamente:

- a) 62° e 38° .
- b) 58° e 32° .
- c) 90° e 38° .
- d) 32° e 90° .
- e) 58° e 45° .

12. (Unifor-CE) Um raio de luz **r** incide na face de um prisma, de material transparente, conforme está indicado no esquema. O ângulo-limite de refração para o ar é 41° .

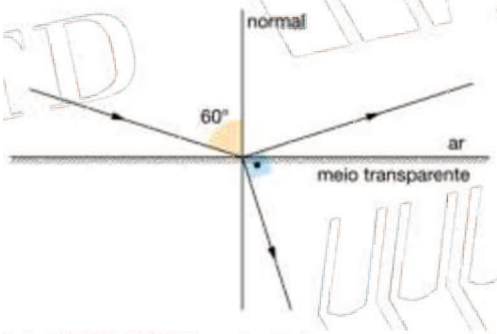


Esse raio de luz vai:

- a) incidir na segunda face do prisma e refletir formando um ângulo de reflexão igual a 45° .

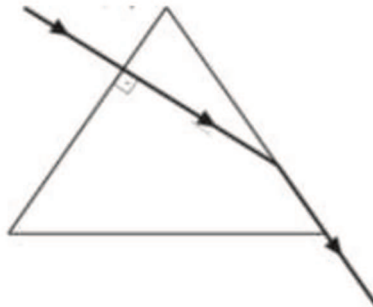
- b) incidir na segunda face do prisma e refletir sobre si mesmo.
- c) incidir na segunda face do prisma e refletir formando um ângulo de reflexão igual a $22,5^\circ$.
- d) passar para o ar na segunda face do prisma, afastando-se da normal.
- e) passar para o ar na segunda face do prisma, aproximando-se da normal.

13. (UFRJ) Um raio luminoso que se propaga no ar ($n_{\text{ar}} = 1$) incide obliquamente sobre um meio transparente de índice de refração n , fazendo um ângulo de 60° com a normal. Nessa situação, verifica-se que o raio refletido é perpendicular ao raio refratado, como ilustra a figura. Calcule o índice de refração n do meio.

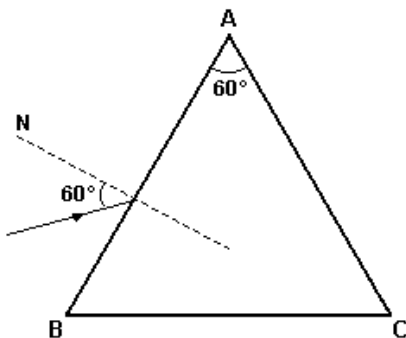


14. (PUC-SP) Um raio de luz monocromática incide perpendicularmente em uma das faces de um prisma equilátero e emerge de forma rasante pela outra face. Considerando $\sqrt{3} = 1,73$ e supondo o prisma imerso no ar, cujo índice de refração é 1, o índice de refração do material que constitui o prisma será, aproximadamente:

- a) 0,87.
- b) 1,15.
- c) 2,00.
- d) 1,41.
- e) 2,82.



15. (Ufal 1999) Um prisma de vidro, cujo índice de refração absoluto para a luz monocromática amarela é $\sqrt{3}$ possui ângulo de refringência 60° e está imerso no ar, cujo índice de refração absoluto para a referida luz é 1. Um raio de luz monocromática amarela incide numa das faces do prisma sob ângulo de 60° , conforme mostra a figura.



Calcule o ângulo de emergência do referido raio de luz na outra face do prisma.

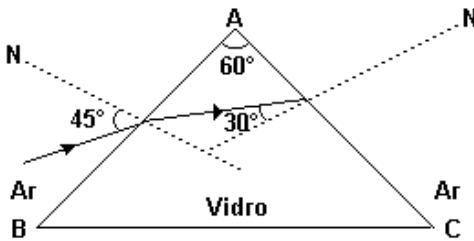
Dados:

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

16. (PUC-Campinas-SP) Um prisma de vidro, cujo ângulo de refringência é 60° , está imerso no ar. Um raio de luz monocromática incide em uma das faces do prisma sob ângulo de 45° e, em seguida, na segunda face sob ângulo de 30° , como está representado no esquema.



Dados:

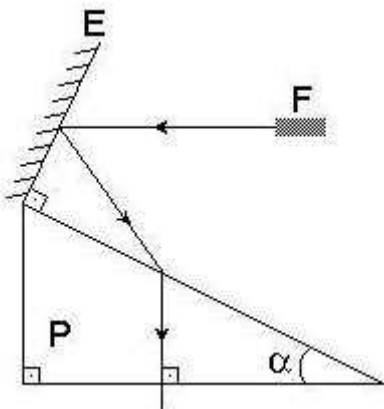
$$\text{sen } 30^\circ = \frac{1}{2} \quad \text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{sen } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Nessas condições, o índice de refração do vidro em relação ao ar, para essa luz monocromática vale:

- a) $\frac{3\sqrt{2}}{2}$.
- b) $\sqrt{3}$.
- c) $\sqrt{2}$.
- d) $\frac{\sqrt{6}}{2}$.
- e) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$.

17. (Ufg 2006) Como ilustrado na figura, a luz colimada de uma fonte F incide no espelho E, no ar, e é refletida para a face maior do prisma reto P. A luz emerge da face horizontal do prisma, formando com ela um ângulo reto. O espelho E é perpendicular à face maior do prisma. Sabendo que a luz incide na direção horizontal e que $\alpha = 30^\circ$, calcule o índice de refração do prisma.

Dado: $n(\text{ar}) = 1,0$.



TEORIA

18. (Ufjf 2006) O arco-íris é causado pela dispersão da luz do Sol que sofre refração e reflexão pelas gotas de chuva (aproximadamente esféricas). Quando você vê um arco-íris, o Sol está:

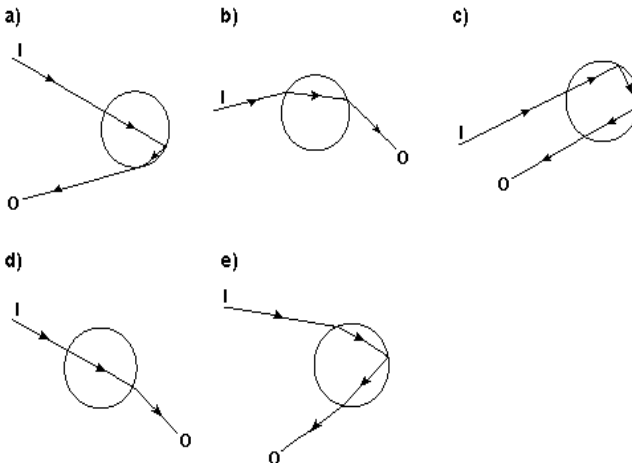
- na sua frente.
- entre você e o arco-íris.
- em algum lugar atrás do arco-íris.
- atrás de você.
- em qualquer lugar, pois não importa a posição do Sol.

19. (G1 - cps 2008) Desde que o homem tomou conhecimento dos fenômenos envolvendo luz, teorias foram formuladas sobre sua natureza. O filósofo grego Aristóteles foi o primeiro a tentar explicar o arco-íris, afirmando que sua formação se devia a gotículas de água contidas na atmosfera, que refletiam a luz do Sol e provocavam a variação da cor. Também verificou que essa reflexão ocorria para um ângulo específico, que foi determinado apenas no século XIII.

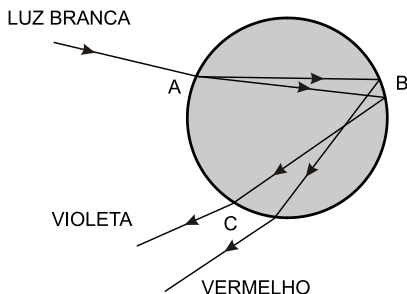
A formação do arco-íris, a partir da luz do Sol, deve-se ao fenômeno conhecido como

- a) concentração.
- b) colorização.
- c) dispersão.
- d) deflexão.
- e) franjas.

20. (Unifesp 2007) O arco-íris resulta da dispersão da luz do Sol quando incide nas gotas praticamente esféricas da água da chuva. Assinale a alternativa que melhor representa a trajetória de um raio de luz em uma gota de água na condição em que ocorre o arco-íris (I indica o raio incidente, vindo do Sol, o círculo representa a gota e O indica a posição do observador).



21. (Ufpr 2010) Descartes desenvolveu uma teoria para explicar a formação do arco-íris com base nos conceitos da óptica geométrica. Ele supôs uma gota de água com forma esférica e a incidência de luz branca conforme mostrado de modo simplificado na figura.



O raio incidente sofre refração ao entrar na gota (ponto A) e apresenta uma decomposição de cores. Em seguida, esses raios sofrem reflexão interna dentro da gota (região B) e saem para o ar após passar por uma segunda refração (região C).

Posteriormente, com a experiência de Newton com prismas, foi possível explicar corretamente a decomposição das cores da luz branca. A figura não está desenhada em escala e, por simplicidade, estão representados apenas os raios violeta e vermelho, mas deve-se considerar que entre eles estão os raios das outras cores do espectro visível.

Sobre esse assunto, avalie as seguintes afirmativas:

1. O fenômeno da separação de cores quando a luz sofre refração ao passar de um meio para outro é chamado de *dispersão*.
2. Ao sofrer reflexão interna, cada raio apresenta ângulo de reflexão igual ao seu ângulo de incidência, ambos medidos em relação à reta normal no ponto de incidência.
3. Ao refratar na entrada da gota (ponto A na figura), o violeta apresenta menor desvio, significando que o índice de refração da água para o violeta é menor que para o vermelho.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

22. (FAFI-MG) O arco-íris é um dos fenômenos ópticos mais belos da natureza. A ocorrência desse fenômeno é devido à:

- a) dispersão da luz solar ao se refratar em pequenas gotas de água que se encontram em suspensão no ar
- b) absorção da luz solar pelas pequenas gotas de água existentes na atmosfera
- c) difração da luz ao se refletir em pequenas gotas de água que se encontram em suspensão no ar
- d) reflexão da luz solar na atmosfera

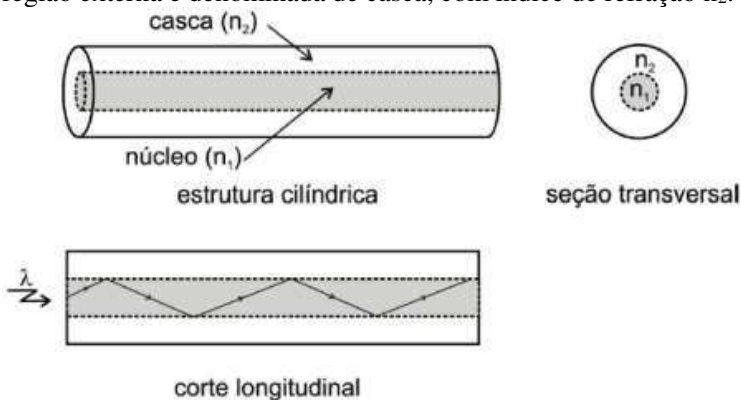
23. (Puccamp 2005) Pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz desenvolveram um sensor a laser capaz de detectar bactérias no ar em até 5 horas, ou seja, 14 vezes mais rápido do que o método tradicional. O equipamento, que aponta a presença de microorganismos por meio de uma fibra óptica, pode se tornar um grande aliado no combate às infecções hospitalares.

(Adaptado de Karine Rodrigues. <http://www.estadão.com.br/ciência/noticias/204/julho/15>)

A transmissão de raios laser através de uma fibra óptica é possível devido ao fenômeno da

- a) refração.
- b) difração.
- c) polarização.
- d) interferência.
- e) reflexão total.

24. (Acafe-2013) A fibra ótica é muito utilizada nas telecomunicações para guiar feixes de luz por um determinado trajeto. A estrutura básica dessas fibras é constituída por cilindros concêntricos com índices de refração diferentes, para que ocorra o fenômeno da reflexão interna total. O centro da fibra é denominado de núcleo, e tem índice de refração n_1 e a região externa é denominada de casca, com índice de refração n_2 .



Assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas a seguir.

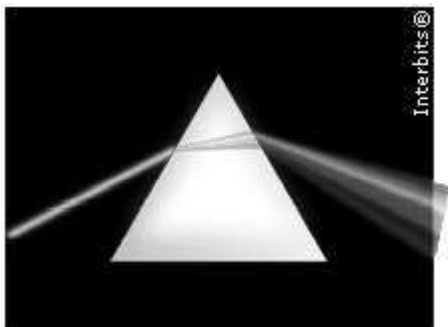
Para ocorrer o fenômeno da reflexão interna total numa fibra ótica, o ângulo crítico de incidência da luz em relação à direção normal é _____ 90° , e n_1 deve ser _____ n_2 .

- menor do que - maior que
- menor do que - menor que
- igual a - menor que
- igual a - maior que

25. (Uel 2005) As fibras ópticas são largamente utilizadas nas telecomunicações para a transmissão de dados. Nesses materiais, os sinais são transmitidos de um ponto ao outro por meio de feixes de luz que se propagam no interior da fibra, acompanhando sua curvatura. A razão pela qual a luz pode seguir uma trajetória não retilínea na fibra óptica é consequência do fenômeno que ocorre quando da passagem de um raio de luz de um meio, de índice de refração maior, para outro meio, de índice de refração menor. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa que apresenta os conceitos ópticos necessários para o entendimento da propagação "não retilínea" da luz em fibras ópticas.

- a) Difração e foco.
- b) Reflexão total e ângulo limite.
- c) Interferência e difração.
- d) Polarização e plano focal.
- e) Imagem virtual e foco.

26. (Ueg 2011) O experimento de decomposição (dispersão) da luz solar, realizado por Newton, é extraordinariamente simples, sendo necessário somente um prisma. Como ilustra a figura abaixo, ao passar por um prisma, a luz solar, que é branca, se decompõe nas cores do arco-íris.

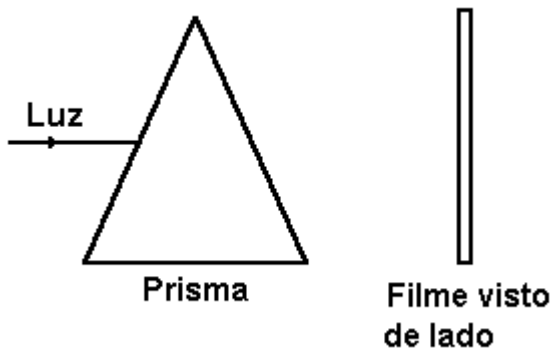


Com relação aos fenômenos da luz ao atravessar o prisma, é correto afirmar:

- a) Na dispersão da luz, a luz monocromática de maior frequência sofrerá o menor desvio.
- b) Num prisma, a dispersão da luz branca é menos acentuada que numa única superfície dióptrica.

- c) A separação da luz branca nas cores do arco-íris é possível porque cada cor tem um índice de refração diferente.
- d) Neste experimento, Newton demonstrou que, combinando dois ou mais prismas, é possível decompor a luz branca, porém a sua recomposição não é possível.

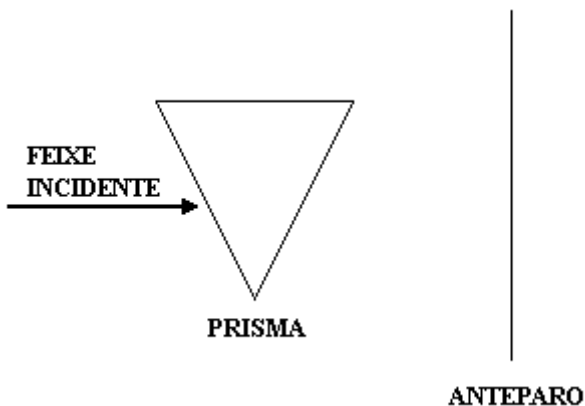
27. (Fuvest 1995) Um feixe de luz é uma mistura de três cores: verde, vermelho e azul. Ele incide, conforme indicado na figura adiante, sobre um prisma de material transparente, com índice de refração crescente com a frequência. Após atravessar o prisma, a luz atinge um filme para fotografias a cores que, ao ser revelado, mostra três manchas coloridas.



De cima para baixo, as cores dessas manchas são, respectivamente:

- a) verde, vermelho e azul.
- b) vermelho, azul e verde.
- c) azul, vermelho e verde.
- d) verde, azul e vermelho.
- e) vermelho, verde e azul.

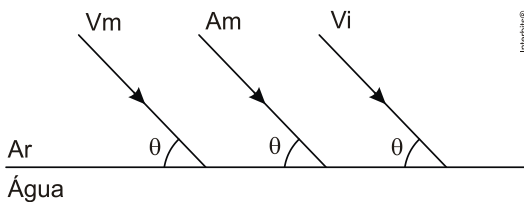
28. (Ufpr 1995) A figura a seguir representa um feixe de luz incidindo num prisma de seção triangular e, à sua direita, um anteparo. Ao atravessar o prisma, a luz sofre dispersão, observando no anteparo as cores vermelho, amarelo, verde, azul e violeta. Sabendo-se que os índices de refração relativos do prisma para essas cores valem, respectivamente, 1,50, 1,51, 1,52, 1,53 e 1,54, é correto afirmar que:



- 01) No interior do prisma, a luz amarela tem velocidade menor que a luz azul.
- 02) Em cada face do prisma, a luz que sofre maior desvio é a violeta.
- 04) Ao se percorrer o anteparo, de cima para baixo, a sequência das cores que ali aparecem é: violeta, azul, verde, amarelo e vermelho.
- 08) Este fenômeno que acontece no prisma é utilizado para explicar a sequência das cores que aparecem num arco-íris.
- 16) Na face esquerda do prisma, uma parte do feixe incidente sofre reflexão.



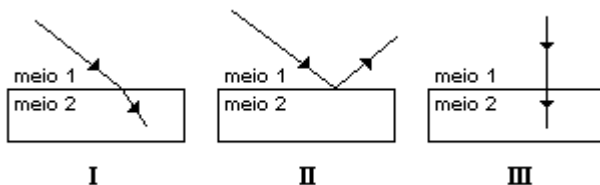
29. (Epcar (Afa) 2011) Três raios de luz monocromáticos correspondendo às cores vermelho (V_m), amarelo (A_m) e violeta (V_i) do espectro eletromagnético visível incidem na superfície de separação, perfeitamente plana, entre o ar e a água, fazendo o mesmo ângulo θ com essa superfície, como mostra a figura abaixo.



Sabe-se que α , β , e γ são, respectivamente, os ângulos de refração, dos raios vermelho, amarelo e violeta, em relação à normal no ponto de incidência. A opção que melhor representa a relação entre esses ângulos é

- a) $\alpha > \beta > \gamma$
- b) $\alpha > \gamma > \beta$
- c) $\gamma > \beta > \alpha$
- d) $\beta > \alpha > \gamma$

30. (Ufmg 2002) Nas figuras I, II e III, estão representados fenômenos físicos que podem ocorrer quando um feixe de luz incide na superfície de separação entre dois meios de índices de refração diferentes. Em cada uma delas, estão mostradas as trajetórias desse feixe.



Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que ocorre mudança no módulo da velocidade do feixe de luz apenas no(s) fenômeno(s) físico(s) representado(s) em

- a) I.
- b) II.
- c) I e II.
- d) I e III.

31. (U.E.PONTA GROSSA - Adaptado) O índice de refração da luz de um sistema dióptrico depende:

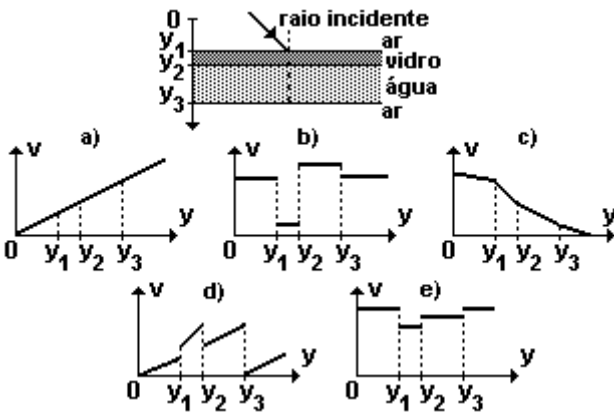
- 01) da incidência do raio luminoso;
- 02) do ângulo de refração do raio luminoso;
- 04) da velocidade da luz no meio;
- 08) da superfície ser regular;
- 16) nenhuma das alternativas anteriores é correta.



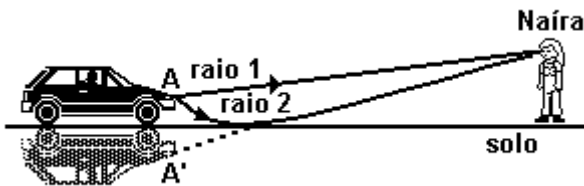
32. (Uff 1999) Um raio de luz monocromática atravessa as superfícies de separação entre os meios ar, vidro e água, iniciando e terminando seu trajeto no ar. Tanto o vidro quanto a água apresentam-se como lâminas de faces paralelas, de espessuras $(y_2 - y_1)$ e $(y_3 - y_2)$, respectivamente, como indica a figura.

Sabe-se que os índices de refração da luz nos meios citados são: $n_{\text{ar}} = 1,0$; $n_{\text{vidro}} = 1,5$; $n_{\text{água}} = 1,2$.

Nessa situação, o comportamento da velocidade da luz (v), ao atravessar esses meios, em função da espessura (y) está mais bem representado pelo gráfico:



33. (Ufrn 1999) Em dias de sol, é comum ver-se que o chão muito quente, mesmo seco, parece estar molhado e refletir os objetos. Esse fenômeno, conhecido como MIRAGEM, ocorre no asfalto das ruas e estradas e na areia dos desertos. A figura a seguir esquematiza a situação descrita.

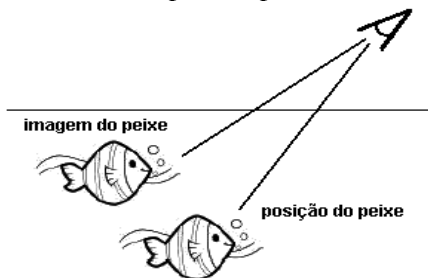


A luz ambiente refletida por automóvel, em particular por um ponto dele (ponto A), espalha-se em muitas direções. Em algumas delas, os raios

passam pelos olhos de Naíra, como, por exemplo, o raio de luz 1. Outros raios, como o 2, não chegariam, em outras circunstâncias, aos olhos de Naíra. Porém, conforme está representado, o raio 2 sofre um desvio e chega aos olhos dela como se tivesse vindo diretamente do ponto A'.

A partir dos princípios físicos envolvidos, explique de que maneira se dá a MIRAGEM, isto é, por que, nas condições descritas, um raio de luz, como o 2, sofre o desvio ali esquematizado. (Se julgar necessário, utilize também figuras na sua resposta.)

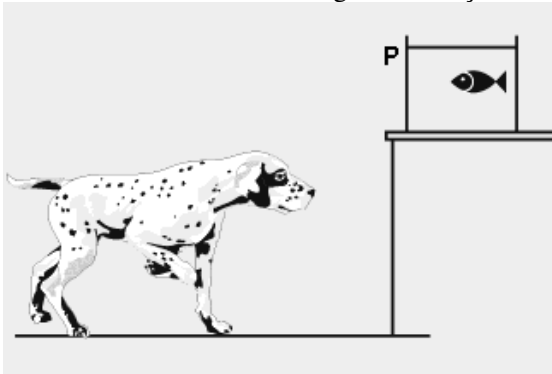
34. (Ufu 2005) Um pescador, ao observar um peixe dentro da água, sabe que deve atirar com o arpão alguns centímetros abaixo da posição do peixe observada por ele, para acertá-lo.



Isso ocorre porque:

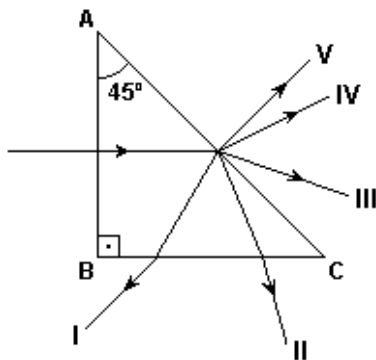
- a luz proveniente do peixe que atinge o olho do pescador sofre uma refração ao sair da água e entrar no ar.
- a luz, ao entrar na água, sofre uma dispersão, separando os diferentes comprimentos de onda (diferentes cores) de forma a enganar o pescador sobre a posição real do peixe.
- a água funciona com uma lente e, portanto, a imagem do objeto nem sempre é real.
- a água funciona como um espelho côncavo, devido ao movimento ondulatório de sua superfície, fazendo com que a imagem seja virtual e não real.

35. (Unirio 2004) Um cão está diante de uma mesa, observando um peixinho dentro do aquário, conforme representado na figura. Ao mesmo tempo, o peixinho também observa o cão. Em relação à parede P do aquário e às distâncias reais, podemos afirmar que as imagens observadas por cada um dos animais obedecem às seguintes relações:



- a) O cão observa o olho do peixinho mais próximo da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais distante do aquário.
- b) O cão observa o olho do peixinho mais distante da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais próximo do aquário.
- c) O cão observa o olho do peixinho mais próximo da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão mais próximo do aquário.
- d) O cão observa o olho do peixinho mais distante da parede P, enquanto o peixinho observa o olho do cão também mais distante do aquário.
- e) O cão e o peixinho observam o olho um do outro, em relação à parede P, em distâncias iguais às distâncias reais que eles ocupam na figura.

36. (Unesp 2006) Um prisma de vidro imerso em água, com a face AB perpendicular à face BC, e a face AC com uma inclinação de 45° em relação a AB, é utilizado para desviar um feixe de luz monocromático. O feixe penetra perpendicularmente à face AB, incidindo na face AC com ângulo de incidência de 45° . O ângulo limite para a ocorrência de reflexão total na face AC é 60° .



Considerando que o índice de refração do vidro é maior que o da água, a trajetória que melhor representa o raio emergente é

- a) I.
- b) IV.
- c) II.
- d) V.
- e) III.

37. (UFRN-2000) Ainda hoje, no Brasil, alguns índios pescam em rios de águas claras e cristalinas, com lanças pontiagudas, feitas de madeira. Apesar de não saberem que o índice de refração da água é igual a 1,33, eles conhecem, a partir da experiência do seu dia-a-dia, a lei da refração (ou da sobrevivência da natureza) e, por isso, conseguem fazer a sua pesca.

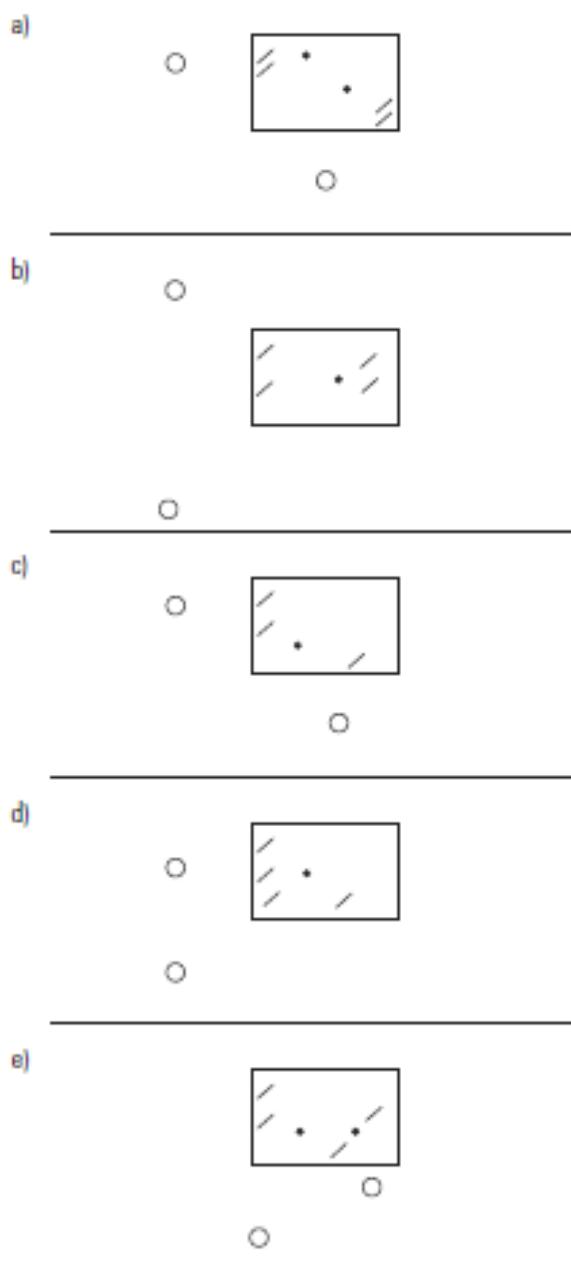


A figura acima é apenas esquemática. Ela representa a visão que o índio tem da posição em que está o peixe. Isto é, ele enxerga o peixe como estando na profundidade III. As posições I, II, III e IV correspondem a diferentes profundidades numa mesma vertical. Considere que o peixe está praticamente parado nessa posição. Para acertá-lo, o índio deve jogar sua lança em direção ao ponto:

- I
- II
- III
- IV
- Faltam dados

38. (Ufscar-SP) Duas crianças observam um aquário com a forma de um paralelepípedo, cujas arestas são opacas. Uma delas afirma que há, no aquário, apenas um peixinho; a outra afirma que há dois. Sabendo que essas crianças não mentem, assinale a alternativa que melhor explica o que está ocorrendo.

Em cada alternativa os círculos representam as crianças, o(s) ponto(s) representa(m) o(s) peixinho(s) e o retângulo representa o aquário, todos vistos de cima.



Gabarito:**Resposta da questão 1:**

[E]

Resposta da questão 2:

[B]

Resposta da questão 3:

[D]

Resposta da questão 4:

[B]

Resposta da questão 5:

[B]

Resposta da questão 6:

[D]

Resposta da questão 7:

[D]

O ângulo de incidência (i) de reflexão (i') e de refração (r) são todos medidos em relação à norma à superfície.

Então:

$$i = 90^\circ - 55^\circ \Rightarrow i = 35^\circ.$$

O ângulo de reflexão é igual ao de incidência:

$$i' = i = 35^\circ.$$

Adotando $\sin 35^\circ = 0,57$ e aplicando a lei de Snell, vem:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_{\text{água}}}{n_{\text{ar}}} \Rightarrow \frac{\sin 35^\circ}{\sin r} = \frac{1,33}{1} \Rightarrow \frac{0,57}{\sin r} = 1,33 \Rightarrow \sin r = \frac{0,57}{1,33} = 0,43.$$

Consultando uma tabela trigonométrica, verificamos que $r = 25,5^\circ$.

Resposta da questão 8:

[C]

Resposta da questão 9:

[C]

Dados: $\theta_1 = 60^\circ$; $\theta_2 = 30^\circ$; $c = 3 \times 10^8$ m/s.

Aplicando a lei de Snell:

$$\frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{\text{sen } 60^\circ}{\text{sen } 30^\circ} = \frac{3 \times 10^8}{v_2} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} v_2 = \frac{1}{2} \times 3 \times 10^8 \Rightarrow$$

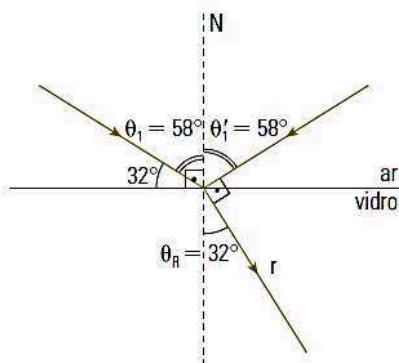
$$v_2 = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{3}} = \frac{3\sqrt{3} \times 10^8}{3} \Rightarrow v_2 = \sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s.}$$

Resposta da questão 10:

[C]

Resposta da questão 11:

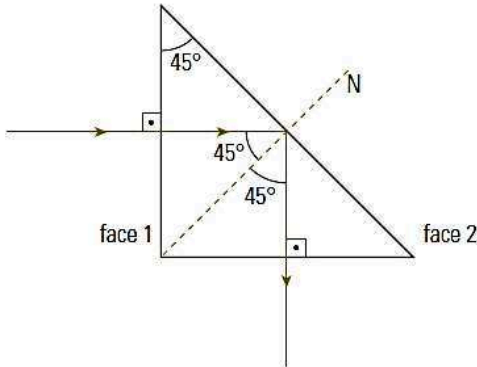
[B]

Completando a figura dada, traçando a normal **N**, obtemos:

Os ângulos de incidência e de refração medem, respectivamente, 58° e 32° .

Resposta da questão 12:

[A]



É dado o ângulo-limite de refração para o ar, $\theta = 41^\circ$.
 Como a luz incide na face 2 do prisma com ângulo de 45° com a normal, maior que o ângulo-limite, ocorrerá reflexão total.

Resposta da questão 13:

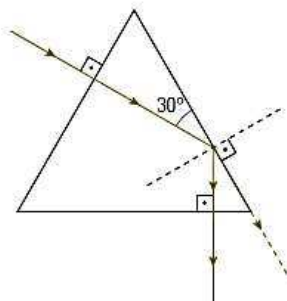
$$n = \sqrt{3}$$

Resposta da questão 14:

[B]

Observação: O raio rasante que aparece na figura da questão não existe na realidade, por isso o representamos tracejado. Nesse caso, toda a luz é refletida na direção do raio refletido que atravessa perpendicularmente a outra face do prisma.

Marcando os ângulos na figura, teremos:



Resposta da questão 15:

60°

Resposta da questão 16:

[C]

Resposta da questão 17:

$$n = \sqrt{3}$$

Resposta da questão 18:

[D]

Resposta da questão 19:

[C]

A formação do arco-íris ocorre em função da separação dos componentes coloridos da luz branca, pois estes apresentam diferentes índices de refração para um dado meio. Este fenômeno é chamado de dispersão.

Resposta da questão 20:

[E]

Resposta da questão 21:

[C]

1. **Verdadeira.** Dispersão é o fenômeno que ocorre quando um feixe de luz policromática sofre refração, com separação das cores componentes.
2. **Verdadeira.** O ângulo de incidência é igual ao de reflexão (2ª lei da reflexão).
3. **Falsa.** A radiação violeta é que apresenta maior desvio.

Resposta da questão 22:

[A]

Resposta da questão 23:

[E]

Resposta da questão 24:

[A]

Resposta da questão 25:

[B]

Resposta da questão 26:

[C]

Quando a luz branca (solar) refrata sob incidência oblíqua, ela sofre dispersão (ou decomposição) em suas radiações componentes: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta.

O maior desvio ocorre para a radiação violeta, que é a que apresenta no interior do prisma: menor velocidade, menor comprimento de onda, maior frequência, maior índice de refração.

Resposta da questão 27:

[E]

Resposta da questão 28:

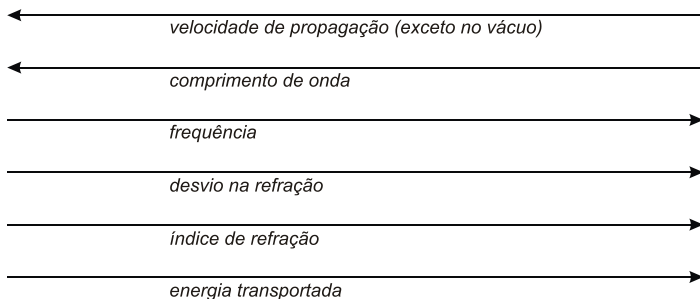
[30] 02+04+08

Resposta da questão 29:

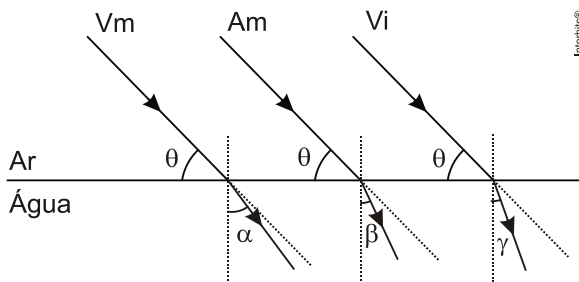
[A]

Como nada foi dado a respeito das grandezas referentes a essas radiações, é necessário que se tenha memorizado suas propriedades. A tabela abaixo fornece a ordem do espectro visível da luz branca e os comportamentos das grandezas referentes às radiações componentes. A seta indica o sentido **crescente** da grandeza.

Vermelho Alaranjado Amarelo Verde Azul Anil Violeta



A figura a seguir representa o comportamento dos três raios, de acordo com a tabela: menor desvio para o vermelho e maior desvio para o violeta.



Assim: $\alpha > \beta > \gamma$.

Resposta da questão 30:

[D]

Resposta da questão 31:

[04]

Resposta da questão 32:

[E]

Resposta da questão 33:

O ar mais próximo do solo é mais quente e, portanto, menos denso. Isto faz com que o índice de refração do ar sofra alteração.

Resposta da questão 34:

[A]

Resposta da questão 35:

[A]

Resposta da questão 36:

[E]

Resposta da questão 37:

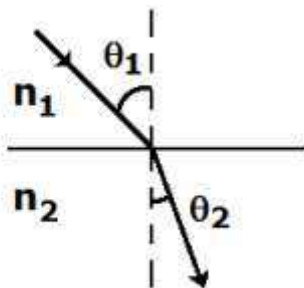
[D]

Resposta da questão 32:

[D]

Lista 2

01. (UFRGS/2017 Questão 20) Um feixe de luz monocromática atravessa a interface entre dois meios transparentes com índices de refração n_1 e n_2 respectivamente, conforme representa a figura abaixo.



Com base na figura, é correto afirmar que, ao passar do meio com n_1 para o meio com n_2 a velocidade, a frequência e o comprimento de onda da onda, respectivamente,

- a) permanece, aumenta e diminui.
- b) permanece, diminui e aumenta.
- c) aumenta, permanece e aumenta.
- d) diminui, permanece e diminui.
- e) diminui, diminui e permanece.

02. (PUCRS/2017 verão Questão 06) Em Física, os modelos utilizados na descrição dos fenômenos da refração e da reflexão servem para

explicar o funcionamento de alguns instrumentos ópticos, tais como telescópios e microscópios.

Quando um feixe monocromático de luz refrata ao passar do ar ($n_{\text{AR}}=1,00$) para o interior de uma lâmina de vidro ($n_{\text{vidro}} = 1,52$), observa-se que a rapidez de propagação do feixe _____ e que a sua frequência _____. Parte dessa luz é refletida nesse processo. A rapidez da luz refletida será _____ que a da luz incidente na lâmina de vidro.

- não muda – diminui – a mesma
- diminui – aumenta – menor do
- diminui – não muda – a mesma
- aumenta – não muda – maior do
- aumenta – diminui – menor do

03. (UDESC.2/2017 Questão 08) Na Figura 5, um raio de luz vindo de um meio material (1), de índice de refração n_1 , incide na interface que o separa do meio material (2), de índice de refração n_2 . A seguir, o raio refratado incide na interface que separa os meios materiais (2) e (3), sendo n_3 o índice de refração do meio material (3).

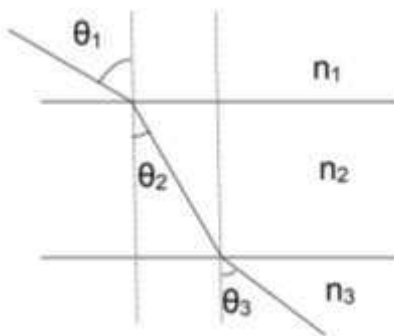


Figura 5

Analise as proposições em relação à óptica geométrica.

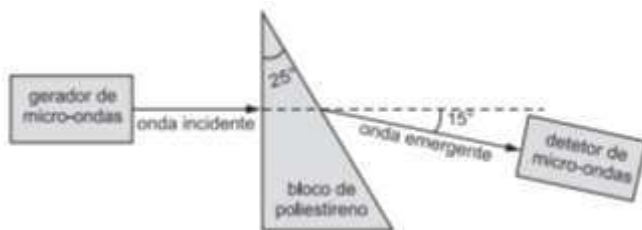
- Se $n_1 = n_3$ então $\theta_1 = \theta_3$
- Se $n_1 > n_2$ então $\theta_1 > \theta_2$
- Se $n_2 > n_3$ então $\theta_2 > \theta_3$
- Se $n_1 > n_2$ então $\theta_1 < \theta_2$
- Se $n_1 > n_3$ então $\theta_1 > \theta_3$

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e V são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

04. (USP/2017 - 1ª fase Questão 65) Em uma aula de laboratório de física, utilizando-se o arranjo experimental esquematizado na figura, foi medido o índice de refração de um material sintético chamado poliestireno.

Nessa experiência, radiação eletromagnética, proveniente de um gerador de micro-ondas, propaga-se no ar e incide perpendicularmente em um dos lados de um bloco de poliestireno, cuja seção reta é um triângulo retângulo, que tem um dos ângulos medindo 25° , conforme a figura. Um detector de micro-ondas indica que a radiação eletromagnética sai do bloco propagando-se no ar em uma direção que forma um ângulo de 15° com a de incidência.



A partir desse resultado, conclui-se que o índice de refração do poliestireno em relação ao ar para essa micro-onda é, aproximadamente,

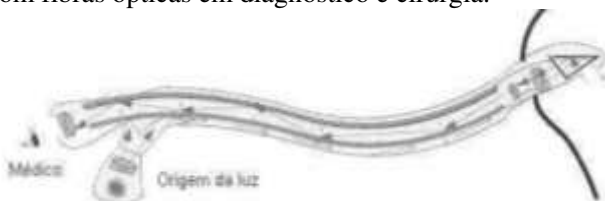
- a) 1,3
- b) 1,5
- c) 1,7
- d) 2,0
- e) 2,2

Note e adote:

Índice de refração do ar: 1,0

$\text{sen } 15^\circ \approx 0,3$

05. (ACAFE/2017.2 - MEDICINA Questão 32) O uso de fibras ópticas em aplicações médicas tem evoluído bastante desde as aplicações pioneiras do Fiberscope, onde um feixe de fibras de vidro servia basicamente para iluminar e observar órgão no interior do corpo humano. Hoje em dia, tem-se uma variedade de aplicações de sistemas sensores com fibras ópticas em diagnóstico e cirurgia.



Assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas das frases a seguir.

O princípio é que quando lançado um feixe de luz numa extremidade da fibra e, pelas características ópticas do meio (fibra), esse feixe percorre a fibra por meio de _____ sucessivas. A fibra possui no mínimo duas camadas: o núcleo (filamento de vidro) e o revestimento (material eletricamente isolante). No núcleo, ocorre a transmissão da luz propriamente dita. A transmissão da luz dentro da fibra é possível graças a uma diferença de índice de _____ entre o revestimento e o núcleo, sendo que o núcleo possui sempre um índice de refração mais elevado, característica que, aliada ao ângulo de _____ do feixe de luz, possibilita o fenômeno da _____ total.

- a) reflexões - refração - incidência - reflexão
- b) reflexões - refração - incidência - reflexão
- c) reflexões - incidência - refração - refração
- d) interferências - refração - incidência - reflexão

06. (ACAFE/2017.2 – OUTROS CURSOS Questão 35) Um aparelho emite um feixe colimado, estreito, de luz verde, composto pela mistura de luz amarela com azul.

Nesse sentido, assinale a alternativa **correta** que completa a lacuna da frase a seguir.

Tal afirmativa se comprova, pois, ao incidir o feixe numa lâmina de vidro de faces paralelas uma das cores sofreria um deslocamento _____ maior que a outra, numa incidência _____.

- a) oblíqua - oblíqua
- b) paralelo - paralela
- c) oblíqua - paralela
- d) paralelo – oblíqua

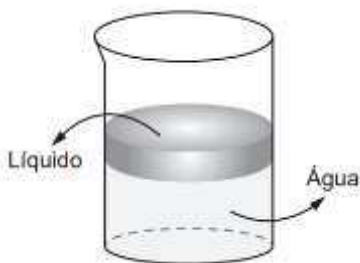
07. (UPF/2017 verão Questão 55) Isaac Newton é reconhecido como um dos grandes gênios da humanidade. Em sua lápide, na Abadia de Westminster, em Londres, está escrito: “Disse Deus ‘Faça-se Newton’ e houve luz nas jazidas”. Dentre suas contribuições para o desenvolvimento da Física, estão os estudos relacionados à dispersão da luz do Sol ao atravessar um prisma de vidro. Nessas condições, ocorre a decomposição da luz branca nas várias cores. Com relação ao fenômeno de dispersão da luz branca, analise as informações a seguir.

- I. O arco-íris aparece quando os raios de luz branca incidem em gotículas de água presentes na atmosfera.
- II. A cor que sofre menor desvio quando a luz branca atravessa um prisma de vidro é a vermelha.
- III. A frequência das cores que compõem a luz branca não sofre alteração ao atravessar um prisma.
- IV. No interior de um prisma de vidro, as diversas cores que compõem a luz branca apresentam velocidades de propagação diferentes.

Está **correto** o que se afirma em:

- a) II e IV, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) II, III e IV, apenas.
- d) I, II, III e IV.
- e) I e II, apenas.

08. (USP/2017- 2ª fase Questão F05) Um grupo de estudantes, pretendendo estudar fenômeno análogo ao das cores comumente observadas em manchas de óleo, fez o seguinte experimento: depositou uma gota de um líquido, com índice de refração $n = 2,5$, sobre a água contida em um recipiente cilíndrico de raio 10 cm. O líquido se espalha com espessura homogênea sobre toda a superfície da água, como esquematizado na figura.



a) Se o volume da gota do líquido for $0,0045 \text{ cm}^3$, qual será a espessura E da camada do líquido sobre a água?

b) Um feixe de luz propaga-se no ar, incide perpendicularmente na superfície do líquido e sofre reflexão nas superfícies do líquido e da água.

Quando a espessura E da camada do líquido for igual a $\frac{\lambda}{2n}$, sendo λ

o comprimento de onda da luz incidente, ocorre interferência destrutiva entre a luz refletida no líquido e a luz refletida na água. Determine o valor de λ para essa condição.

c) Determine o volume da gota do líquido que deveria ser depositada sobre a água para que não se observe luz refletida quando luz verde de um *laser*, com frequência $0,6 \times 10^{15} \text{ Hz}$, incidir perpendicularmente na superfície do líquido.

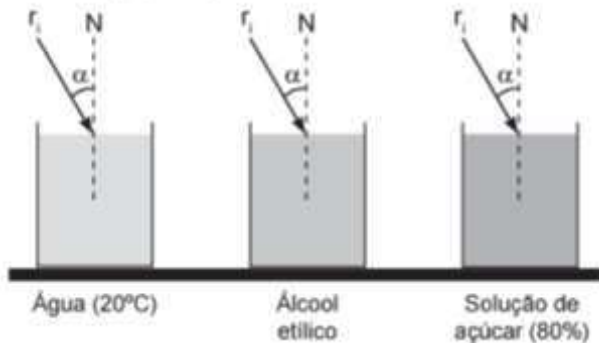
Note e adote:

O líquido não se mistura com a água.

O recipiente é um cilindro circular reto.

Velocidade da luz $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

09. (PUC/2016 QUESTÃO 07) INSTRUÇÃO: Para responder à questão 20, considere as informações a seguir. Um feixe paralelo de luz monocromática, ao se propagar no ar, incide em três recipientes transparentes contendo substâncias com índices de refração diferentes quando medidos para essa radiação. Na figura abaixo, são representados os raios incidentes (r_i), bem como os respectivos ângulos (α) que eles formam com as normais (N) às superfícies.



Na tabela abaixo, são informados os índices de refração da radiação para as substâncias.

Meio	Índice
Água (20°C)	1,33
Álcool etílico	1,36
Solução de açúcar (80%)	1,49

Quando a radiação é refratada pelas substâncias para a situação proposta, qual é a relação correta para os ângulos de refração (θ) da radiação nas três substâncias?

- $\theta_{\text{água}} = \theta_{\text{álcool etílico}} = \theta_{\text{solução de açúcar}}$
- $\theta_{\text{água}} > \theta_{\text{álcool etílico}} > \theta_{\text{solução de açúcar}}$
- $\theta_{\text{água}} < \theta_{\text{álcool etílico}} < \theta_{\text{solução de açúcar}}$
- $\theta_{\text{água}} > \theta_{\text{álcool etílico}} < \theta_{\text{solução de açúcar}}$
- $\theta_{\text{água}} < \theta_{\text{álcool etílico}} > \theta_{\text{solução de açúcar}}$

10. (UPF-2009/Verão Questão 55) Sobre o comportamento da luz em diferentes meios são feitas as seguintes afirmações:

- I. A maior velocidade da luz ocorre quando se propaga no vácuo.
- II. A passagem da luz de um meio para outro, acompanhada de variação em sua velocidade de propagação, recebe o nome de refração da luz.
- III. O índice de refração absoluto de um dado meio material varia com o tipo de luz monocromática que nele se propaga.
- IV. O índice de refração absoluto de um meio define-se como o quociente entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio em questão.

Destas afirmações são **corretas**:

- a) Somente I e II
- b) Somente II e III
- c) Somente I, II e III
- d) Somente II e IV
- e) Todas são corretas.

11. (UPF-2008/Inverno Questão 54) As afirmações a seguir referem-se ao comportamento de feixes de luz monocromática:

- I - A luz vermelha tem maior velocidade na água que no ar.
- II - No vácuo, o comprimento de onda da luz vermelha é maior que o comprimento da luz azul.
- III - No vácuo, a luz verde tem velocidade maior do que a luz azul.

A alternativa que apresenta as afirmações **corretas** é:

- a) Somente a I
- b) Somente a II
- c) Somente I e II
- d) Somente I e III
- e) Somente II e III

12. (PUC-2010/Verão Questão 08) O efeito causado pela incidência da luz solar sobre um vidro, dando origem a um feixe colorido, é conhecido como dispersão da luz branca. Este fenômeno é resultado da refração da luz ao atravessar meios diferentes, no caso, do ar para o vidro. Na superfície de separação entre os dois meios, a luz sofre um desvio em relação à direção original de propagação desde que incida no vidro em uma direção diferente da direção normal à superfície. A tabela abaixo informa os índices de refração de um tipo de vidro para algumas das diferentes cores que compõem a luz branca.

Cor	Índice de refração do vidro relativo ao ar
Vermelho	1,513
Amarelo	1,517
Verde	1,519
Azul	1,528
Violeta	1,532

A partir das informações e da tabela apresentadas, em relação a um raio de luz branca proveniente do ar que incide no vidro, é correto afirmar que

- a) as cores são percebidas porque o vidro apresenta aproximadamente o mesmo índice de refração para todas elas.
- b) há a predominância da luz verde porque o índice de refração do vidro para essa cor aproxima-se da média dos índices para todas as cores.
- c) a luz violeta é a que sofre menor desvio.
- d) a luz vermelha é a que sofre maior desvio.
- e) a luz azul sofre desvio maior do que a luz vermelha.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[D]

Resposta da questão 2:

[C]

Resposta da questão 3:

[E]

Resposta da questão 4:

[B]

Resposta da questão 5:

[B]

Resposta da questão 6:

[D]

Resposta da questão 7:

[D]

Resposta da questão 8:

a) Após o líquido se espalhar sobre toda a superfície da água, temos:

$$V = A \cdot E \Rightarrow V = \pi \cdot r^2 \cdot E \Rightarrow 0,0045 = 3 \cdot 10^2 \cdot E \Rightarrow E = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

b) Sabendo-se que $E = \frac{\lambda}{2n}$, para $E = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$, vem:

$$1,5 \cdot 10^{-5} = \frac{\lambda}{2 \cdot 2,5} \Rightarrow \lambda = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

c) Da equação fundamental da ondulatória, temos:

$$c = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \lambda \cdot 0,6 \cdot 10^{15} \Rightarrow \lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Portanto, temos:

$$\begin{cases} E' = \frac{\lambda}{2n} \\ V = A \cdot E' \end{cases} \Rightarrow V = A \cdot \frac{\lambda}{2n} = \pi r^2 \cdot \frac{\lambda}{2n} \Rightarrow V = 3 \cdot (10 \cdot 10^{-2})^2 \cdot \frac{5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 2,5} \Rightarrow V = 3 \cdot 10^{-5}$$

Resposta da questão 9:

[B]

Resposta da questão 10:

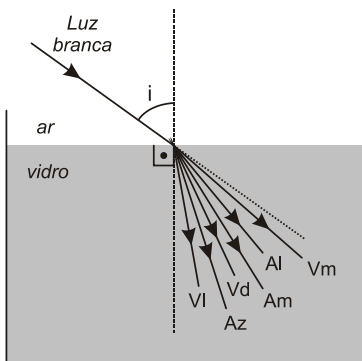
[E]

Resposta da questão 11:

[B]

Resposta da questão 12:

[E]



Da Lei de Snell:

$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n_{\text{vidro}}}{n_{\text{ar}}} \Rightarrow \text{sen } r = \frac{n_{\text{ar}} \text{sen } i}{n_{\text{vidro}}}$$

Por essa expressão, vemos que a luz que apresenta menor ângulo de refração (a que mais desvia) é a que apresenta maior índice de refração, no caso o violeta. Aliás, os desvios crescem na sequência mostrada na figura: Vermelha (Vm), Alaranjada (Al), Amarela (Am), Verde (Vd), Azul (Az) e Violeta (VI).

Lista 3

01. (UDESC/2017.1 Questão 11) Um lápis foi colocado a 30,0 cm diante de um espelho esférico convexo de distância focal igual a 50,0 cm, perpendicularmente ao eixo principal. O lápis possui 10,0 cm de comprimento. Com base nestas informações, pode-se afirmar que a posição e o tamanho da imagem do lápis são, respectivamente:

- 75,0 cm e -25,0 cm
- 18,75 mm e -6,25 mm
- 75,0 cm e 25,0 cm
- 75,0 cm e 6,25 cm
- 18,75 cm e 6,25 cm

Comentário

Retirando os dados do enunciado, temos:

$$P = 30 \text{ cm}$$

$$f = -50 \text{ cm (convexo)}$$

$$O = 10 \text{ cm}$$

Aplicando na relação, temos:

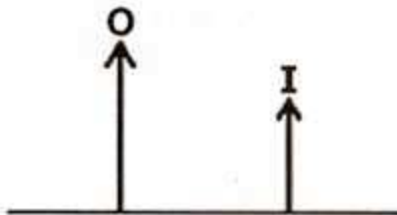
$$A = \frac{f}{f-p} = \frac{-50}{-50-30} = \frac{-50}{-80} = \frac{5}{8}$$

Então,

$$i = \frac{5}{8} O \rightarrow i = \frac{5}{8} \cdot 10 = 6,25 \text{ cm}$$

$$\frac{-p'}{p} = \frac{5}{8} \rightarrow \frac{-p'}{30} = \frac{5}{8} \rightarrow p' = -18,75 \text{ cm}$$

02. (UFRGS/2017 Questão 19) Na figura abaixo, **O** representa um objeto real e **I** sua imagem virtual formada por uma lente esférica.



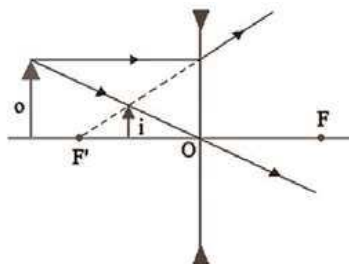
Assinale a alternativa que preenche as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Com base nessa figura, é correto afirmar que a lente é e está posicionada

- convergente — à direita de I
- convergente — entre O e I
- divergente — à direita de I
- divergente — entre O e I
- divergente — à esquerda de O

Comentário

A imagem da figura apresentada na questão é menor e direita, características de imagens formadas por lentes divergentes. A lente deve estar posicionada à direita de I conforme a representação dos raios principais na figura a seguir:



03. (ACAFE/2017.1 Questão 29) Alguns instrumentos óticos são formados por lentes. O instrumento ótico formado por lentes objetiva e ocular é:

- a) a lupa
- b) o microscópio.
- c) o retroprojektor.
- d) o periscópio

Resposta: [B]

04. (POSITIVO/2018 Questão 34) Algumas pessoas que possuem uma deformação do globo ocular e uma acomodação defeituosa do cristalino não conseguem ver nitidamente os objetos, necessitando, por isso, de uma cirurgia de correção ou o uso de óculos com lentes adequadas. A miopia é caracterizada por um alongamento do globo ocular na direção do eixo óptico, ou de uma convergência excessiva. A hipermetropia é o oposto, ocorrendo o achatamento do globo ocular na direção do eixo. Nesse sentido, considere as seguintes figuras:

Figura A

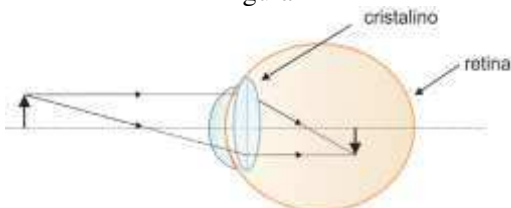
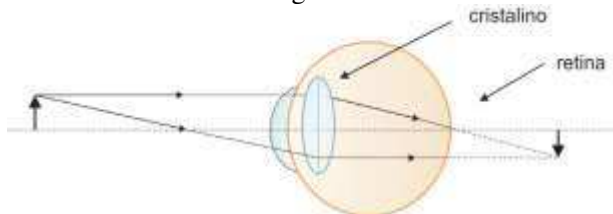


Figura B



Com base nas informações acima e nos conceitos de óptica, assinale a alternativa correta.

- a) A figura A apresenta um caso de hipermetropia.
- b) A figura B apresenta um caso de miopia.

- c) É possível corrigir o problema apresentado na figura A com o uso de uma lente divergente.
- d) É possível corrigir o problema apresentado na figura B com o uso de uma lente bicôncava.
- e) É possível corrigir ambos os casos (A e B) por meio de uma lente convergente.

Resposta: [C]

05. (UDESC/2018.1 Questão 14) Um objeto é colocado a 4,0cm à esquerda de uma lente convergente de distância focal de 2,0cm. Um espelho convexo de raio de curvatura de 4,0cm está 10,0cm à direita da lente convergente, como mostra a Figura 8.

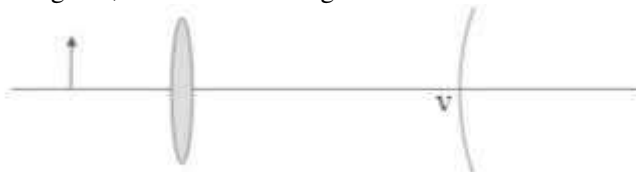


Figura 8

Assinale a alternativa que corresponde à posição da imagem final, com relação ao vértice V do espelho.

- a) 1,5cm
- b) -1,5cm
- c) -1,3cm
- d) 1,3cm
- e) 3,0cm

Resposta: [B]