



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus de Ponta Grossa



PAULO FERNANDO ZARATINI DE OLIVEIRA E SILVA

**EXPERIMENTAÇÃO EM ÓPTICA NAS SÉRIES FINAIS DO ENSINO
FUNDAMENTAL: UMA COMPREENSÃO FENOMENOLÓGICA**

PRODUÇÃO TÉCNICA

**PONTA GROSSA
2014**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Visível ao homem	15
Figura 2 - Modelo Mental elaborado por uma aluna de 8 série, após a aula introdutória de óptica.....	16
Figura 3 - Aparato Experimental de Dirck	17
Figura 4 - Aparato de Dirck - Reflexão parcial da Luz.....	18
Figura 5 - Aparato de Dirck, funcionando sob alta intensidade luminosa, com predominância da continuidade óptica	19
Figura 6 - Imagem do raio de luz incidente, raio refletido e a reta normal.....	21
Figura 7 - Materiais para montagem do caleidoscópio.....	22
Figura 8 - Vista dos espelhos que fazem ângulo de 60° para formação do caleidoscópio.....	23
Figura 9 – Caleidoscópio.....	23
Figura 10 - Caleidoscópio Dinâmico.....	24
Figura 11 - Imagens Conjugadas pelo Caleidoscópio	24
Figura 12 - Imagens conjugadas pelo Caleidoscópio.....	25
Figura 13 - Relatório de A. C, revelando sua experiência na construção do caleidoscópio.....	26
Figura 14 - Imagem do contorno dos microrganismos presentes na água após de difração	28
Figura 15 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água....	29
Figura 16 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água, projeção no anteparo	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividade elaborada para conhecer os conceitos prévios dos Alunos.....	13
Quadro 2 - Atividade contendo perguntas e respostas associados à atividade	
Aparato de Dirck.....	19

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO.....	5
UNIDADE 1 - A NATUREZA DA LUZ	7
UNIDADE 2 - O APARATO DE DIRCK - A VELA FANTASMA.....	16
UNIDADE 3 - A REFLEXÃO DA LUZ E O CALEIDOSCÓPIO.....	20
UNIDADE 4 - A DIFRAÇÃO DA LUZ	26
UNIDADE 5 - REFRAÇÃO DA LUZ	30
REFERÊNCIAS.....	35

1 APRESENTAÇÃO

A ineficiência e os problemas inerentes ao sistema de ensino no Brasil, especificamente no Ensino de Física, têm sido verificados ao longo de décadas, contribuindo assim para o surgimento de estudos, a fim de revelar as suas razões, seus efeitos, e promover soluções. A ascendente desmotivação dos alunos nas aulas de Ciências, com reflexos no respectivo aproveitamento, tem sido constatada desde as Séries Finais do Ensino Fundamental até o Ensino Superior (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Somado a esse cenário, a modalidade de ensino centrada no conteúdo exacerbado e a ausência de materiais potencialmente significativos aos alunos, têm como consequência a aprendizagem mecânica, sendo caracterizada com pouco ou nenhuma relação com os conceitos relevantes. No tocante a suas causas, há um consenso de que o ensino apenas teórico e livresco, presente em algumas escolas brasileiras, centrado na narrativa do professor e passividade do aluno, contribui diretamente para a manutenção de quadros de baixa qualidade.

Dentro dos possíveis encaminhamentos para melhoria do quadro que se apresenta no ensino e aprendizagem em Física, está a utilização das Atividades Experimentais, que segundo as Diretrizes Curriculares de Educação Básica do Estado do Paraná (DCE):

[...] a experimentação no Ensino de Física é importante metodologia de ensino, que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar. (PARANÁ, 2008, p. 56).

Sendo assim, ao fazer a utilização das atividades experimentais, alunos e professores compartilham um espaço com interações diretas com os fenômenos naturais, promovendo uma significativa melhora na formação dos estudantes, ampliando as interações que os alunos podem ter com o mundo dos objetos, e o das linguagens simbólicas.

Apesar da sua necessidade, a atividade experimental, compartilhada pelo professor não é condição única e suficiente para realização da construção da evolução conceitual com alunos, pois os recursos do trabalho experimental devem

ser acompanhado de uma reconceitualização à luz de uma perspectiva construtivista social da natureza da Ciência.

Gil (2010) aponta que o construtivismo pode ser concebido como uma postura que defende o papel ativo do sujeito em sua relação com o objeto de conhecimento e a construção da realidade. Assim, o conhecimento é entendido como algo que não se encontra nem nas pessoas nem fora delas, mas é construído progressivamente pelas interações estabelecidas.

Dessa forma, pensar em atividades experimentais, como método para ensino de Ciências, remete-nos a busca de encaminhamentos ou direções que oportunizem a participação plena de indivíduos na sua formação científica, contribuindo para elevar o nível de alfabetização científica dos alunos envolvidos.

Neste sentido, a compreensão dos fenômenos físicos de um modo específico, tem lugar destaque nas Ciências, uma vez que um número incalculável de tecnologias também originam dela, e ocasionam inúmeras interferências sociais. (LORENZETTI; DELIZOICOV, 2001).

Neste caderno apresentam-se 05 (cinco) atividades experimentais para o ensino de óptica, com diferentes abordagens. Refaz-se, uma reconceitualização da atividade experimental, como método, apoiado nos fundamentos da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, enaltecendo-a, como material potencialmente significativo para aprendizagem em ciências.

As atividades propostas buscam lançar novos olhares no ensino deste tema, no sentido de motivar os alunos em relação à aprendizagem de Ciências. Para que essa prática se efetive, consideramos de fundamental a atuação do professor de Ciências no ensino Fundamental de forma a:

- a) Investigar os conceitos prévios dos estudantes como ponto de partida das estratégias de ensino;
- b) Relacionar a evolução histórica da Ciência, no sentido de permitir que a óptica seja apresentada em seus diversos contextos: ético, histórico, filosófico e tecnológico;
- c) Alternar atividades experimentais, com abordagens investigativas, demonstrativas ou verificacionistas como meio de contribuir para que os alunos sejam construtores ou reformuladores de seu próprio conhecimento.

De modo a sugestão são apresentados neste caderno 05(cinco) atividades experimentais contribuintes para o ensino de óptica nas séries finais dos anos iniciais. Durante o desenvolvimento das práticas são descritos ao professor, os enfoques que se pretende direcionar com a prática, o tipo de abordagem utilizada e os resultados que podem ser esperados.

UNIDADE 1 - A NATUREZA DA LUZ

Para investigar os conceitos prévios associados à óptica, que cada aluno participante possui em sua estrutura cognitiva, sugere-se ao professor que oportunize aos alunos, momentos onde a partir das observações e visões de mundo, possam externalizar seus próprios modelos mentais, concepções espontâneas sobre a compreensão das cores, fenômeno da reflexão da luz e nossa visão.

Após os momentos de externalização, indica-se uma breve introdução sobre a óptica geral, também como destacar que dos nossos sentidos, a visão, modelada pelas leis da óptica, é o sentido mais utilizado para o conhecimento do mundo que vivemos.

Nesta introdução, podem ser abordados aspectos históricos sobre o desenvolvimento da óptica uma vez que, Filósofos gregos como Platão e Aristóteles, Físicos, matemáticos como Galileu Galilei, Isaac Newton, iniciaram seus estudos a fim de responder as questões: por que vemos um objeto? ou o que é luz?

Embora essas perguntas tenham sido formuladas inicialmente e muitas vezes respondidas equivocadamente, elas contribuíram para mais tarde, físicos e matemáticos, formulassem teorias, modificassem-nas ou lançassem novas ideias sobre a natureza da luz. Em seguida foram apresentadas algumas ideias destes cientistas, em específico Isaac Newton sobre natureza da luz.

Texto sugestão ao professor.

Aspectos Históricos da Óptica:

Concomitante ao desenvolvimento dos métodos de investigação experimentais, a óptica, caracterizada como um dos campos em desenvolvimento da Física, também sofreu inúmeras modificações até a compreensão que se tem até hoje.

Alguns autores, como os que serão aqui citados, realizaram divulgações de seus trabalhos em períodos muito próximos. Isaac Newton, um dos maiores estudiosos da óptica física, no período intitulado pelo mesmo como *Annus Mirabilis*¹ (1664 a 1666), realizou experimentos para o desenvolvimento da óptica, sendo o primeiro a realizar a decomposição espectral com a luz branca.

Em seus trabalhos, consta que:

[...] tendo escurecido meu quarto e feito um pequeno orifício na folha da janela a fim de deixar entrar uma quantidade conveniente da luz solar, coloquei meu prisma no orifício de modo que a luz pudesse ser refratada, por esse processo, para a parede oposta. No começo foi uma diversão muito agradável ver as cores vivas e intensas produzidas por aquele processo, mas depois de me aplicar por um momento e a considerá-las com mais cuidado, fiquei surpreso que tinha forma oblonga, que, de acordo com as leis recebidas da refração, eu esperava que fossem circulares [...] as cores não são qualificações da luz, derivadas das refrações ou reflexões dos corpos naturais. (ASSIS, 1996, p.17).

Nota-se neste pequeno trecho de sua obra sobre a decomposição da luz, a naturalidade da observação do fenômeno físico presente em sua atividade experimental, como método para construção da teoria, ainda, distante, em fase de formulação.

A teoria de Newton sobre a luz e cores, presente na Obra Óptica exerceu grande influência sobre os estudos de óptica desenvolvida no século XVIII na Grã-Bretanha e Europa. O volume I e as questões presentes no livro III foram às partes da obra que inquietaram inúmeros pesquisadores deste período.

De acordo com seus axiomas, Newton descreve a decomposição da luz e afirma que as cores não são qualidades da luz, derivadas das refrações ou reflexões

¹ Referência ao período que Isaac Newton realizou sua maior produção intelectual.

oriundas dos corpos, mas propriedades originais e inatas que diferem em raios diferentes. (ASSIS, 1996).

Em seus relatos, Newton ainda acrescenta que alguns raios de luz tendem a apresentar uma cor vermelha e nenhuma outra, alaranjada e nenhuma outra, amarela e nenhuma outra, isto é, possuem o que hoje conceituamos de frequência. A espécie de cor, e o grau de refringência específico de cada cor não são alterados por fenômenos de reflexão e refração, nem qualquer outro fenômeno já observado.

Essas descrições, comprovadas experimentalmente e aceitas pela comunidade científica, foram escritas em seu primeiro trabalho publicado no início de seus vinte e nove anos, em meados de 1672, demonstrando claramente como Newton fez uma das suas maiores descobertas sobre a ótica: o padrão de comportamento das cores.

Não há um consenso da data exata em que Newton decompôs a luz, contudo há uma convergência de pensamentos de que este filósofo tenha utilizado uma atividade experimental simples, usando o prisma, obtendo uma faixa bicolor em 1664 e mais tarde em 1666, obteve o espectro colorido fazendo a luz do sol refratar e ser decomposta pelo prisma.

Na obra *Óptica I*, Newton apresenta uma série de experimentos detalhados sobre a decomposição da luz, e reforça um ideal empirista² sobre a construção do conhecimento científico comum na época. (ASSIS, 1996).

Hoje sabemos que tanto a ótica Newtoniana quanto a Mecânica de Galileu não foram construída apenas por experimentos, isso é uma impossibilidade. Os experimentos foram projetados em sua maior parte para provar hipóteses previamente estabelecidas, contudo, a presença do método experimental para modelagem controlada de um fenômeno, prova de uma teoria ou refutação de outra, teve presença marcante na construção das Ciências.

Antecedente a publicação da obra *Óptica*, esse ramo da Física recebeu a contribuição de inúmeros filósofos, físicos, matemáticos, sendo alguns destacados em uma ordem cronológica, aqui se apresenta:

² Propõe que a obtenção de conhecimento é realizada por meio da experimentação e recusa o conhecimento obtido por meio da intuição mística, transcendental ou apenas pela razão.

ANO/PERÍODO	AUTOR	TÍTULO DA OBRA	CONTRIBUIÇÃO
1604	Johannes Kepler	<i>Ad Vitellonum Paralipomena</i>	Afirma que a concentração de luz decresce com o quadrado da distância da fonte. Apresenta uma lei da Refração aprimorada em relação à ideia que o ângulo de incidência é proporcional ao ângulo de refração. Descreve também a lei de reflexão total.
1611	Johannes Kepler	<i>Dioptrice</i>	O autor estabelece os princípios fundamentais da Dióptrica- Estudo da Refração e comportamento das lentes onde na qual explica com boa aproximação o comportamento de telescópios refratores.
1611	Antonius de Dominis	<i>De Radiis Visus et Lucis</i>	Descreve experiências sobre a incidência de luz numa esfera de vidro cheio de água e apresenta uma primeira explicação sobre o arco-íris
1621 a 1625	Snell		Enuncia a lei correta da refração: Seno do ângulo incidente é igual ao seno do ângulo de refração, para um mesmo par de meios.
1637-1638	Descartes	<i>Discours de la Méthode La Dioptrique, Les Méteores e La Géométrie</i>	Enuncia a Lei da Refração, mas não realiza menção a Snell.
1648	Marcus Marci	<i>Thaumantias: Liber de arcu coelesti deque colorum apparentium natura, ortu, et causis (Iris: O Livro do arco e as cores celestiais aparente natureza, origem e causas)</i>	Descreve experimentos com prismas.
1661	Pierre Fermat	<i>Lei do mínimo tempo na Refração</i>	A trajetória percorrida pela luz ao se propagar de um ponto a outro é tal que o tempo gasto em percorrê-la é um mínimo.
1663	James Gregory	<i>Optica Promota</i>	Telescópio refrator
1664	Robert Boyle	<i>Experiments e Considerations Touching Coulours</i>	Experimentos com prismas
1665	Grimaldi	<i>Physico-Mathesis de</i>	Descreve como descobriu a difração da Luz.

		<i>Lumine Coloribus et Irede</i> (A Física matemática das cores claras e do arco-íris)	
1665	Robert Hooke	<i>Micrographia</i>	Descreve observações vistas no microscópio, descreve o fenômeno de difração da Luz, além de apresentar “as cores de laminas finas” (conhecidos mais tarde como Anéis de Newton).
1667-1668	Issac Barrow	<i>Ministrou aulas de Optica em Cambridge, antecessor de Isaac Newton</i>	Combinou trabalhos de Descartes, Wallis e Gregory no cálculo. Aplicou geometria para o aprimoramento da óptica.
1669	Erasmus Bartholin	<i>Dupla Refração</i>	Contribuiu para entendimento do fenômeno da Dupla Refração. Seus estudos foram usados mais tarde para o detalhamento do fenômeno da Polarização.
1676	Ole Christensen Rømer	<i>Medida da velocidade da luz</i>	Confirma o que Galileu já havia comprovado; a luz não possui velocidade infinita e estima pela primeira vez sua velocidade.
1690	Christiaan Huygens	<i>Tratado sobre a Luz</i>	Descreve um modelo da luz que consiste em pulsos propagados num meio, além de apresentar experiências novas e importantes sobre a dupla refração.

Quadro 1 - Ordem Cronológica do desenvolvimento da óptica anterior a Isaac Newton
Fonte: Adaptado de Assis (1996)

Segundo Assis (1996), é certo que Newton conheceu e estudou no período de 1664-65 os trabalhos brevemente descritos acima. Embora sua maior influência fosse oriunda dos trabalhos de René Descartes, mesmo que, futuramente Newton tenha discordado de alguns, esses trabalhos foram um ponto de partida para a contribuição sumária no desenvolvimento da óptica que Isaac Newton realizou.

Newton defendia as infinitas cores, em que cada uma apresentava um índice de refração diferente que não podia ser modificada pela reflexão ou refração, algo que hoje também se comprova experimentalmente.

Em 1666 realiza a decomposição das cores, mas só publica seu trabalho em 1672. No ano de 1668 inventa o telescópio refrator que evita o problema da aberração cromática. Talvez pelas críticas que recebera, Newton tenha sido tão relutante em publicar seus trabalhos imediatamente após finalizá-los, uma vez que

Óptica só foi publicado em 1704, um ano após a morte de Robert Hooke. (ASSIS, 1996).

Embora tenham sido realizadas três edições dessa obra, esta teve sua última edição corrigida por ele mesmo, mas publicada após a sua morte em 1721. Em seus ensaios Isaac Newton raramente segue uma estrutura rigorosa em matemática. Esta estrutura segue em maior parte por demonstrações experimentais seguidos pelos relatos do próprio Newton.

Nos livros II e III, o que se apresenta são as observações relativas aos fenômenos que ele observava e relatou-as de forma simples, mas sempre permeada de forma interrogativa.

Essa maneira de escrever de Newton possibilitou aos estudiosos de suas obras pudessem conhecerem suas crenças, convicções e o desenvolvimento de seu raciocínio. Em seu legado, Newton deixou uma coletânea de axiomas, leis, teorias e diversos experimentos, que ainda hoje vêm influenciando professores de Física que utilizam de trabalhos experimentais com diferentes abordagens e enfoque para o ensino. (ASSIS,1996).

Hoje, 400 anos mais tarde, parece pertinente afirmar que o mesmo método utilizado por Newton para evidenciar um fenômeno ou provar uma teoria, seja destinado a instruir, colocando o professor como responsável para assumir a atividade experimental com outros enfoques e diferentes abordagens.

Sem a pretensão de apontar as falhas nos métodos livrescos presentes no Ensino de Física, percebe-se, que muitas concepções errôneas ainda permanecem ancoradas na mente dos estudantes, e poderiam, no entanto, ser modificadas por resultados experimentais simples.

Não se trata da defesa de apenas um método, nem do julgamento de outro, mas a Física, reduzida a matematização excessiva, sem história, memória, questionamentos e experimentações, acaba exilando as possibilidades dos alunos em serem convidados a realizarem sua interpretação.

No Quadro 1, apresenta-se uma atividade cujo objetivo é verificar os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva dos participantes no tocante ao nível de conceitos e significados relacionados à Óptica.

Sugestão ao professor: Neste momento toda e qualquer evidência de conhecimento prévio sobre óptica, pode ser usada como ponto de partida de trabalho ao professor. Assim, os alunos poderão ser provocados a externalizar suas

concepções sobre cores, corpos iluminados, corpos luminosos, o fenômeno da sombra e penumbra, a explicação sobre o funcionamento dos espelhos planos e esféricos dentre outros elementos para entendimento da Óptica.

Prezado Aluno, assinale os conceitos que conhece, e se possível coloque ao lado o significado. Dica: Significado dão sentidos aos conceitos.

Conceito	Significados
Cor branca	
Cor prata	
Cores	
Corpos iluminados	
Corpos luminosos	
Difração	
Eclipse	
Espelho	
Fótons	
Ionização de um gás	
Lentes	
Objeto de cor escura	
Onda eletromagnética	
Penumbra	
Reflexão	
Refração	
Sol	
Sombra	

Quadro 2 - Atividade elaborada para conhecer os conceitos prévios dos Alunos
Fonte: Autoria própria

Após a realização das atividades os alunos podem ser convidados a explicar suas tabelas justificando suas respostas fundamentadas por suas concepções. Outros podem elaborar mapas de conceitos ou modelos mentais, se assim possuírem familiaridades em contruí-los.

O professor poderá notar nessa atividade as concepções espontâneas sobre a óptica, configurando os modelos alternativos dos alunos.

Em seguida sugere-se a apresentação da figura do espectro eletromagnético, e a respectiva explicação sobre o seu significado. Neste momento é necessário que o professor retorne os conceitos básicos sobre a natureza das ondas tais como: elementos de uma onda, frequência, velocidade de propagação as diferenças entre ondas mecânicas e ondas eletromagnética, conceitos já previamente trabalhados nas unidades anteriores.

Esses conceitos podem ser utilizados como subsunçores, ou seja conceitos que podem servir de alicerces cognitivos para a compreensão da Luz e sua natureza. No site <http://www.if.ufrgs.br/~moreira> podem ser encontrada sugestão de leitura que descrevem os subsunçores e sua importância para subsidiar aprendizagem significativa em ciências.

Video sugestão:

http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data/SESleduca/ENS_FUN/ENS_FUN_F09_CIE/497_CIE_ENS_FUN_F09_02/iniciando_o_dialogo.html

Embasamento teórico:

De acordo com Perelman (1988), a luz emitida pelos raios Solares, por uma luz branca ou pela chama de uma vela, é conceituada como luz Policromática. Essa luz é composta de infinitas cores, que podemos associá-las a frequência, das quais sete são mais evidentes em um fenômeno como arco-íris; Vermelho, amarelo, perdão, Vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

A luz emitida em uma só cor é dita monocromática, por apresentar uma única frequência. A figura que segue, representa o espectro eletromagnético, ou seja, um conjunto finito de ondas eletromagnéticas com inúmeras frequências, onde apenas as frequências do visível podem sensibilizar, a retina, órgão sensorial onde as imagens são projetadas nos seres humanos.”

Na Figura 1, estão apresentados, além da luz visível, também outras ondas eletromagnéticas, que diferem-se da luz pela frequência e comprimento de onda.

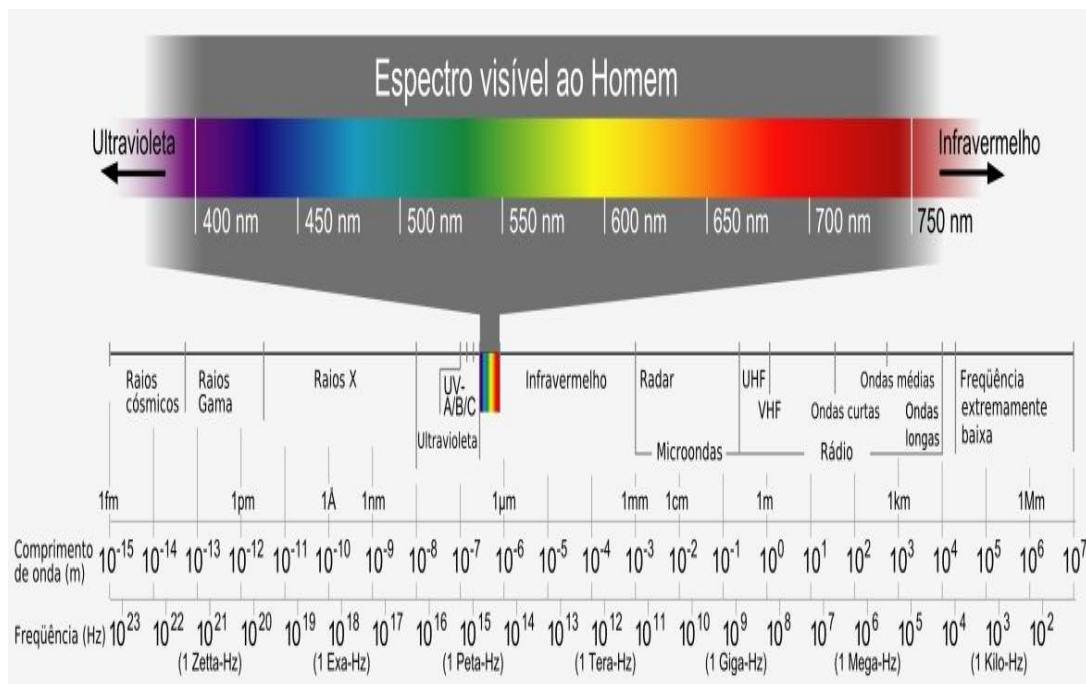


Figura 1 - Espectro Visível ao homem
Fonte: Sociedade Brasileira de Física ano 2012

É importante lembrar que a luz também é uma onda, mas apresenta natureza diferente das ondas mecânicas, contudo, a origem de uma onda de som é totalmente diferente de uma onda de luz, além do que, a frequência do som não pode sensibilizar nosso sentido visual, apenas auditivo. Assim como a frequência de uma cor vermelha por exemplo, não pode sensibilizar o ouvido, e sim nossos olhos.”

“As cores que os corpos apresentam dependem das cores da luz que estes refletem ou espalham com uma característica difusa. Dessa forma ao receber a luz do sol, uma vegetação, por exemplo, absorve infinitas cores, que compõe a luz branca, mas reflete apenas a luz verde, predominante da vegetação. Assim quando iluminamos um objeto ou o sol incide sua luz sobre ele, podemos ver a luz que é refletida pelo corpo, de modo geral, a luz absorvida por este material afeta a sua energia interna, temperatura, mas o que defini sua cor é aquela cor este reflete. Esse fenômeno está associado à reflexão da luz, pois sem ela, não poderíamos nem vê-lo.”

O professor pode sugerir que os alunos elaborem os seus mapas conceituais e modelos mentais. Todos os mapas dever ser explicados por seus elaboradores em momentos posteriores.

A figura abaixo representa um mapa de imagens que revela uma associação de conceitos presentes na estrutura cognitiva da aluna J.A, após participação da atividade.

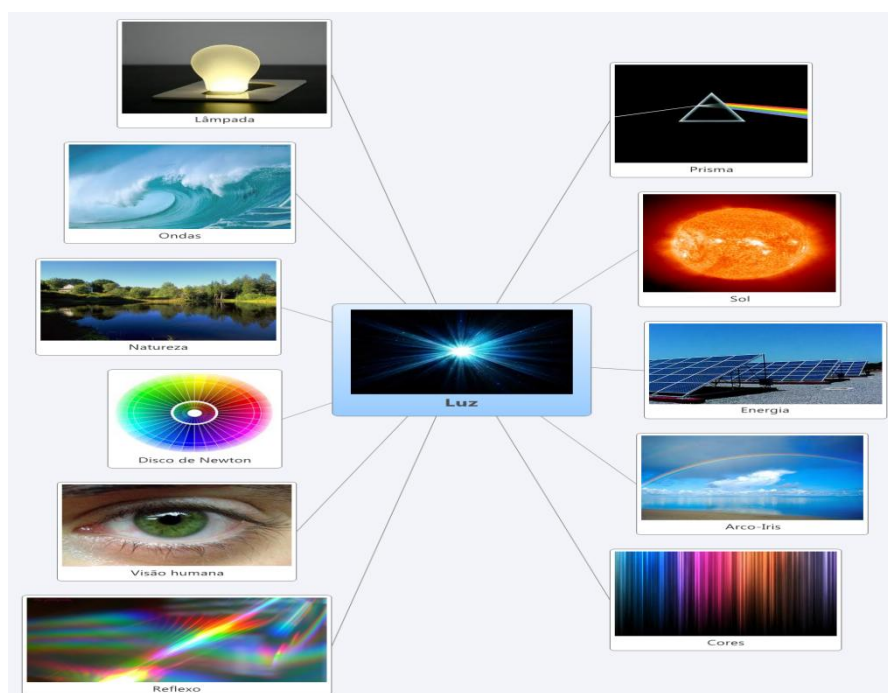


Figura 2 - Modelo Mental elaborado por uma aluna de 8 série, após a aula introdutória de óptica

Fonte: Autoria própria

UNIDADE 2 - O APARATO DE DIRCK - A VELA FANTASMA

Esta atividade caracteriza-se como uma prática experimental, lúdica, com abordagem demonstrativa, visando o compartilhamento de significados sobre o fenômeno da Reflexão da Luz.

O enfoque adotado pode ser direcionado para investigação dos fenômenos de reflexão e refração da luz. Nessa perspectiva optou-se pelo experimento de Dirck, popularmente conhecido como: a Vela Fantasma. O experimento de Dirck permite que seja verificada a lei da reflexão da luz, e os limites dessa lei.

Material e abordagem utilizados

Para construção do aparato experimental, são utilizados os seguintes materiais:

- 01 placa de vidro de 40 x 40cm;
- 01 (uma) vela;
- 02 (dois) copos.

O aparato de Dirck pode ser visualizado por meio da Figura 3:

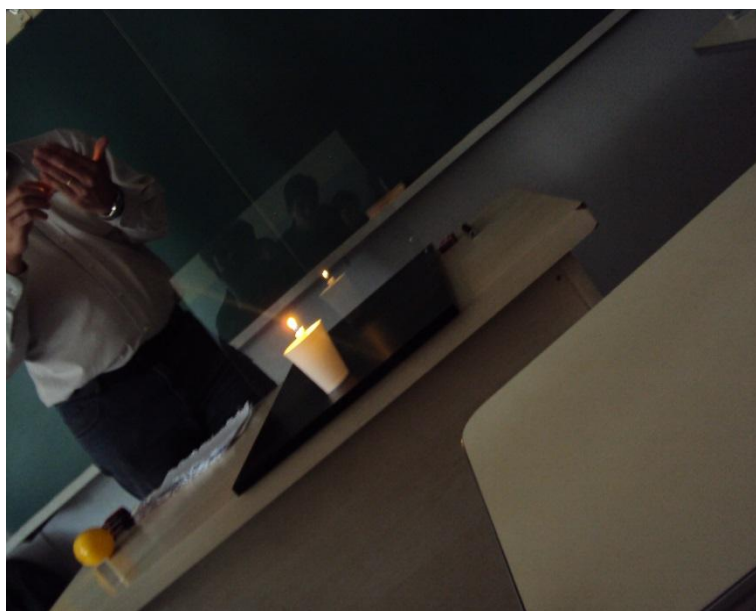


Figura 3 - Aparato Experimental de Dirck
Fonte: Autoria própria

Após a montagem do aparato experimental, optou-se por um enfoque investigativo. Alternou-se a possibilidade de observação do fenômeno de conjugação de imagem pelo vidro, em dois momentos; com alta e baixa intensidade luminosa.

O princípio físico do experimento que foi apresentado, é modelado pelas leis da reflexão e refração da luz, permitindo que, quando haja variação da quantidade luminosa em um ambiente, pode ser realizada a transformação de um material transparente como vidro, em uma superfície de reflexão parcial da luz.

Por meio da variação da quantidade de luz no ambiente tornou-se possível a verificação dos limites das leis da reflexão da luz, isto é com luminosidade

homogênea, dispersa na sala, a luz refletida pelo copo, atravessa o vidro culminando na refração da luz.

Ao escurecer o ambiente, a luz predominante é proveniente da vela, transformando o vidro em uma superfície com maior poder refletor com revela a Figura 4.

Neste momento há impressão de haver dois objetos, mas o que ocorre na realidade é a formação de uma imagem no vidro caracterizada como virtual e simétrica ao objeto real.



Figura 4 - Aparato de Dirck - Reflexão parcial da Luz
Fonte: Autoria própria

Logo após, aumenta-se a intensidade luminosa local até que haja predominância da continuidade óptica. Dessa forma os índices de refrações locais ar e vidro, embora diferentes, tornam-se muito próximos, dificultando a reflexão da luz pelo vidro, algo que o torna praticamente invisível, como revela a Figura 5.



Figura 5 - Aparato de Dirck, funcionando sob alta intensidade luminosa, com predominância da continuidade óptica
Fonte: Autoria própria

Logo após a explicação, abre-se espaço para discussão entre professor e alunos sobre o que foi observado. Após essa etapa, o professor poderá dirigir questões aos alunos para que possam refletir sobre aquilo que observaram. Tais questões podem ser colocadas aos alunos para favorecer uma aprendizagem por descoberta contemplando o enfoque investigativo;

Segue uma amostra de questões, dirigidas aos alunos:

Questões dirigidas aos Alunos	Amostra de Respostas
1-Qual é a relação entre a variação da intensidade luminosa no ambiente, e a formação da imagem?	
2-Qual é a relação entre a lei $n = \frac{c}{v}$, onde n representa o índice de refração (grau de dificuldade que a luz apresenta ao atravessar um meio, diferente do ar), c a velocidade aproximada da luz no vácuo, e v a velocidade da luz em outro meio, no experimento apresentado?	
3-Há predominância de algum fenômeno físico? Qual(is) reflexão? refração? difração?	
4-As situações apresentadas nesta atividade, se assemelham em situações que ocorrem no cotidiano? Caso julgue afirmativa, explique sua resposta.	

Quadro 3 - Atividade contendo perguntas e respostas associados à atividade Aparato de Dirck
Fonte: Autoria própria

Com esse dispositivo, é possível discutir as leis de reflexão enunciada na forma de Axiomas, por Isaac Newton no livro intitulado Óptica em 1704 assim como

o limite da lei, uma vez que é possível variar localmente a quantidade de luz e verificar os efeitos de reflexão, seletividade, continuidade óptica.

Segundo Moreira (2008) o aparatos experimentais utilizados para o ensino, podem favorecer a não arbitrariedade, ou seja, podem ser concebidos como materiais potencialmente significativos, permitindo a relação entre novos conceitos, com os conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do individuo.

UNIDADE 3 - A REFLEXÃO DA LUZ E O CALEIDOSCÓPIO

O tema abordado nesta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa é sobre a reflexão da luz. Como organizador prévio, pode ser precedida à teoria da Reflexão de raios luminosos iniciada por Isaac Newton em 1660 também como alguns aspectos históricos.

De acordo com Moreira (2003), organizadores prévios são como pontes cognitivas, ou seja, servem para realizar possíveis ligações entre os conceitos existentes na estrutura cognitiva do aluno e um novo conceito a ser apreendido.

A teoria sobre a reflexão da luz pode ser reconstruída, pela atividade observacional, contudo a observação é um primeiro passo para a compreensão do fenômeno, mas não o suficiente.

Para dar sequencia a explicação dos fenômenos reflexivos, retomemos um dos axiomas desenvolvidos por Isaac Newton, onde argumenta que: um objeto visto por reflexão ou refração aparece no lugar de onde os raios divergem, ao incidir sobre o olho do espectador, depois da ultima reflexão ou refração.

A Figura 6 mostra um feixe incidente e um feixe refletido, revelando a concordância entre os Axiomas sobre as Leis da reflexão, enunciada por Isaac Newton no tocante ao ângulo de incidência e reflexão.

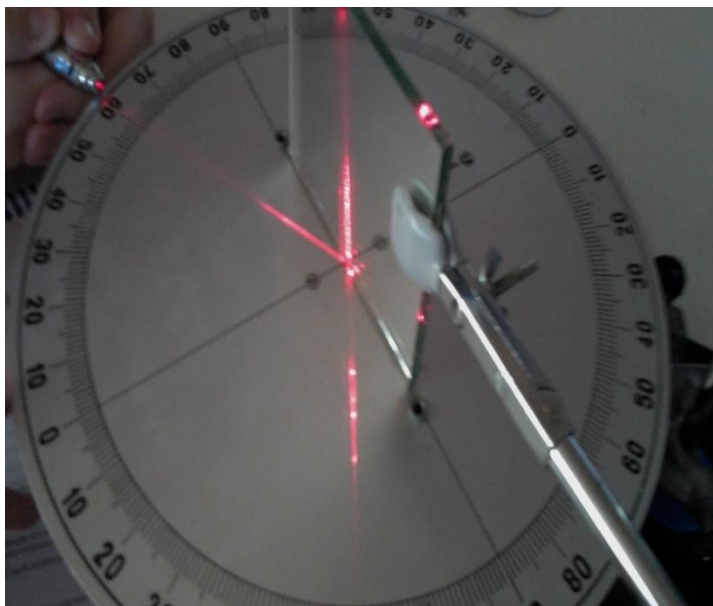


Figura 6 - Imagem do raio de luz incidente, raio refletido e a reta normal

Fonte: <http://11acaminha.blogspot.com.br/>

Com objetivo de promover maior compreensão sobre o fenômeno da Reflexão da luz e suas consequências, é sugerida para esta unidade, a construção do caleidoscópio. Este artefato, constitui-se em um dos mais antigos e lúdicos experimentos da Física. Embora originado da China, foi aperfeiçoado na Inglaterra por David Brewsted em 1817. O termo caleidoscópio origina-se em *kalos* que, em grego, quer dizer beleza, *eidos* que significa forma e *skopien* que quer dizer olhar (NEVES; PEREIRA, 2006).

Utilizando das leis da reflexão, pode-se desenvolver a explicação sobre a formação das imagens conjugados por este artefato, ou seja; se dois espelhos forem associados, com ângulo de 60° graus entre eles, apenas 5 imagens para um determinado objeto, posto a frente destes espelhos, serão refletidas.

Matematicamente, $n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$, onde n representa o número de imagens, α o ângulo entre os espelhos.

Contudo, como são 3 (três) o número de espelhos utilizados para composição do Caleidoscópio, quando um objeto é colocado a frente dos dois primeiros espelhos com ângulo de 60° (sessenta graus), as primeiras 5 imagens servem de objeto ao terceiro espelho, que as reflete novamente, resultando em um número finito, mais incontável de imagens simétricas.

Material e abordagem utilizados

Para construção do Caleidoscópio dinâmico, foram utilizados os seguintes materiais:

03 (três) lâminas de espelhos planos de 30cm x 3,5cm cada;

01 (um) tubo de ensaio;

Uma quantia aproximada de 20g de strass;

01 (um) tubo de PVC ou similar com 30cm de comprimento e diâmetro de 3,5cm a 4,0cm;

01 (uma) faixa de EVA de medidas 10cm x 10cm;

01 (um) rolo de durex.

05 (cinco)ml detergente.

01 (um) transferidor.

½ (meia) folha de cartolina.

A montagem do caleidoscópio pode ser realizada de acordo com os seguintes passos:

1 - Una as lâminas dos espelhos com durex de maneira que as faces refletoras estejam voltadas para dentro, conforme apresentado na Figura 7:



Figura 7 - Materiais para montagem do caleidoscópio
Fonte: Autoria própria

2 - Após unidas, as lâminas devem formar um triângulo equilátero como pode ser visualizada na Figura 8:



Figura 8 - Vista dos espelhos que fazem ângulo de 60° para formação do caleidoscópio
Fonte: Autoria própria

3 - Insira o triângulo no tubo de PVC ou cartolina.

4 - Na sequência, preencha o tubo de ensaio com detergente, e insira o strass;

5 - Acople-o tubo de ensaio na cartolina conforme, representado pela Figura 9:

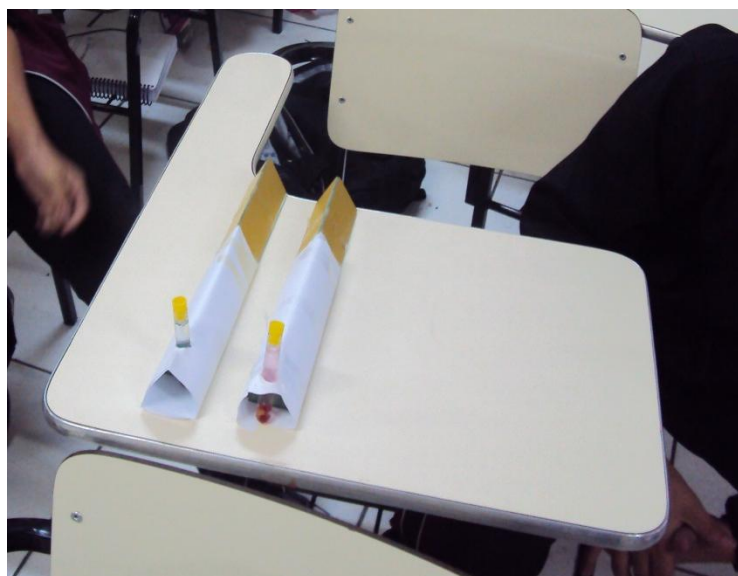


Figura 9 – Caleidoscópio
Fonte: Autoria própria

6 - Por final, fixar este último conjunto no tubo do caleidoscópio (Figura 10):



Figura 10 - Caleidoscópio Dinâmico
Fonte: Autoria própria

As imagens podem ser visualizadas se olharmos pela extremidade livre do artefato. Uma amostra das belas imagens estão apresentadas pelas figuras 11 e 12.

O princípio físico aplicado ao caleidoscópio é encontrado na óptica dos espelhos planos que se forem associados em diferentes ângulos, formam imagens múltiplas. Os objetos frente às lâminas são refletidos nos espelhos, mas a imagem formada em um deles é também refletida nos outros espelhos, resultando em um objeto óptico que nos faz ver belas formas.

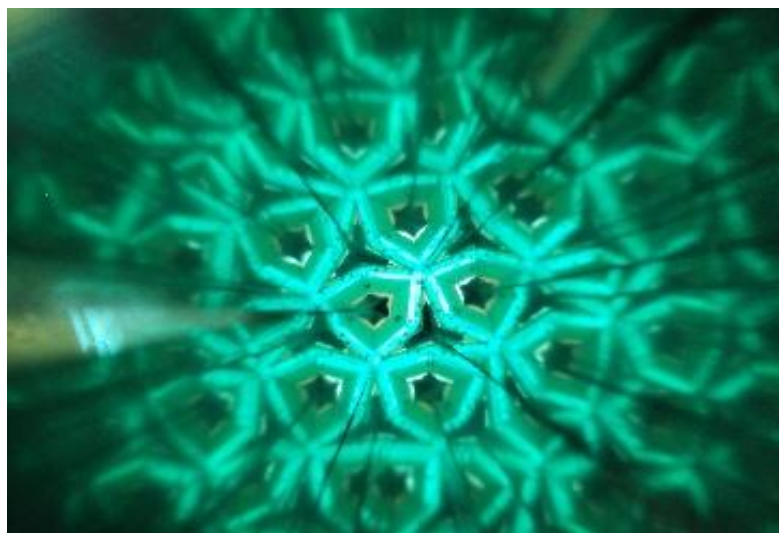


Figura 11 - Imagens Conjugadas pelo Caleidoscópio
Fonte: Autoria própria

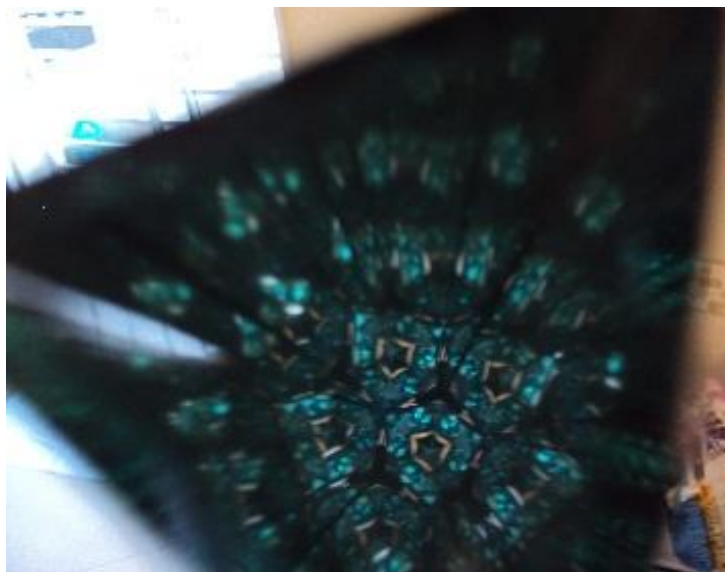


Figura 12 - Imagens conjugadas pelo Caleidoscópio
Fonte: Autoria própria

Por meio da construção do caleidoscópio, e visualização das belas imagens, pretendeu-se mostrar a experimentação em Ciências Naturais, como meio de instigar a curiosidade dos envolvidos e manter sua motivação para aprender de maneira recreativa. A visualização dessas imagens, simétricas, comprova a associação de espelhos, e atesta a concordância entre a equação que modela essas associações: $n = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$, ou seja, se α tender a zero, o número de imagens tende ao infinito, configurando a situação de um espelho a frente de outro. Se o ângulo for de 180° graus, o número de imagen tenderá ao mínimo, isto é apenas 1 (uma).

Ao final da prática, os participantes podem ficar livres para expressarem, por meio de mapas conceituais e breves relatos, suas compreensões.

A Figura 13 revela um modelo de relatório elaborado por uma Aluna, quando relata suas concepções após a construção do Caleidoscópio.

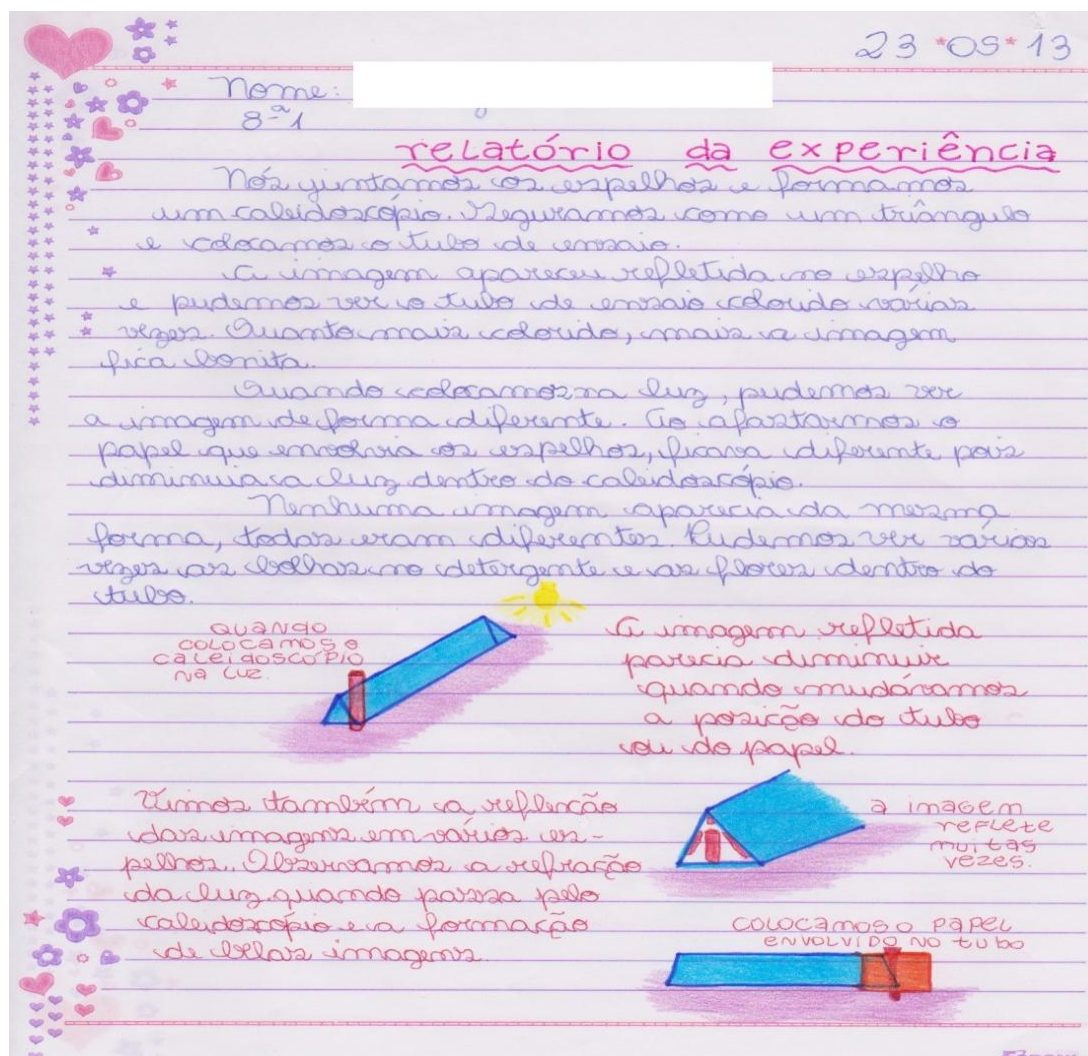


Figura 13 - Relatório de A. C, revelando sua experiência na construção do caleidoscópio.
Fonte: Autoria própria

De acordo com Perelman (1988, p.151), a Física Recreativa, não segue o sistema comumente empregado nos livros didáticos. Nesses livros, há um espaço muito pequeno para descrições de experimentos de Ciências divertidos e espetaculares.

UNIDADE 4 - A DIFRAÇÃO DA LUZ

A difração é um fenômeno físico que ocorre quando ondas de natureza mecânica ou eletromagnética contornam obstáculos. Ondas eletromagnéticas, como a luz sofrem difração quando o comprimento de onda dessa radiação possui mesma ordem de grandeza do comprimento da fenda ou orifício que encontra como obstáculo.

Feixes de luz monocromáticos, quando incidentes em gotas de água, fios de cabelo, ou orifícios ínfimos, podem contornar os obstáculos, preservando a forma dos corpos que foram contornados. Essa aplicação pode transformar feixes de luz colimados em poderosos micrômetros de luz, ou seja, após incidir e contornar algum objeto, pode formar a sua imagem com precisão.

Dessa forma, e sob auxílio dos conceitos de difração, o laser pode ser transformado em um instrumento de observação e de comprovação da natureza ondulatória da luz.

Material e abordagem utilizados - A difração e o micrômetro de Luz

Para montagem do aparato que evidenciasse os conceitos relativos a difração, utilizou-se os seguintes materiais:

- 01 laser de diodo;
- 01 (uma) seringa descartável;
- 02 (dois) ml água;
- 01 (um) aparador para sustentar as seringas;
- 01 superfície de projeção.

Para desenvolver o experimento é necessário:

- 1 - Fixar a seringa com água contaminada de cabeça para baixo, em duas bases de mesma altura, a uma distância de aproximadamente 20 cm da tela de projeção, como mostra a Figura 14;
- 2 - Acople o laser de modo que o feixe luminoso possa atravessar da gota de água.

Após incidência do feixe sobre o conjunto, será projetada, no anteparo, uma imagem bastante ampliada do material que se encontra no interior da gota.



**Figura 14 - Imagem do contorno dos microrganismos presentes na água após de difração.
Fonte: Autoria própria**

O princípio físico que sustenta o experimento é modelado pelas leis da difração da luz, que permite a transformação de uma a gota de água de volume aproximado de $33,8\mu\text{l}$ à $63\mu\text{l}$ (Fonte: US National Institute of Medicine), em um poderoso microscópio. Neste aparato são possíveis observações de corpos ínfimos, como protozoários, reveladas nas Figuras 14 e 15.

Para fins de comparação, esses corpos observáveis possuem tamanho que variam entre $0,01\text{mm}$ a $0,05\text{mm}$, ou seja, com esse dispositivo, é possível ampliar o tamanho do objeto presente na gota de água em centena de vezes.

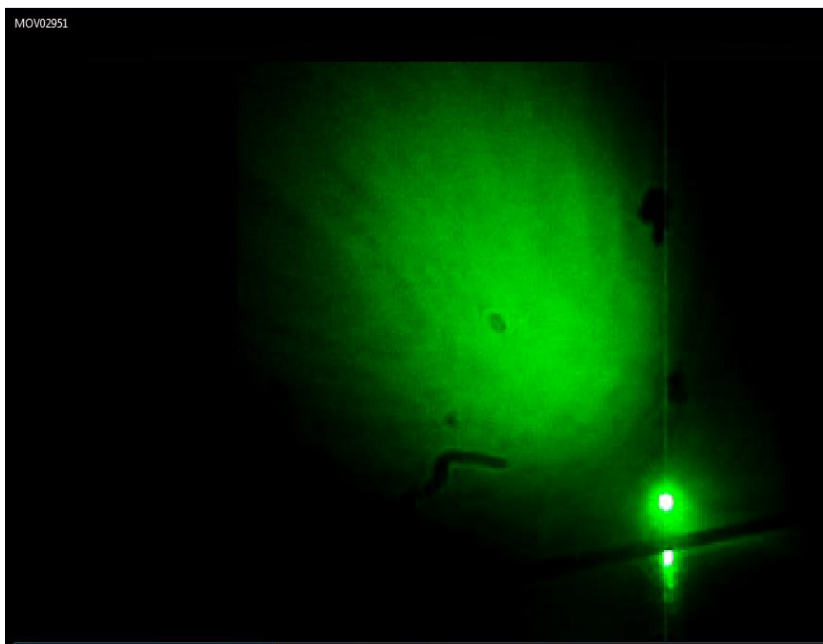


Figura 15 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água
Fonte: Autoria própria

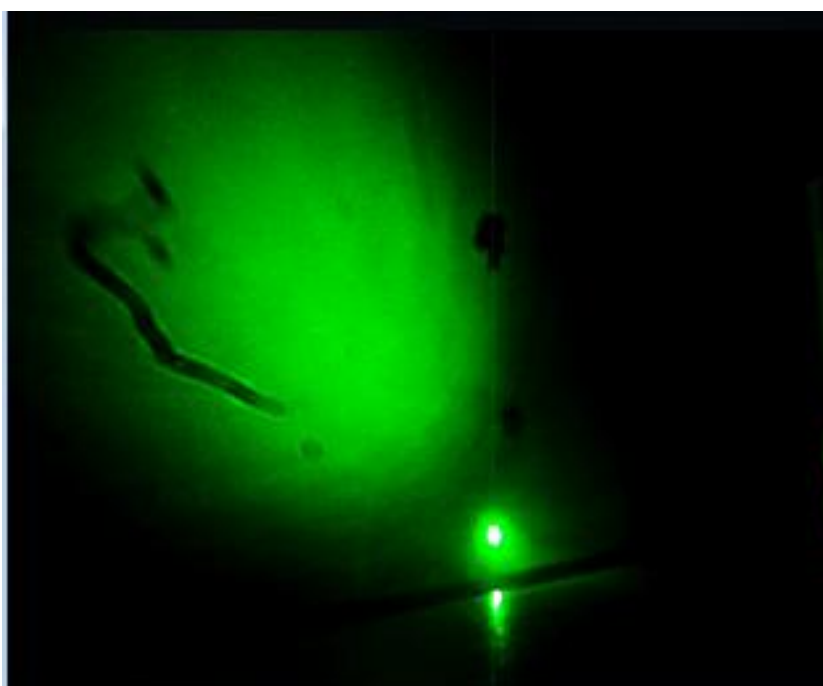


Figura 16 - Imagens de protozoários após a incidência do laser na gota de água, projeção no anteparo
Fonte: Autoria própria

Por meio da construção do micrômetro de luz e visualização das imagens, pretendeu-se mostrar a experimentação em Ciências, como meio de propor uma prática experimental que possibilitem ao professor e alunos o compartilhamento de significados e conceitos em Difração. O vídeo completo produzido pelo autor encontra-se hospedado em <http://www.youtube.com/watch?v=xmbJxeEEUSI>.

UNIDADE 5 - REFRAÇÃO DA LUZ

Essa Atividade Experimental teve como objetivo geral, apresentar aos alunos, o fenômeno óptico da refração. O enfoque dado no decorrer desta atividade foi o investigativo e abordagem realizada foi direcionada para verificação da Lei da Refração.

Refratar a luz significa quebrá-la. Refração da luz, pode ser conceituado como a passagem de radiação luminosa de um meio, com um índice de refração n_1 , para outro com índice de refração n_2 . Como a maioria dos materiais possui índices de refração diferentes, ao sofrer incidência da luz, os materiais de modo geral, apresentarão certa resistência à passagem dela, alterando sua velocidade. Essa alteração de velocidade pode ocasionar desvios, e, por conseguinte, alteração nas características da imagem, conjugada pelo objeto.

O índice de refração pode ser definido então, como uma medida ou grau de dificuldade que a luz apresenta quanto passa de um meio para outro, ou seja, materiais iguais submetidos a temperaturas diferentes, ou materiais que apresentem densidades diferentes, apresentarão características ópticas refrativas diferentes.

Sendo assim, a passagem da luz de um meio para outro, resulta em uma mudança em sua velocidade, mas não necessariamente em uma mudança de direção do feixe refratado.

Pode-se citar como exemplo, a passagem da luz proveniente do meio ar ou vácuo, para água, onde a velocidade da luz assume um valor aproximado de 300.000 km/s, velocidade que sofre diminuição quando realiza mudança para um meio dito mais denso (água), portanto mais refringente.

A Figura 17 exemplifica a refração da luz quando atravessa os meios distintos.



Figura 17 - Raio incidente, refratado, normal
Fonte: Própria

Matematicamente a lei da refração é conhecida como Lei de Snell e Descartes: $n_1 \text{sen}i = n_2 \text{sen}r$ onde $\text{sen}i$ representa o seno do ângulo incidente no meio 1, e $\text{sen}r$ o seno do ângulo refratado, ou seja no meio 2.

A mudança na velocidade ocasionada na refração possibilita a formação de imagem ampliada, reduzida ou até deformada. O entendimento do fenômeno da refração possibilita a compreensão de vários fenômenos luminosos, tais como: a posição aparente dos astros no firmamento, ou noção alterada de profundidade para corpos imersos, a presença da luz em nossa atmosfera, mesmo quando o sol já se pôs. No tocante a tecnologia, há uma variedade de aplicação dos conceitos de refração; na fabricação das lentes, microscópios, telescópios, refratômetros (empregados na indústria para verificar as características esperadas de um produto); ou a até nos modelos de entendimento da óptica da visão, uma vez que quando a luz adentra ao sistema óptico do ser humano ocorrem sucessivas refrações.

Material e abordagem utilizados- A Refração

Para montagem do aparato experimental que contribuísse para entendimento do fenômeno da refração, utilizaram-se os seguintes materiais:

01 (um) laser de diodo;

01 (um) recipiente transparente com água;

02 (duas) lentes de vidro;

01 (um) desenho contendo linhas paralelas e setas invertidas.

Na Figura 18, tem-se a imagem da utilização de lentes para demonstração do fenômeno da Refração.



**Figura 18 - Utilização de lentes de Vidro para demonstração da Refração.
Fonte: Autoria própria**

As sequências de fotos abaixo revelam a luz tendo sua velocidade alterada ao atravessar meios diferentes como ar, vidro e água, que conforme salientado anteriormente, pode resultar em uma mudança na direção do raio de luz.

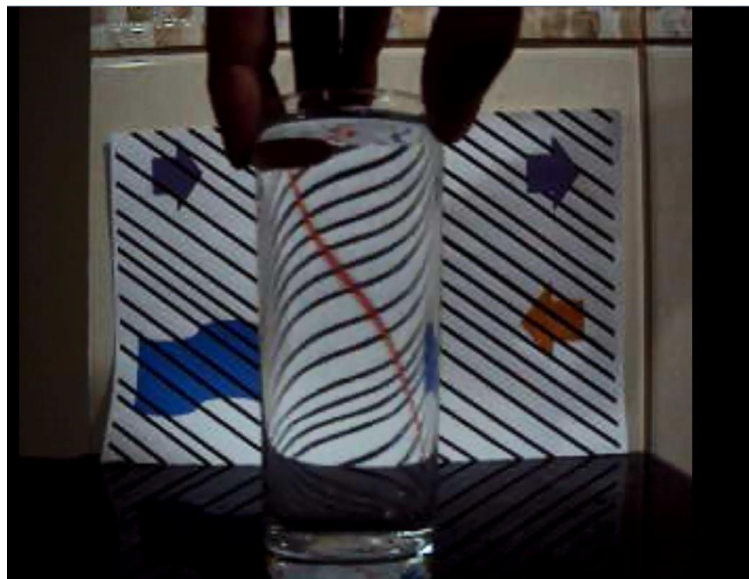


Figura 19 - Linhas deformadas pelo fenômeno da Refração no dispositivo construído pelo autor

Fonte: Autoria própria


Durante o desenvolvimento desta unidade, os alunos tiveram a oportunidade de verificar leis da refração, fazendo uso de laser incidente na água, nas lentes de vidro acrílico. Alguns tiveram a curiosidade de variar o ângulo de incidência a fim de encontrar um ângulo limite para refração da luz.

O Aluno X. M. ao expressar suas concepções no modelo mental abaixo destaca a refração como maior responsável pelo fato do lápis se apresentar “torto” no interior no copo. Nota-se em seu modelo mental, a promoção da diferenciação progressiva de conceitos, realizada após a experimentação, algo que contribui para o refinamento de seus modelos de entendimento sobre a natureza da luz e dos fenômenos relacionados.

Aluno: _____

Olá, Iniciaremos o estudo da Refração!

1-Pedimos então que coloque no espaço abaixo a sua explicação sobre o que ocorre com o lapis! Faça o experimento você mesmo!



O lapis parece estar torto por causa da chamada visão de estica, parece estar sendo outra coisa do que esta acontecendo

2-Use os outros aparatos experimentais e elabore a sua teoria!

um copo de água um lapis e só 10 outros experimentos, um vidro de diferentes formas

Faça considerações sobre o ângulo do raio de luz ele muda ou não?, se é possível configurar imagens por meio da refração?

Ele muda sem poderem ver imagens reais espalhadas, vemos imagens sem ponto de ponto, porque cada vidro tem uma imagem e gets a formato.

Pedimos que no espaço abaixo elabore um mapa conceitual sobre o que entendeu sobre esse conceito.

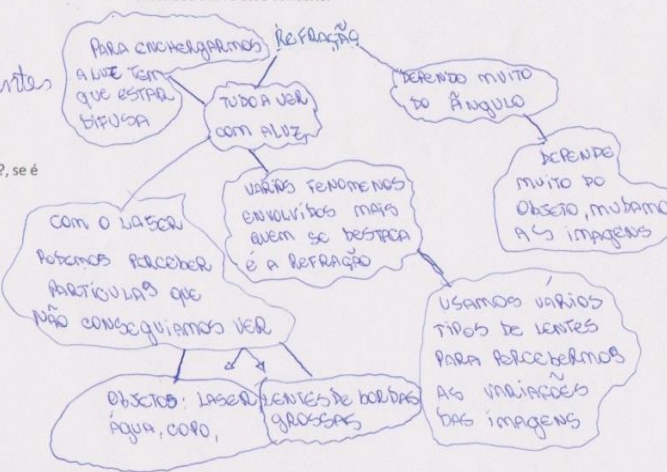


Figura 20 - Concepções e Modelo Mental elaborado pelo Aluno após participação na Unidade de Refração

Fonte: Autoria própria

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- ASSIS, A. K. T. **Óptica**. São Paulo: Ed.USP, 1996. (Tradução completa do livro Optics, de Isaac Newton).
- AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANNESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Tradução de Teopisto, L. Revisão científica, Teodoro, V.D. Lisboa. Editora Plátano. 1ª edição. PT – 467 – Janeiro de 2003.
- Novak, J. D. (1981). Uma teoria de educação. São Paulo: Pioneira. 252p
- BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2000
- BEZERRA, D. P., Gomes, E. C. S., Melo, E. S. N., & Souza, T. C. (2011). **A evolução do ensino da física–perspectiva docente**. *Scientia Plena*, 5(9).
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: primeiro e segundo ciclos do ensino fundamental (Tema Transversal Saúde)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CARUSO, F.; ARAÚJO, R. M. X. **A física e a geometrização do mundo: construindo uma cosmovisão científica**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 1998.
- DINIZ, R. E. S. Concepções e práticas pedagógicas do professor de ciências. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998. p. 27-32.
- FEYERABEND, P. **Contra o método**. 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GALILEI, G. **Diálogos acerca de dos nuevas ciencias.** Buenos Aires: Losadas, 1945.
- GASPAR, A. **Experiências de ciências.** São Paulo: Ática, 2003.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Hodson, D. (2000). **Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências.** Braga: Universidade do Minho.
- KOYRÉ, A. **Estudos históricos do pensamento científico.** Rio de Janeiro: Forense-Universitaria, 1982.
- LABURÚ, Carlos Eduardo; DE MELLO ARRUDA, Sérgio; NARDI, Roberto. **PLURALISMO METODOLÓGICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS** *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.
- LAZAROWITZ, R.; TAMIR, P. **Research on using laboratory instruction in Science.** In GABEL, D. L. (Ed.). *Handbook of research on science teaching and learning.* New York (USA): MacMillan Publishing Company, 1994.
- LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências,** Florianópolis (SC), v. 3, n. 1, p. 1-17, jun. 2001.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 1986.
- MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador.** 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa.** Brasília: Ed. UNB, 1999.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa.** São Paulo: Centauro, 2010.
- MOREIRA, M. A. **Negociação de significados e aprendizagem significativa.** *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 1, n. 2, p. 2-13, dez. 2008.
- MOREIRA, M. A. (1999). **Aprendizagem significativa.** Brasília: Editora Universidade de Brasília.

- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 2012. 2013.
- NEVES, M. C. D. **Uma perspectiva fenomenológica para o professor em sua expressão do: “o que é isto, a ciência?”**. Campinas. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- NEVES, M. C. D.; PEREIRA, R. F. **Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vó humano**. Maringá (PR): Massoni; /SPBC-MCT, 2006. v. 1, p. 9-14.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares de Educação Física para os Anos Finais do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio**. Curitiba: SEED, 2008.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares de Educação Física para os Anos Finais do Ensino Fundamental e para o Ensino Fundamental**. Curitiba: SEED, 2008.
- PERELMAN, Y. **Física recreativa**. 5. ed. Moscou (RUS): Mir, 1988. 2 v.
- RESQUETTI, S. O.; NEVES, M. C. D. **Galileu e sua obra no ensino de física hoje**. Maringá (PR): Ed. UEM, 2011.
- SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula, um desafio pedagógico**. Lisboa (POR): Livros Horizontes, 1991.
- SARAIVA-NEVES, M; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: um estudo exploratório**. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 3, p. 383-401, 2006.
- SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da experimentação no ensino da física**. *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, Florianópolis, v. 20, n. 1, p.30-42, abr. 2003.
- SILVA, E.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- VYGOTSKY, L. **A formação social da mente**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte (MG), v. 13, n. 3, p. 67-80, set. 2011.

<http://www.sbfisica.org.br/v1/> acesso 15/03/2013