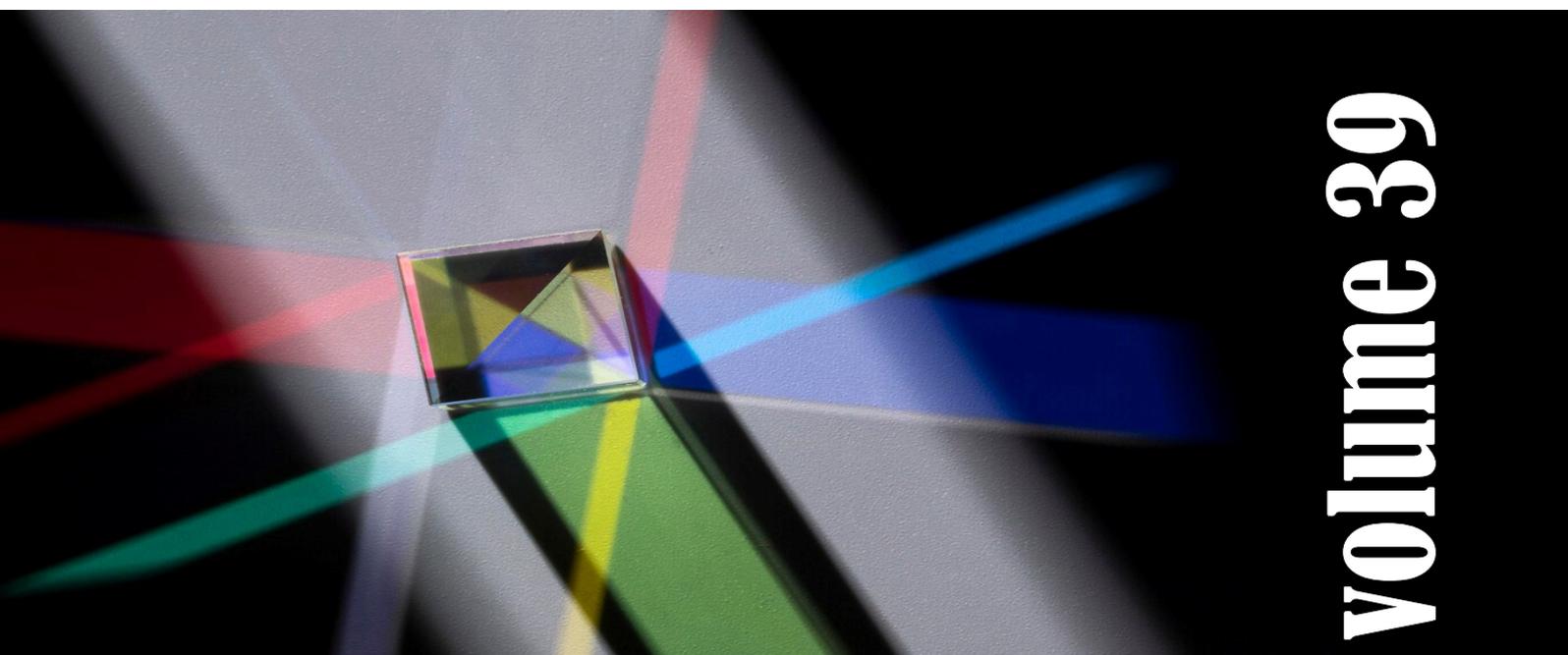


**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**PPGF**  
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva  
André Vitor Chaves de Andrade  
André Maurício Brinatti  
Antônio Sérgio Magalhães de Castro  
Jeremias Borges da Silva  
(organizadores)

**Elisiane Campos Oliveira Albrecht  
André Vitor Chaves de Andrade**



**Volume 39**

**Refração da luz sem o Uso de Laser:  
Uma Proposta de Sequência Didática  
Baseada em Unidade de Ensino  
Potencialmente Significativa para o Ensino  
de Refração da Luz**

**SÉRIE  
Produtos Educacionais em Ensino de Física**

SÉRIE:  
**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

Volume 39

ELISIANE CAMPOS OLIVEIRA ALBRECHT

ANDRÉ VITOR CHAVES DE ANDRADE

Refração da luz sem o Uso de  
Laser: Uma Proposta de  
Sequência Didática Baseada  
em Unidade de Ensino  
Potencialmente Significativa  
para o Ensino de Refração da  
Luz

Silvio Luiz Rutz da Silva  
André Maurício Brinatti  
André Vitor Chaves de Andrade  
Antônio Sérgio Magalhães de Castro  
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

# **UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA**

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto  
**REITOR**

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate  
**VICE-REITOR**

Prof. Dr. Renê Francisco Hellman  
**PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO**

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

### *Colegiado*

Prof. Dr. Paulo César Facin (Coordenador)  
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Vice-Coodenador*)  
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)  
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)  
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Titular*)  
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (*Suplente*)  
Prof. Dr. Julio Flemming Neto (*Suplente*)

SÉRIE:

## **PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748  
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ  
[ppgef.sites.uepg.br](http://ppgef.sites.uepg.br)

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

Prof. Dr. Ademar de Oliveira Ferreira (IFPR)  
Prof. Dr. André Assmann (UNIOESTE)  
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)  
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)  
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)  
Prof. Dr. Celso Araújo Duarte (UFPR)  
Prof. Dr. Danilo Augusto Ferreira de Jesus (IFPR)  
Prof. Dr. Gélson Biscaia de Souza (UEPG)  
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)  
Prof. Dra. Hatsumi Mukai (UEM)  
Prof. Dr. Hercília Alves Pereira de Carvalho (UFPR)  
Prof. Dra. Jaqueline Pavelegine de Medeiros (SEED-PR)  
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)  
Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves (UTFPR)  
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)  
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)  
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)  
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)  
Prof. Dr. Milton Thiago Schivani Alves (UFRN)  
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)  
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)  
Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab (UEPG)  
Prof. Dra. Silvana Perez (UFPA)  
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



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

# PREFÁCIO

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

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

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

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

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

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

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

***Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva***

***Prof. Dr. André Maurício Brinatti***

***Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade***

***Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro***

***Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva***

*Organizadores*

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....	8
CAPÍTULO 2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	11
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	11
2.2 MAPAS CONCEITUAIS .....	14
CAPÍTULO 3 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA	17
CAPÍTULO 4 REFRAÇÃO DA LUZ.....	14
4.1 ÓPTICA, UMA BREVE INTRODUÇÃO.....	14
4.2 REFRAÇÃO DA LUZ.....	15
4.3 SEMIDISCO TRANSPARENTE .....	23
4.4 LÂMINA DE FACES PARALELAS .....	24
4.5 PRISMAS ÓPTICOS .....	27
CAPÍTULO 5 SUGESTÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA, UEPS. ....	14
5.1 UEPS DESENVOLVIDA PELA AUTORA.....	14
CAPÍTULO 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	18
REFERÊNCIAS.....	20
Apêndice A - Plano da UEPS.....	23
Apêndice B - Plano de aula do momento introdutório. ....	28
Apêndice C: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato de semidisco. ....	31
Apêndice D: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de semidisco. ....	34
Apêndice E: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato da lâmina de face paralelas.....	38
Apêndice F: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de lâmina de faces paralelas. ....	42
Apêndice G: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato de prisma. ....	46
Apêndice H: Roteiro da atividade experimental com a peça no formato de prisma. ....	50
Apêndice I: Plano de aula da Conclusão da UEPS.....	54

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional teve a origem em um projeto de dissertação de mestrado, do programa de mestrado profissional em Ensino de Física da UEPG. O Projeto visava desenvolver uma sequência didática baseada nas teorias da aprendizagem significativa, para o ensino dos conceitos físicos que envolvem o estudo da refração da luz em peças de acrílico nos formatos de prisma, semidisco e lâmina de faces paralelas. Para o desenvolvimento desta sequência didática foi feito um levantamento na literatura sobre os assuntos: ensino de física, refração da luz, aprendizagem significativa, mapas conceituais e unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). Após este levantamento foi desenvolvida uma UEPS e aplicada em uma turma de terceiro ano do ensino médio e, desta aplicação, surgiu a ideia de produzir um material referente ao tema que possa ser utilizado como subsídio no ensino da refração da luz.

No contexto do ensino de física é importante que os docentes estejam atentos aos que os documentos orientam. Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE) do Estado do Paraná, a Física é uma disciplina que possibilita apresentar aos discentes modelos elaborados pelos homens com o objetivo de explicar e entender a natureza (PARANÁ, 2008). A Física pode ser entendida, então, com uma tentativa do ser humano de compreender o Universo ao seu redor.

Tomando este sentido de compreensão, o ensino de Física no ensino médio deve permitir aos alunos o acesso às ferramentas que dispõe a Ciência de observar, analisar e interpretar o mundo que o cerca, tanto o mundo natural quanto o tecnológico.

Na maioria das vezes, a Física do Ensino Médio se resume a um amontoado de fórmulas que servem apenas para resolver exercícios de um livro cujo objetivo principal é a preparação para exames de acesso às universidades. Nesse quadro, é necessária uma mudança de postura do professor. A Física

deve ser apresentada como uma construção humana – historicamente e socialmente construída. Deve fazer sentido para o aluno, deve ser significativa.

Segundo Moreira (2021), o maior desafio é despertar o interesse dos alunos pela física. É necessário desenraizar os preconceitos existentes, por isso é essencial que o educador tenha em mente que no processo ensino-aprendizagem são inúmeros os fatores que devem ser considerados, desde os métodos de ensino empregados pelo professor até os materiais a serem utilizados. Como mostra o estudo de Rezende, Osterman e Ferraz (2009), são muitos os trabalhos que se debruçam em analisar esses fatores diversos, propondo referenciais e metodologias que visam favorecer a aprendizagem.

Dentre essas propostas encontram-se os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A TAS tem como objetivo utilizar o que já é de conhecimento do discente como uma âncora para o novo conhecimento a ser apresentado. Os princípios da TAS levam em consideração aquilo que já está na estrutura cognitiva do aprendiz (os subsunçores), valorizando e permitindo uma relação de troca e resignificação com o novo conhecimento (MOREIRA, 2010).

A óptica, foi a área da física definida para ser abordada neste material, pelo seu grande potencial para permitir uma aproximação dos discentes com os conceitos físicos e suas aplicações no mundo natural e tecnológico, como sugere a BNCC. A escolha se dá por esta ser uma área do conhecimento que está muito presente no cotidiano dos estudantes e por estimular a curiosidade. Dessa forma, há vários subsunçores na estrutura cognitiva dos alunos que podem ser resignificados com o novo conhecimento, o conhecimento científico: os espelhos planos e a formação de imagens, o uso dos óculos, o lápis que “quebra” dentro do copo d’água, o arco-íris, a miragem etc.

A proposta desenvolvida que originou este produto educacional teve origem nas aulas de experimentação na disciplina Atividades Experimentais para o Ensino Médio e Fundamental ministradas pelo professor André, que contribuíram ainda mais para aumentar meu interesse pelo tema óptica.

O que se segue, então, é uma sequência didática, no formato de UEPS, na qual tem o objetivo em abordar uma parte específica da óptica, a refração da

luz, sob a perspectiva da TAS. Nesta UEPS a ideia é analisar o comportamento do raio de luz ao atravessar objetos transparentes com diferentes formatos de forma a ancorar o novo conhecimento aos subsunçores que os alunos já apresentam quando se trata de refração da luz e assim, dar a possibilidade de que a aprendizagem seja significativa

A intenção deste produto educacional é proporcionar ao docente de física um material ao qual ele poderá usar em suas aulas de física no ensino da óptica, no que tange a refração da luz com as primícias da TAS.

Sabe-se que existem diversos materiais e ferramentas disponíveis de fácil acesso aos docentes de física, a ideia deste material é apresentar uma sequência didática baseada na TAS, assim como disponibilizar um material de baixo custo que permita o professor trabalhar com seus discentes o fenômeno de refração da luz com materiais tais como lápis de cor, folhas de papel sulfite.

Durante a apresentação da sugestão da UEPS a autora deste traz a proposta do uso de mapas conceituais como forma de avaliação e atividade de desenvolvimento cognitivo, a mesma não usou recursos computacionais, tais como Cmap Tools ou outros meios tecnológicos os quais permitam o docente e seus discentes confeccionar seus mapas conceituais utilizando de todas as ferramentas presentes nestes meios, mas isto não impede que o professor possa inserir os recursos computacionais em sua aplicação da UEPS.

## CAPÍTULO 2 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

### 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo a TAS, a aprendizagem é o processo no qual o discente obtém novos conhecimentos, novas habilidades ou novas conexões com aquilo que já existe no seu sistema cognitivo. Um dos maiores desafios deste processo é conseguir ter evidências que os discentes realmente aprenderam, sendo assim é necessário que o educador busque diferentes maneiras para alcançar este objetivo.

A aprendizagem significativa pode ser citada como uma destas metodologias que visam fortalecer a aprendizagem do discente. Mas, afinal, o que é aprendizagem significativa? Essa teoria tem origem na década de 1960 com as publicações dos trabalhos do psicólogo estadunidense David Ausubel e do educador Joseph Novak. Segundo o autor Marco A. Moreira (2011, p.13, grifo nosso) pode-se dizer que:

“(...) é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira **substantiva** e **não arbitrária** com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende”

Sendo assim, na aprendizagem significativa, o discente tem um papel importantíssimo, não sendo um simples receptor, mas alguém que já tem uma vivência, saberes, informações e conhecimentos, que devem ser considerados no momento em que o educador pretende ensiná-lo algo novo.

Para ocorrer a aprendizagem no discente é necessário que ocorra uma modificação em seu cognitivo, ou seja, os conhecimentos que estão presentes associam-se com os novos conhecimentos, gerando novas estruturas, novas conexões. Para tanto, o discente deve desempenhar um papel diferente do de espectador, devendo fazer parte do seu processo de aprendizagem nas palavras de Moreira (2011), o aprendiz deve **querer** aprender, ter uma predisposição àquilo que vai ser ensinado.

A aprendizagem significativa diferencia-se da aprendizagem mecânica, ou seja, aquela que busca ensinar os discentes através da memorização. Existem muitas evidências que essa aprendizagem não permite aos discentes modificar o seu cognitivo, mas sim que eles memorizam determinado assunto, tema, conceito para realização de uma atividade avaliativa e após, esta informação é descartada ou ela permanece na estrutura cognitiva, porém não é relevante a novos conhecimentos, assim acabam por não se relacionar.

Segundo Moreira (2011), Ausubel considerava que a variável mais importante para a aprendizagem, isoladamente, é o conhecimento que está no cognitivo do discente, a este é dado o nome de subsunçor. É importante ressaltar que esse pode ser um exemplo, um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, mas deve ser especificamente relevante.

Os subsunçores presentes no cognitivo dos discentes podem estar mais ou menos estabelecidos, é necessário que o educador busque fazer o levantamento dos subsunçores referentes ao assunto a ser ensinado e analise as complexidades destes, pois pode ocorrer casos em que os discentes apresentem, mas estes podem possuir relações não assertivas, pode ser que estes tenham uma maior ou menor estabilidade, e pode ocorrer casos que mesmo com a vivência do discente ele não possua conhecimentos prévios relevantes ao tema estudado. Ainda segundo Moreira (2011, p. 14):

"A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre os conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva."

A aprendizagem significativa possibilita, progressivamente, que os subsunçores sofram modificações através das interações entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, fazendo com que o subsunçor se torne mais rico em significados, mais estável e mais relevante à estrutura cognitiva, podendo assim facilitar novas aprendizagens, Moreira (2011). Pois, de acordo com autores Ausubel, Novak e Hanesian, a aprendizagem significativa:

“envolve a aquisição de novos significados e os novos significados, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, a emergência de novos significados no aluno reflete o complemento de um processo de aprendizagem significativa.” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p. 34)

A aprendizagem significativa apresenta três formas, a aprendizagem significativa superordenada, a aprendizagem significativa subordinada e a aprendizagem de modo combinatório. A primeira consiste em uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passando a subordinar conhecimentos prévios. A segunda, e mais típica, é aquela na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante. E a última é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, Moreira (2011).

Juntamente à aprendizagem significativa está vinculado o uso de materiais potencialmente significativos, que segundo Moreira (2011) não são meras ferramentas. É importante que ao se propor metodologias diferenciadas, os docentes busquem usar imagens, slides, fotos, objetos, quadros, experimentos, que possuam significados para os estudantes, e não somente um significado representativo.

Dizer que um material é potencialmente significativo quer dizer que este gera nos estudantes interações cognitivas que permitem desenvolver um significado ou uma nova interação com aquilo que já está presente em seu cognitivo. O material apresentado ao estudante não deve ser feito de uma maneira arbitrária e liberal, pois esta resulta em uma aprendizagem não significativa, ou seja, uma aprendizagem mecânica e automática.

Ademais, em relação à potencialidade dos materiais, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destacam seu caráter individual, sua particularidade para cada sujeito. Assim, a potencialidade de um material em ser significativo para um certo indivíduo não está ligada apenas à presença dos conhecimentos no seu cognitivo, mas sim que estes conhecimentos sejam relevantes e possam se

relacionar com o material proposto para que assim ocorra de fato a aprendizagem, segundo os autores Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.37)

“A aquisição de significados enquanto fenômeno natural ocorre em seres humanos particulares - não na espécie humana de uma maneira geral. Portanto, para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é suficiente que as novas informações sejam simplesmente relacionadas (de forma não arbitrária e substantiva) a ideias correspondentemente relevantes no sentido abstrato do termo (a ideias correspondentemente relevantes que alguns seres humanos estão aptos a aprender sob circunstâncias apropriadas); é também necessário que o conteúdo ideacional relevante esteja disponível na estrutura cognitiva de um *determinado* aluno.” (grifo dos autores)

A aprendizagem significativa passa por processos que concebem a aquisição de novos conhecimentos, assim como a modificação dos já existentes na estrutura cognitiva dos discentes, sendo assim pode se citar dois processos principais, são eles: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

A diferenciação progressiva consiste na utilização de um subsunçor diversas vezes, progressivamente, para a aquisição de novos significados aos conhecimentos. Na medida que vai se utilizando este subsunçor ele vai ganhando mais significados, ficando cada vez mais rico, mais refinado e mais relevante, podendo servir de âncora para as novas aprendizagens significativas. (Moreira, 2011). No que tange a reconciliação integradora, é um processo simultâneo ao da diferenciação progressiva, na dinâmica da estrutura cognitiva, que possibilita superordenação integrando significados, resolvendo inconsistências, eliminando diferenças aparentes (Moreira, 2011).

## 2.2 MAPAS CONCEITUAIS

Uma ferramenta que está fortemente ligada à aprendizagem significativa é o mapa conceitual. Esse instrumento consiste, segundo Novak, “em um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições”, uma ferramenta gráfica para a organização e representação do conhecimento (Novak, 1996) que mostram uma

hierarquização entre os conceitos. Identificar os conceitos chave e as relações entre eles aperfeiçoa a interpretação dos estudantes sobre os objetos que o cercam e os acontecimentos que observam (Novak, 1996).

Ao utilizar os mapas conceituais é importante que se tenha claro em mente que existe uma grande diferença entre os mapas mentais, os mapas conceituais e os diagramas VÊ. Nos mapas mentais são encontrados conceitos que são associacionistas, estes não se ocupam com as relações entre os conceitos e incluem objetos de estudos que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Já os diagramas Vê ou Vê epistemológico são considerados instrumentos heurísticos que permitem uma análise na estrutura e no processo de construção do conceito a ser estudado.

Nos mapas conceituais são apresentados conceitos e proposições que podem ser palavras ou frases que tem por função interligar os conceitos entre si mostrando as relações existentes. Geralmente os conceitos são dispostos dentro de quadros ou círculos, enquanto as proposições são colocadas sobre linhas que os interligam (Novak e Cañas, 2010). Vale ressaltar, ainda segundo os autores, “que as proposições são enunciados sobre algum objeto ou evento no Universo, seja ele natural ou artificial.”

Os mapas conceituais têm se mostrado uma excelente ferramenta para facilitar a negociação, construção e aquisição de significados. (Moreira, 2010) e podem ser úteis em vários momentos do processo ensino-aprendizagem, desde um organizador prévio, recurso na aprendizagem, atividades e até mesmo uma forma de avaliação. Confeccionar um mapa conceitual possibilita ao discente estabelecer diversas relações hierárquicas entre os conhecimentos, pois durante a elaboração deverá lembrar-se de que “os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles.” Novak (1996). Ainda segundo o autor, “os mapas conceituais realçam visualmente tanto as relações hierárquicas entre os conceitos e as proposições como as ligações cruzadas entre grupos de conceitos e proposições.”

Quando se fala do uso do mapa conceitual no processo de aprendizagem é importante que aquele que o elaborou faça uma apresentação do seu mapa para outras pessoas, para que assim possa externalizar os significados presentes em seu mapas, ou seja, caso um educador utilize a montagem de mapas conceituais durante suas aulas, é conveniente que, em seguida, possibilite um discussão entre os discentes sobre suas produções, para que possam diferenciar, reconciliar e assimilar os conhecimentos abordados.

Como um instrumento de avaliação os mapas conceituais se mostram bastante eficazes, uma vez que podem demonstrar a organização estrutural no cognitivo do discente. Como já mencionado, a aprendizagem se dá pela mudança na estrutura cognitiva dos discentes sendo assim, “os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva.”, segundo Novak.

Convém que o mapa conceitual seja construído com uma boa estrutura hierárquica e uma boa caracterização entre as novas ligações. Outra característica importante na produção dos mapas conceituais é que sejam elaborados a partir de uma questão particular que se procura responder, o que possibilita uma compreensão maior daquilo que está sendo aprendido (Novak e Cañas, 2010).

Atualmente existe vários recursos digitais que facilitam a confecção dos mapas conceituais, uma ferramenta muito utilizada desde estudantes do ensino básico, centro universitário ou até mesmo centros de pesquisa se destaca o Cmap Tools. Dentre os diversos recursos disponibilizados pelo Cmap tools existe a possibilidade de armazenamento dos mapas confeccionados, o trabalho em grupo, ou seja, os estudantes podem trabalhar em conjunto na montagem dos mapas conceituais, além de permitir que estes fiquem arquivados na rede possibilitando o docente realizar uma avaliação do desenvolvimento de seus discentes através dos mesmos. O cmap tools possui uma ferramenta “comparar mapas conceituais” que proporciona uma comparação de um mapa conceitual elaborado por um especialista para um determinado assunto de mapas feitos por estudantes, favorecendo ainda mais no momento da avaliação.

### **CAPÍTULO 3 A UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA**

Para a abordagem do tema refração da luz com os estudantes foi desenvolvida uma sequência didática com base nas propostas de construção desenvolvidas pelo professor Marco Antônio Moreira, caracterizada como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS).

Uma UEPS consiste, basicamente, em uma sequência didática que tem fundamentos na TAS, que busca estimular o estudante a uma aprendizagem significativa e não memorística. Para realização de uma UEPS o docente tem que ter em mente que precisará trabalhar em seus estudantes princípios tais como a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a negociação de significados e organizadores prévios.

Segundo Moreira (2011, p. 2), para o desenvolvimento de uma UEPS é necessário ponderar sobre três pontos:

“Objetivo: desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental.

Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino que busquem essa aprendizagem devem ser potencialmente significativos.

Marco teórico: a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009), as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981), a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987), a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004), a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).”

Além de refletir sobre estes três pontos os docentes, ainda segundo Moreira (2011), deve-se ter em mente os princípios apresentados no QUADRO 1:

Quadro 1 - Princípios para construção de uma UEPS

Teórico(s)	Princípios
Ausubel	O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa.
	A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino.
Ausubel; Gowin	É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento;
Gowin	Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino.
	Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo.
Johnson-Laird	Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação
Moreira	A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica.
	A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno.
	Situações-problema pode funcionar como organizadores prévios.
	Organizadores prévios mostram a relacionalidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios.
	A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva.
Novak	Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa.
Vergnaud	São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos; elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa.
	As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.
Vergnaud; Gowin	O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno.
Vygotsky; Gowin	A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados.

Fonte: Adaptado de MOREIRA, Marco. A. Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. Aprendizagem Significativa em Revista. Rio Grande do Sul, V.1 n.2 pp 43 – 63, 2011.

Ante o exposto, Moreira (2011) sugere ao docente seguir alguns passos na construção da UEPS:

- Definir o tópico específico;
- Criar/propor situações;
- Propor situação problemas;
- Uma vez apresentado as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado;
- Retomar aspectos mais gerais, em continuidade;
- Conclusão da Unidade;
- Avaliação.

O docente necessita ter bem claro estes pontos, pois existem detalhes que fazem muita diferença no momento da execução da UEPS. Por exemplo, no segundo passo, nas palavras de Moreira (2011), as situações propostas devem levar o aprendiz “a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta”. Outro ponto relacionado às situações-problema, que em um primeiro momento precisam ser de nível introdutório, com o objetivo de preparar o terreno para o tema que se pretende ensinar, sempre buscando evidenciar aquilo que o estudante já conhece.

Após estabelecer e trabalhar as situações iniciais, o docente pode apresentar o tema que deseja ensinar/aprender, buscando sempre a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. É sempre importante buscar os aspectos mais gerais e estruturantes do tema estudado com uma nova visão, possibilitando ao estudante analisar, reorganizar e, até mesmo, gerar novos subsunçores.

Outro fator muito importante para a aplicação da UEPS é a forma de avaliação, uma vez que o que se busca é uma aprendizagem significativa. A avaliação deve ser diferenciada, baseada nos princípios da TAS, ou seja, nada de atividades que priorizem a memorização por si só, é necessário que a

avaliação apresente situações as quais evidenciem que houve uma modificação naquilo que já existia no cognitivo do sujeito da aprendizagem. Vale ressaltar que a avaliação é um processo progressivo, e que o docente a todo momento deve estar atento à reorganização cognitiva dos estudantes, visando analisar as prováveis mudanças sofridas. Desse modo, as atividades podem e devem ser formativas e somativas.

## CAPÍTULO 4 REFRAÇÃO DA LUZ

### 4.1 ÓPTICA, UMA BREVE INTRODUÇÃO

A área de estudo responsável pela análise do comportamento dos fenômenos relacionados a luz é conhecida como óptica, nesta área são abordados os temas tais como os fenômenos de reflexão, refração, dispersão, difração, interferência e o comportamento da luz.

Os fenômenos ópticos são objetos de curiosidades desde a Antiguidade, pensadores como Platão (427-347 a.C.), Aristóteles (384-322 a.C.) e, mais tarde, Alhazen (965-1040) buscaram responder perguntas relacionadas à luz, à visão e ao comportamento da luz em diferentes meios (BARROS; CARVALHO, 1998). Também o céu e as estrelas chamam a atenção dos seres humanos desde os tempos antigos, e um dos saltos no conhecimento da nossa espécie nesse tópico se deu por volta de 1609, com Galileu Galilei construindo uma luneta e apontando para o céu, o que o permitiu ver mais longe que muitos daquela época.

Vale evidenciar que “Galileu não inventou o telescópio<sup>1</sup> e nunca afirmou tê-lo feito” (PIRES, 2011, p. 118), seus méritos são: ser o sujeito que “transformou o telescópio em um poderoso instrumento de pesquisa e foi o primeiro a publicar uma descrição do Universo visto através dele.” (PIRES, idem). Também Paolo Rossi (2001) traz em seu livro extratos da construção da ciência moderna ocidental, destacando relatos referentes às consequências do gesto de Galilei de apontar sua luneta para o céu.

É atribuída a ele, por volta de 1610, a primeira observação dos anéis de Saturno, as crateras da Lua, bem como a primeira de observação de quatro Luas de Júpiter, hoje conhecidas como as Luas Galileanas, corroborando o modelo heliocêntrico copernicano. (Rossi, 2001). Neste período também houve outros destaques para óptica, um desses foi René Descartes (1596-1650) que

---

<sup>1</sup> Ainda segundo Antônio T. S. Pires (2011) “o aparelho foi chamado originalmente de *perspicillum*, a palavra telescópio foi criada em 1611).”

independentemente de Willebröd Snell (1580-1626) formulou a lei da refração da luz. Uma vez que os dois cientistas chegaram à mesma conclusão, apesar de não trabalharem juntos, hoje a segunda lei da refração recebe o nome dos dois, ou seja, Lei de Snell-Descartes.

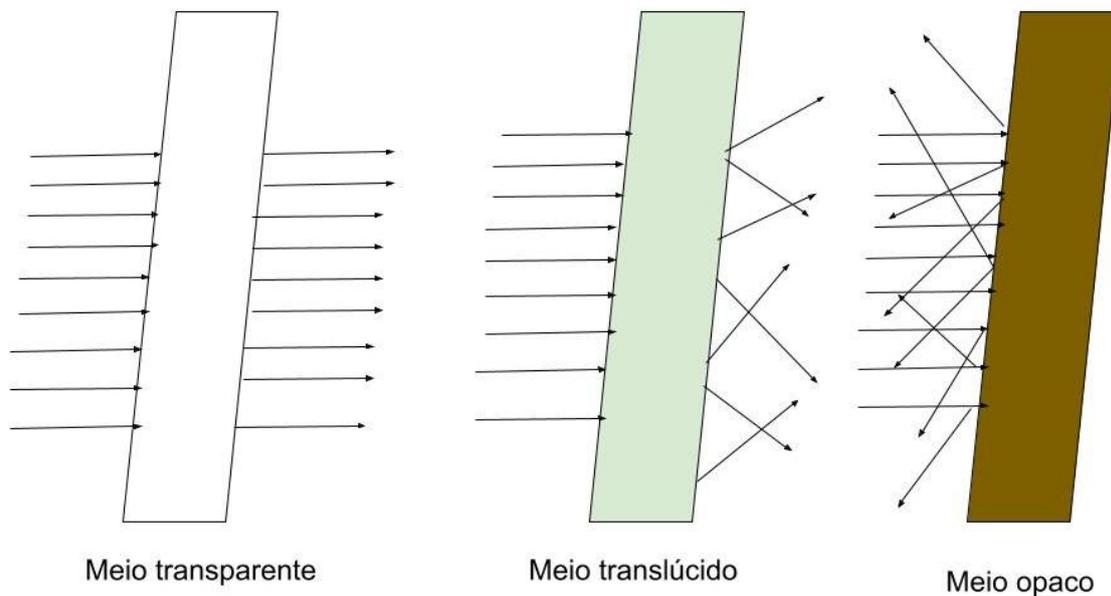
Esta área do conhecimento teve também outros grandes colaboradores em sua história, como Pierre Fermat (1601-1665), Isaac Newton (1643-1727), Christian Huygens (1629-1695), Thomas Young (1773-1829), Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896), Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868), Albert Abraham Michelson (1852-1931) e James Clerk Maxwell (1831-1879) (MELO; PEDUZZI, 2007). No decorrer dos séculos discutiu-se o comportamento e a natureza da luz; fenômenos como interferência, difração, dispersão; realizaram-se experimentos para verificação da velocidade da luz, entre outras contribuições e descobertas.

## 4.2 REFRAÇÃO DA LUZ

A luz viaja pelo vácuo com uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s, este valor foi estabelecido através de experimentos no decorrer da história. Os valores encontrados nessas experiências concordam com boa precisão com o valor teórico previsto pela Teoria Eletromagnética decorrente dos trabalhos de Maxwell, que permitiram concluir que a luz tem um comportamento de onda eletromagnética.

Na óptica é feita uma diferença entre os meios de propagação da luz, sendo que há os meios transparentes, translúcidos e opacos, conforme a Figura 1. Os meios transparentes são caracterizados por permitirem que a luz se propague por eles em linha reta, nos meios translúcidos a luz se propaga de forma irregular, enquanto os meios opacos não permitem a propagação da luz por eles. Vidro, água e glicerina são exemplos de meios transparentes, já o metal, a madeira e a borracha são definidas como meios opacos e vidros foscos, papel vegetal são materiais translúcidos.

Figura 1: Representação dos meios materiais.



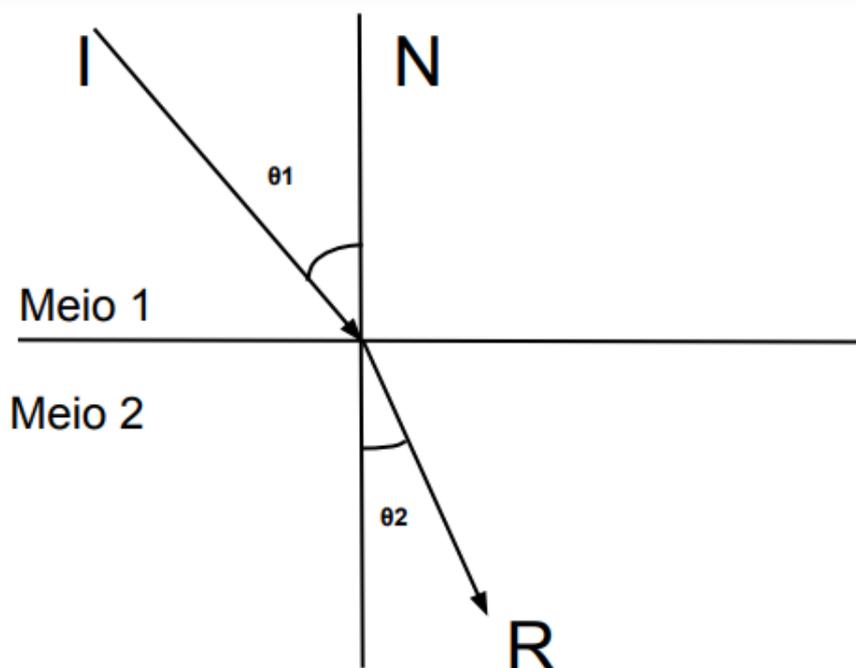
Fonte: A autora 2021

A óptica geométrica se baseia em três princípios:

- I- **Princípio da propagação retilínea da luz:** Em meios transparentes e homogêneos a luz se propaga em linha reta.
- II- **Princípio da independência dos raios de luz:** Dois ou mais raios seguem suas trajetórias independentemente um do outro, após se cruzarem.
- III- **Princípio da reversibilidade dos raios de luz:** a trajetória do raio de luz é a mesma, quando a luz troca de sentido.

A refração da luz se dá pela passagem da luz de um meio material para outro, ocasionando à mudança da velocidade da luz e em alguns casos a mudança da direção de propagação da luz, como está apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Representação de raio de luz incidente (I) sobre um plano fictício, a reta normal à superfície de separação entre os diferentes meios de propagação da luz, reta normal (N) a esta superfície e o raio refratado ao



passar pelo meio 2.

Fonte: A autora, 2021.

Mas o que faz com que a luz mude sua velocidade ao passar de um meio material para outro? A característica responsável por mensurar essa mudança está associada à grandeza física conhecida como índice de refração absoluto ( $n$ ), ou seja, a dificuldade que a luz encontra ao se propagar por um material. Pode-se dizer que um meio é mais refringente ou menos refringente devido a esta característica. O índice de refração absoluto de um meio pode ser representado matematicamente pela razão entre a velocidade luz no vácuo ( $c$ ) e a velocidade da luz ( $v$ ) no meio que ela está se propagando, conforme (1)

$$n = c/v \quad (1)$$

O índice de refração da luz possibilita fazer uma comparação entre a velocidade da luz no meio ( $v$ ) e a velocidade da luz no vácuo ( $c$ ). Onde os meios que são chamados de mais refringentes são aqueles nos quais a luz propaga-se com uma menor velocidade, possuindo assim uma maior refringência, ou seja, um índice de refração maior. Já aqueles com menor refringência, maior

velocidade de propagação da luz. Em síntese, esse número característico do meio possibilita identificar quantas vezes a velocidade da luz no vácuo é maior que a velocidade da luz no meio estudado.

Outro aspecto interessante ligado ao índice de refração absoluto da luz de um meio, é que ele está relacionado à frequência (cor) da radiação luminosa que se propaga pelo meio, apresentando diferentes índices de refração absolutos para diferentes cores da luz. O maior valor do índice de refração da luz ocorre para a cor violeta e o menor para a luz vermelha. Essa propriedade é a responsável pela formação do arco-íris (dispersão da luz branca).

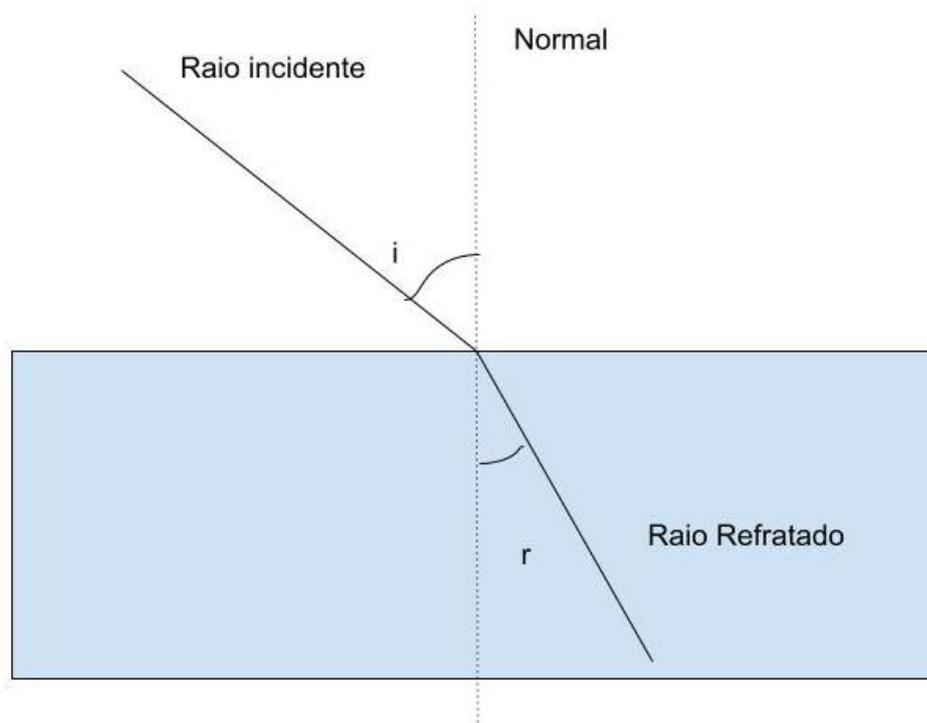
A refração é um fenômeno muito presente em nosso cotidiano desde uma simples observação dos objetos, até mesmo as altas tecnologias presentes nos lasers, nos equipamentos médicos e nos mais sofisticados telescópios.

#### 4.2.1 As leis da refração

A refração da luz pode ser descrita através de duas leis, que são chamadas as leis da refração da luz.

A primeira lei da refração diz que o raio de luz incidente, ou seja, aquele que incide na superfície que separa os meios, a reta normal, aquela que sempre faz um ângulo perpendicular (ângulo de  $90^\circ$ ) com a superfície separadora, e o raio de luz refratado, aquele que se propaga no segundo meio, estão sempre contidos no mesmo plano, ou seja, são coplanares, Figura 3.

Figura 3: Representação da 1ª. Lei da Refração da luz, apresentado o raio incidente, o raio refratado, a reta normal e os ângulos incidente  $i$  e refração  $r$ , sendo o plano que contém estes é o plano da folha.



Fonte: A autora, 2021

A segunda lei da refração, também conhecida como lei de Snell-Descartes estabelece uma relação entre os ângulos do raio incidente e do raio refratado. Segundo Snell o quociente entre o seno do ângulo do raio incidente pelo seno do ângulo raio refratado é uma constante. Vale ressaltar que o ângulo do raio incidente, assim como do raio refratado são medidos em relação à reta normal, e não em relação à superfície que separa os meios.

A lei de Snell-Descartes pode ser descrita pela equação (2)

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2 \quad (2)$$

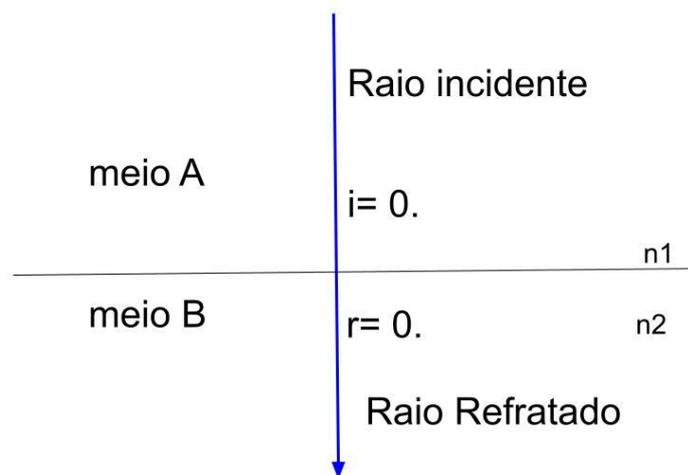
onde  $n_1$  é o índice de refração do meio de incidência,  $n_2$  é o índice de refração do meio de refração,  $\theta_1$  é o ângulo do raio incidente e  $\theta_2$  é o ângulo do raio refratado.

Como consequência da segunda lei da refração podemos observar que, quanto maior for o índice de refração absoluto de um meio menor será o ângulo, seja de incidência ou de refração, pertencente a este meio.

Analisando a lei de Snell-Descartes podemos extrair quatro situações:

- Incidência normal,  $\theta_1 = \theta_2 = 0^\circ$ . O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1 \neq n_2$ , apresentado na Figura 4.

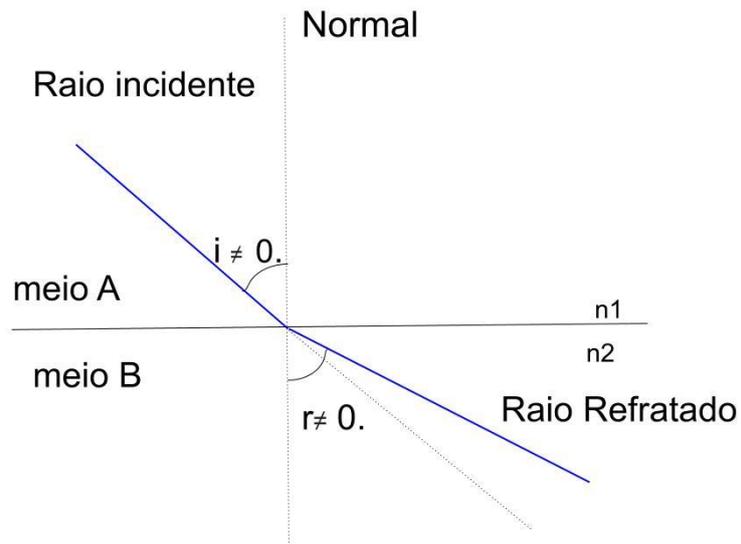
Figura 4: Representação do raio incidente incidindo a zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com zero grau, mesmo os meios A e B tendo índices de refração diferente.



Fonte: A autora, 2021.

- O raio de luz passa de um meio de maior refringência para um meio de menor refringência, assim o raio refratado se afasta da normal, com  $n_1 > n_2$ . Como apresentado na Figura 5.

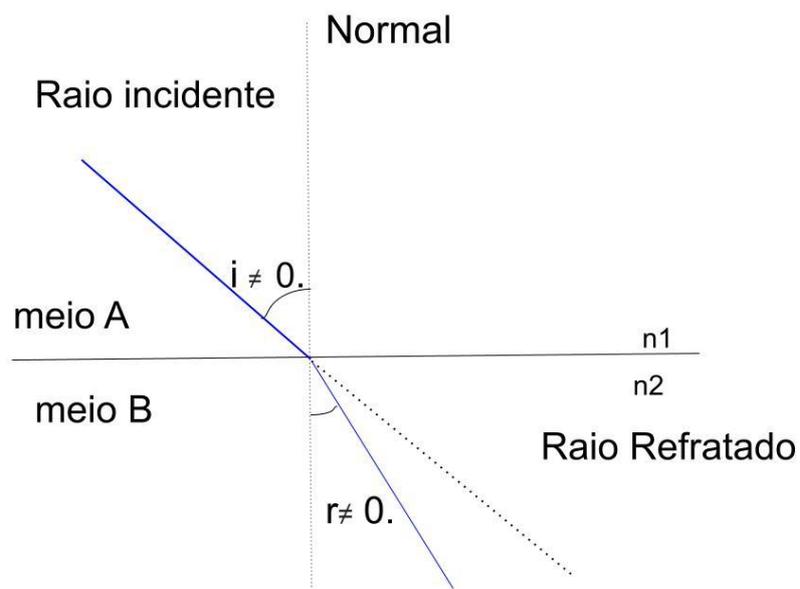
Figura 5: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferente.



Fonte: A autora, 2021

- O raio de luz passa de um meio de menor refração para um meio de maior refração, assim o raio refratado se aproxima da normal, quando  $n_1 < n_2$ , apresentado na Figura 6.

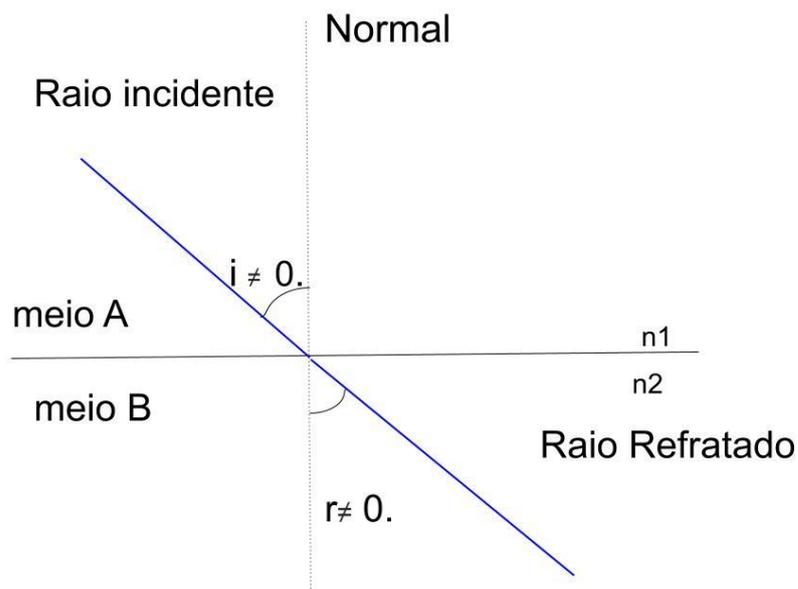
Figura 6: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente de zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferentes.



Fonte: A autora, 2021

- Se os índices de refração dos dois meios são iguais. O raio refratado não muda de direção, sendo  $n_1=n_2$ , observado na Figura 7.

Figura 7: Representação do raio incidente incidindo a um ângulo diferente zero grau com a reta normal, sendo assim o raio refratado refrata com um ângulo diferente de zero grau, onde os meios A e B possuem índices de refração diferentes.



Fonte: autora, 2021

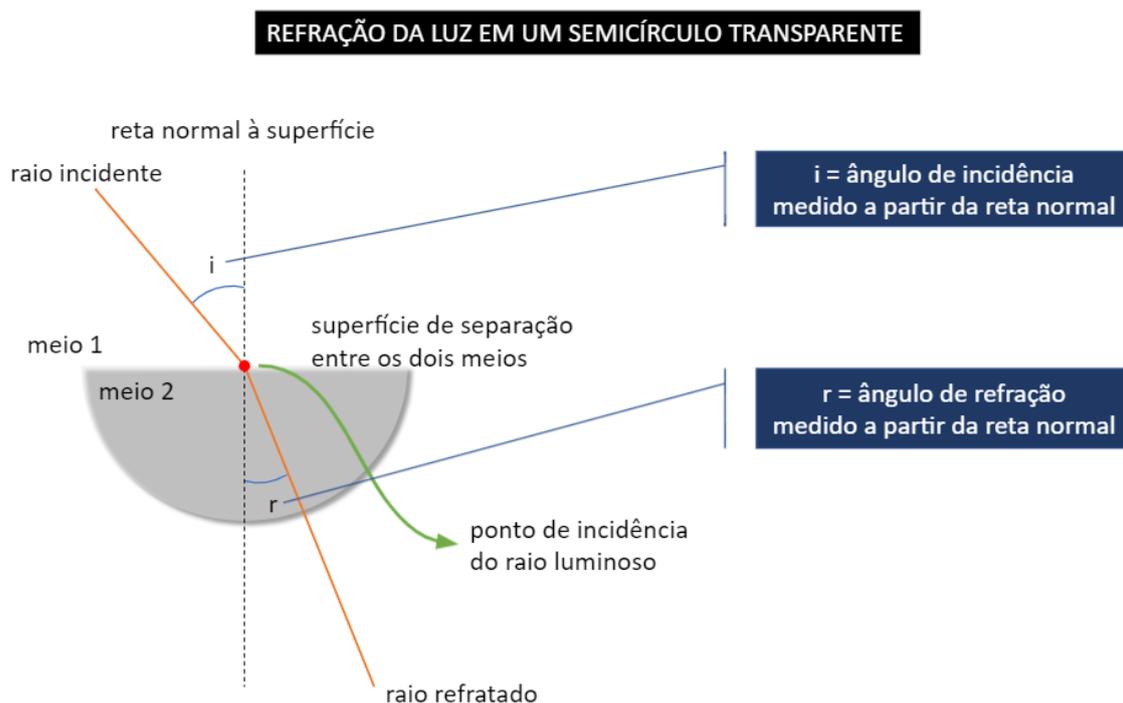
Nesse caso, como os meios apresentam a mesma refração, a luz não muda de velocidade ao passar do primeiro para o segundo meio, um é “invisível” ao outro. A esse fenômeno chamamos *continuidade óptica*.

Como já foi dito anteriormente o fenômeno de refração da luz possui diversas aplicabilidades no dia a dia, e para compreender melhor muitas destas se faz necessário o entendimento óptico de alguns objetos que permitem que a refração da luz ocorra em suas estruturas. Dentre muitos destes objetos ópticos podemos citar a lâmina de faces paralelas e o prisma que possui comportamentos ópticos bem específicos que serão detalhados a seguir.

### 4.3 SEMIDISCO TRANSPARENTE

O semidisco transparente é um instrumento óptico no formato de meia circunferência, na qual o raio de luz pode incidir em uma face e emergir na face seguinte, representado na Figura 8.

Figura 8: Representação do semidisco, com raio incidente, raio refratado e seus respectivos ângulos.



Fonte: Roteiro da aula experimental. Andrade, André V.

Ao incidir na superfície de separação entre os meios o raio de luz pode sofrer um desvio e refratar retornando para o meio de origem, como pode ser visto na Figura 8. Nesta figura é possível observar o raio incidente com seu respectivo ângulo de incidência, o raio refratado com seu ângulo de refração, assim como a superfície que separa os dois meios - o meio de refração, que é a peça de acrílico, e o meio onde ela está inserida (que, na maioria dos casos, é o ar).

Quando se tem um objeto como este, é possível através da segunda lei da refração determinar o índice de refração absoluto do meio material que constitui a peça. Para isto é necessário conhecer o índice de refração da luz

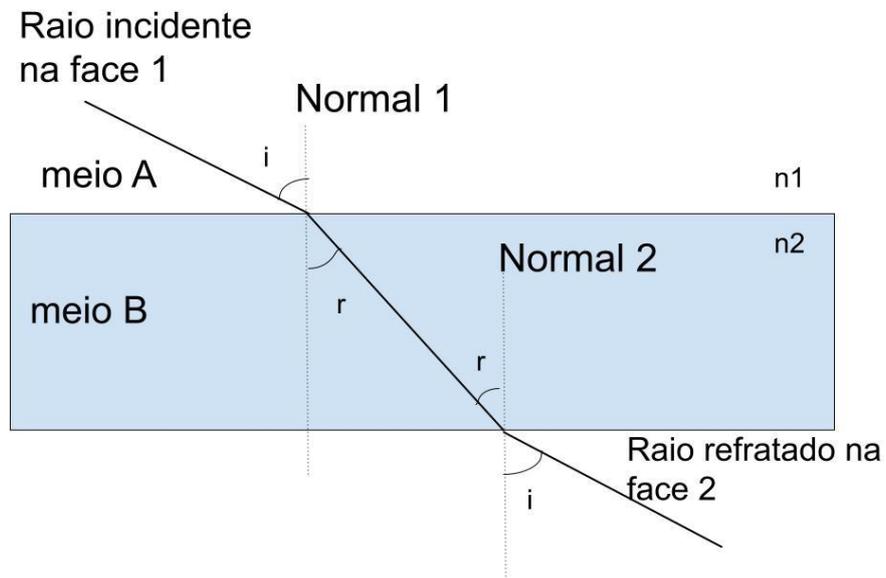
onde a peça está inserida, o ângulo de incidência e o ângulo de refração e assim aplica-se a equação 2, segunda lei da refração, para determinação do índice de refração da luz da peça. Assim como também é possível, através mesma lei, estabelecer os ângulos de incidência ou de refração, conforme a necessidade na situação.

#### 4.4 LÂMINA DE FACES PARALELAS

A lâmina de faces paralelas é um objeto óptico constituído por um meio material transparente no formato de uma fina placa que separa três meios materiais de estudo, a saber: o meio de entrada/incidência, o meio material que forma a lente, e o meio de saída/emergência (que é, normalmente, o mesmo de incidência). Um exemplo que se pode considerar é uma placa fina de vidro imersa no ar, ao se observar este exemplo é possível ver que a luz sofre sucessivas refrações em suas superfícies separadoras.

Nesta situação o raio de luz sofre dupla refração ao incidir na superfície separadora, a primeira ocorre na primeira interface (ar/vidro) e a segunda refração na segunda interface (vidro/ar). Devido ao princípio de Fermat, que diz que a luz ao percorrer uma distância entre dois pontos fará esta trajetória no menor tempo, o raio refratado dentro do vidro sofre um desvio de seu caminho, como é possível observar na Figura 9.

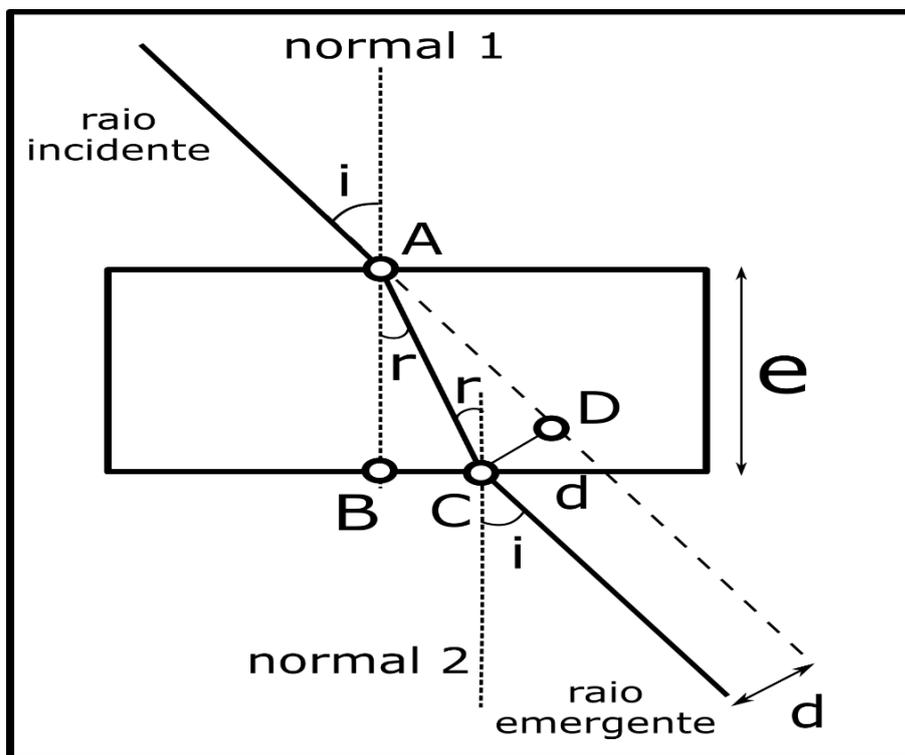
Figura 9: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas.



Fonte: Autora, 2021

Este desvio é chamado de desvio lateral e tem características específicas devido ao formato da placa fina e das refrações que ocorrem no processo. É possível observar que o raio de luz que sai da segunda face separadora é paralelo ao raio que incide na primeira interface da placa fina, apresentado na Figura 10.

Figura 10: Representação do raio incidente e refratando em uma lâmina de faces paralelas, e seu comportamento óptico.



Fonte: ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL. Andrade, André V.

Na figura acima (Figura 10) é possível observar os raios incidentes e refratados nas superfícies separadoras, assim como os ângulos. Onde  $i$  é o ângulo do raio incidente na primeira interface e o refratado na segunda face,  $r$  é o ângulo do raio refratado na primeira interface e  $r$  é o ângulo do raio incidente na segunda face, e  $e$  é a espessura da placa. Considerando os triângulos ABC e ACD, e usando um pouco de conhecimento de geometria é possível estabelecer uma relação matemática para este desvio lateral, que relaciona a espessura da placa fina e os ângulos do fenômeno. Assim temos:

$$\cos r = \frac{e}{x} \quad (3)$$

e

$$\sin(i - r) = \frac{d}{x} \quad (4)$$

isolando  $x$  temos:

$$x = \frac{e}{\cos r} e \quad (5)$$

$$x = \frac{d}{\sin (i-r)} \quad (6)$$

igualando as equações 5 e 6 temos:

$$\frac{e}{\cos r} = \frac{d}{\sin (i-r)} \quad (7)$$

assim:

$$d = \frac{e \cdot \sin (i-r)}{\cos r} \quad (8)$$

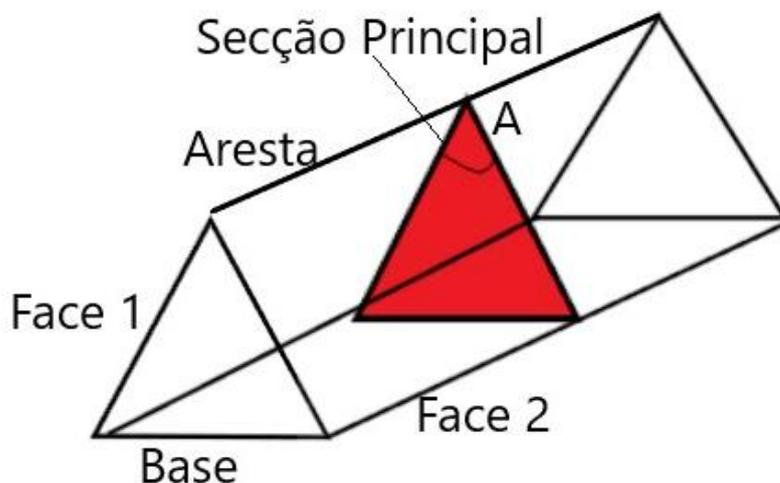
Onde  $d$  é o desvio lateral, ou seja, a distância entre a direção do raio incidente na primeira interface e a direção do raio refratado na segunda face da lâmina, também chamado de deslocamento lateral.

As lâminas de faces paralelas são muito utilizadas devido ao fato delas permitirem a luz sofrer desvios sem mudar sua direção de propagação.

#### 4.5 PRISMAS ÓPTICOS

Geralmente, prismas ópticos são objetos com formato de prisma regular de base triangular, formados por um meio homogêneo e transparente. Possuem duas superfícies planas que não são paralelas entre si e que formam as faces do prisma. Por sua vez, essas faces se interceptam em uma das arestas do prisma (HEWITT, 2015). O ângulo que existe entre as duas faces do prisma é chamado de ângulo de abertura **A** ou de ângulo de refração. Geralmente os prismas ópticos possuem o formato triangular, na Figura 11 pode-se observar algumas características do prisma triangular.

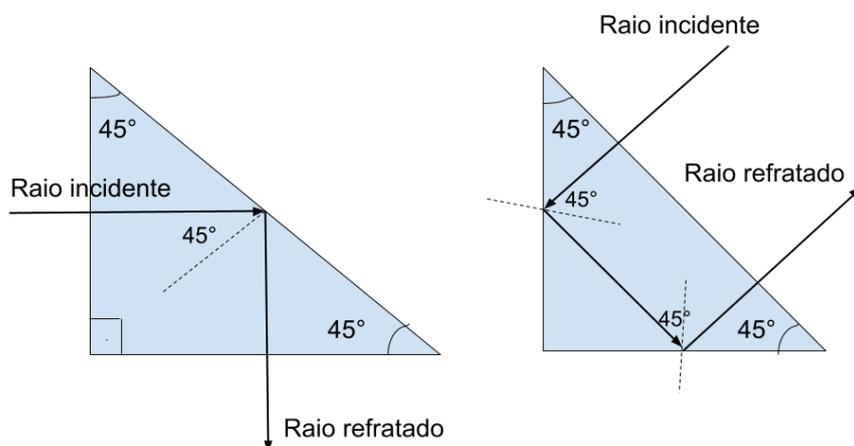
Figura 11: Representação do prisma, com suas características.



Fonte: A autora, 2021

Diferentemente da lâmina de faces paralelas que produz um desvio lateral, o prisma por suas características geométricas e refrativas gera um desvio angular quando raios de luz incidem em suas faces, na Figura 12 é possível observar duas situações as quais os raios de luz sofrem a refração ao passarem pelo prisma triangular..

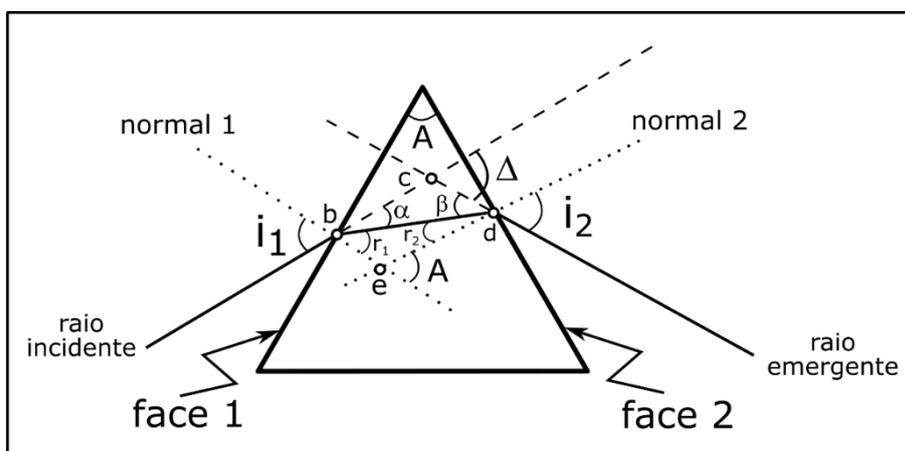
Figura 12: Representação do prisma, com o desvio angular. Nas figuras estão representadas duas situações de desvio angular do prisma, que permitem reflexões internas do raio de luz.



Fonte: A autora, 2021

É possível estabelecer este desvio analisando o comportamento físico do raio de luz que incide no prisma, este comportamento está apresentado na Figura 13.

Figura 13: Representação do comportamento óptico do prisma supondo estar imerso em um meio homogêneo e transparente.



Fonte: Roteiro do experimento. Andrade, André Vitor.

Ao incidir na primeira face, face 1, o raio incidente, incide com o ângulo  $i_1$  e refrata com um ângulo  $r_1$ , esse se propaga pelo prisma até encontrar a segunda face, a face 2, incidido com o ângulo  $r_2$  e refratando  $i_2$ , emergindo para o meio de origem do raio incidente, como pode ser verificado na Figura 13. É possível observar que existe uma angulação entre o raio de luz incidente e o raio emergente, o ângulo  $\Delta$ .

Pode-se observar que o raio incidente e o raio emergente não são paralelos, o que indica um desvio angular  $\Delta$ . Na Figura 13 são observados, também, o desvio angular na primeira interface  $\alpha$  e o desvio angular na segunda interface  $\beta$ , considerando o triângulo com o raio no interior do prisma e o ângulo de abertura e relações geométricas conclui-se que:

$$A + (90 - r_1) + (90 - r_2) = 180 \quad (9)$$

$$A + (90 + 90) - (r_1 + r_2) = 180 \quad (10)$$

$$A = r_1 + r_2 \quad (11)$$

A é o ângulo de abertura ou de refração entre as faces.

Analisando o comportamento dos ângulos de incidência e de refração tem-se:

$$\Delta = \alpha + \beta \quad (12)$$

$\Delta$  é o desvio total

Temos também que:

$$\alpha = i_1 - r_1 \quad (13)$$

$\alpha$  é o desvio angular na primeira interface.

$$\beta = i_2 - r_2, \quad (14)$$

$\beta$  é o desvio angular na segunda interface.

Assim tem-se:

$$\Delta = i_1 - r_1 + i_2 - r_2,$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - (r_1 + r_2),$$

$$\Delta = i_1 + i_2 - A \quad (15)$$

Que permite o cálculo do desvio angular total em função dos ângulos do raio de luz incidente na primeira face e do raio emergente na segunda face e do ângulo de abertura.

Analisando o comportamento óptico do prisma percebe-se que existe um desvio mínimo, apresentado na Figura 14, quando os ângulos de incidência do raio na primeira interface e o ângulo do raio refratado na segunda interface são iguais, sendo assim as equações do desvio total:

$$i_1 = i_2 = i \quad (16)$$

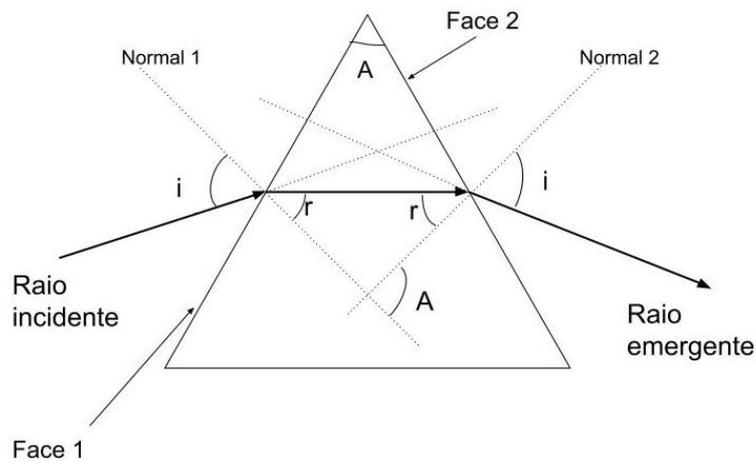
nestas condições a segunda lei da refração:

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2 \quad (17)$$

Temos:

$$r_1 = r_2 = r$$

Figura 14: Representação do comportamento óptico do prisma, com o desvio mínimo.



Fonte: A autora, 2021

Nestas condições conclui-se que, como mostra a Figura13:

$$A = 2r \tag{18}$$

$$\Delta_m = 2i - A \tag{19}$$

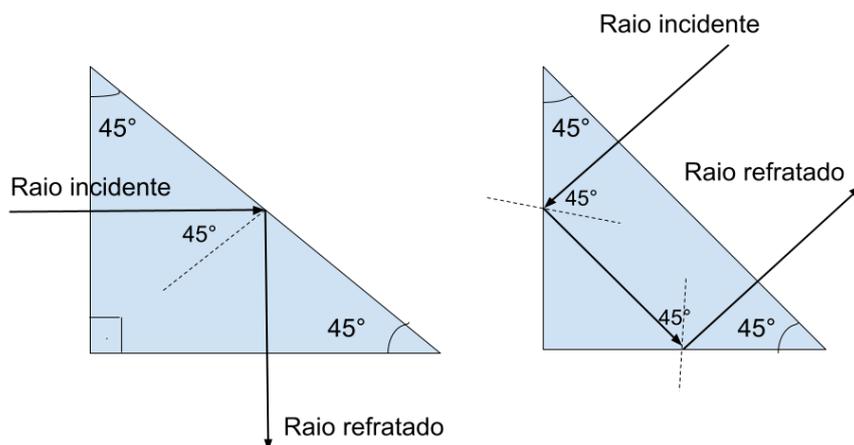
$$\Delta_m = 2i - 2r = 2(i - r) \tag{20}$$

$\Delta_m$  é a equação para o desvio mínimo em um prisma triangular.

Além do desvio angular, outros fenômenos ópticos de interesse que ocorrem nos prismas são: a dispersão da luz (decomposição da luz policromática branca em suas componentes) e a reflexão total, visto que o desvio da luz dentro do prisma pode ser suficiente para vencer o ângulo limite.

O prisma de Amici tem a característica de refletir a luz que incide nele a um ângulo de  $90^\circ$  com a superfície incidente, e o prisma de Porro faz com que a luz que incide nele sofra uma reflexão a um ângulo de  $180^\circ$  com a superfície incidente, fazendo uma inversão no sentido do raio de luz, representados na Figura 15. Nas duas situações o prisma é formado por um triângulo isósceles, mas é posicionado de formas diferentes frente ao raio de luz. Estes tipos de prismas são muito utilizados na substituição de espelhos planos na construção de instrumentos ópticos, permitindo um melhor aproveitamento da luz que é refletida.

Figura 15: Representação dos prismas de Amici e Porro.



Fonte: A autora, 2021

## **CAPÍTULO 5 SUGESTÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA, UEPS.**

### **5.1 UEPS DESENVOLVIDA PELA AUTORA.**

Neste capítulo será apresentada uma sugestão de UEPS que o docente pode estar desenvolvendo em suas aulas frente ao conteúdo de refração da luz.

Como foi mencionado anteriormente, o primeiro passo para o desenvolvimento da UEPS é a definição de um tema, o qual será abordado durante as aulas. Após esta escolha, é importante que se estabeleça questões, perguntas, situações que serão propostas aos discentes durante a aplicação da UEPS, lembrando que deve haver um aumento na complexidade destas questões, perguntas, situações para que se possa proporcionar um desenvolvimento no cognitivo do discente. Sendo assim no apêndice **A** deste produto educacional é apresentado uma sugestão de plano da UEPS que pode ser desenvolvida.

Após o docente organizar um planejamento da UEPS, deve montar o planejamento das aulas que serão ministradas durante a UEPS. A autora desenvolveu a UEPS para ser aplicada na realização da pesquisa da dissertação, na qual ela utilizou um total de oito horas-aula, porém na prática, a mesma percebeu que seria interessante um mínimo de dez horas-aula distribuídas da seguinte maneira: duas horas-aula para a aula introdutória, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça semidisco, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça lâmina de faces paralelas, duas horas-aula para aplicação da atividade experimental da peça prisma, duas horas-aula para conclusão da UEPS.

Na aula introdutória a sugestão é que o docente primeiramente faça um levantamento dos subsunçores de seus discentes, no caso este levantamento pode ser feito através de perguntas, imagens, tiras, texto, situação problema, demonstração de atividade experimental. No caso da autora, ela inicialmente fez alguns questionamentos aos seus discentes, anotando as argumentações levantadas e posteriormente apresentou algumas demonstrações do fenômeno para que os mesmos pudessem sugerir uma explicação para o fenômeno. Este primeiro momento é para buscar os subsunçores dos discentes para que o

docente possa trabalhar com estes, buscando a reorganização, reconciliação e hierarquização com os novos conhecimentos. Lembrando que a sugestão de avaliação do processo seja feita através dos mapas conceituais dos estudantes, sendo assim ao final de cada aula é importante que eles sejam convidados a confeccionar seus mapas conceituais individuais. A autora também apresenta uma sugestão de plano de aula no apêndice **B**.

Para dar sequência a UEPS a sugestão é apresentar as atividades experimentais com as peças em acrílico para os discentes. Neste caso cada peça de acrílico seria uma atividade experimental, a ideia que a duração de cada aula seja de aproximadamente duas horas-aula, na qual inicialmente os discentes são convidados a apresentar seus mapas conceituais, os quais foram desenvolvidos no momento anterior para o grupo, para que assim eles possam expor seus pensamentos através da verbalização, podendo assim assimilar os conceitos envolvidos ao fenômeno. Após a leitura dos mapas conceituais, convidá-los a vivenciar o fenômeno através da atividade experimental com as peças em acrílico.

A atividade experimental com as peças em acrílico consiste na observação do raio de luz, que neste caso é o traço feito com lápis de cor na folha de papel através da peça, ou seja, em primeiro lugar os estudantes irão dobrar uma folha de papel sulfite ao meio para fazer uma marca, em cima desta marca eles desenharam a peça de acrílico com lápis nesta marca, após desenhar a peça, eles deverão traçar a reta normal à peça e o raio incidente, em seguida teve observar o raio incidente desenhado através da peça e traçar o raio refratado pela peça na folha de papel sulfite, os roteiros das atividades experimentais para as peças de acrílico encontram-se nos apêndices **D, F e H**. Nestes apêndices é possível observar as orientações para o desenvolvimento das atividades nas peças de acrílico no formato de semidisco, lâmina de faces paralelas e prisma, inicialmente é possível notar que os passos iniciais se assemelham, o que muda nestas três aulas da sequência é o enfoque e a complexidade que se dá no decorrer das aulas, e o mais importante é que o discente consiga vivenciar, reorganizar e ressignificar o fenômeno de refração da luz em meios transparentes, que ao final do processo ele consiga estabelecer

uma hierarquização entre os conceitos envolvidos nos fenômenos. Nos apêndices **C**, **E** e **G** estão apresentadas sugestões de planos de aulas para estas etapas da UEPS.

Após o término das aulas com a realização das atividades experimentais a sugestão que o docente organize uma conclusão para a UEPS, neste momento é importante que os discentes externem aquilo que eles têm em seu cognitivo sobre a refração da luz, assim sendo, o docente pode iniciar este momento com uma conversa, discussão, debate, mesa redonda para que eles novamente sejam convidados a reorganizar, ressignificar e reconciliar os conceitos relacionados ao fenômeno abordado. Nesta etapa os discentes devem confeccionar um último mapa conceitual da UEPS, para que se possa avaliar através da escrita deste a evolução que possa ter ocorrido. Vale ressaltar aqui que a autora deste não realizou nesta última etapa uma leitura por parte dos discentes, ou seja, não foi disponibilizado para eles um momento de reflexão no final da aplicação da UEPS de seus mapas desenvolvido durante o processo, mas ao analisar seus dados ela percebeu que seria importante nesta etapa da aplicação da UEPS, um momento para que os discentes pudessem comparar seus mapas confeccionados durante a UEPS, para que os mesmos conseguissem perceber a reconfiguração que passaram. Na pesquisa realizada pela autora quem acabou por fazer esta análise foi a mesma e o seu orientador. Sendo que ela no momento da análise observou que seria interessante esta análise por parte dos discentes também.

Em relação ao método de avaliação a proposta que seja realizada de uma forma diferente da tradicional uma vez que se busca uma aprendizagem significativa, sendo assim, é inevitável que avalie o discente de uma maneira a qual não “caia” nas tradicionais avaliações presentes no ensino tradicional. Uma das ferramentas utilizadas foram os mapas conceituais, como a literatura nós mostra eles são excelentes ferramentas que evidenciam indícios de aprendizagem. Então esses seriam uma ótima sugestão para ser usada pelos docentes durante a aplicação da UEPS como forma de avaliação. A bibliografia também nos mostra que é sim possível realizar uma boa avaliação com os mapas conceituais, pois ao observar os mapas é possível verificar a

hierarquização existente no cognitivo do discentes. A autora apresenta no apêndice I uma proposta de plano de aula para a conclusão da UEPS.

Vale ressaltar que as sugestões expressas neste trabalho são para contribuir, auxiliar os docentes frente aos conceitos relacionados ao fenômeno de refração da luz, assim sendo o docente têm a opção de adaptar os planos de aula e roteiros com sua realidade, pois saberá quais os empecilhos que dificultam o processo ensino-aprendizagem em suas turmas. É de extrema importância, porém, que o docente nunca deixe de buscar uma aprendizagem significativa que faça sentido para o discente, a qual possibilite a formação de cidadãos críticos e conscientes de seus deveres e compromissos com todos.

## CAPÍTULO 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este produto educacional visou disponibilizar aos docentes de física mais um material para auxiliar em suas aulas de física no que tange aos conceitos relacionados a refração da luz em meios materiais transparentes no formato de semidisco, lâmina de faces paralelas e prismas.

Para o desenvolvimento do mesmo se utilizou as primícias da teoria da aprendizagem significativa de Ausebel e Novak, assim como as ideias amplamente apresentada pelo professor Marco Antonio Moreira. E mais do que utilizar essas primícias o objetivo deste é proporcionar aos nossos estudantes a possibilidade de uma aula diferenciada que busca por uma aprendizagem significativa, que faça sentido para os mesmos, que permita que eles deem significado para aquilo que está sendo estudado, e não seja apenas uma etapa obrigatória que eles têm que passar para ter o tão esperado diplomada do Ensino médio.

Sabe-se que atualmente existem diversas ferramentas disponíveis que possibilitam um processo de ensino- aprendizagem, mas o intuito aqui é que o docente esteja aberto a análise destas ferramentas e que ele possa optar por aquelas que permitam o desenvolvimento do seu discente de uma forma completa.

Este material buscou apresentar sugestões de aulas que permitissem o docente utilizar materiais simples e de custo baixo para trabalhar os conceitos relacionados a refração da luz em meios transparentes. Vale ressaltar que o docente que optar por utilizar esta UEPS tem a liberdade de incrementar itens ou ferramentas não utilizadas pela autora durante o momento que ela aplicou a UEPS.

É importante lembrar que quando se trata de confeccionar mapas conceituais uma ferramenta muito útil para isto é o CmapTools, um excelente recurso digital para a produção de mapas conceituais, permitindo que os mesmos sejam feitos em rede, em conjunto. Esta ferramenta possui bancos de dados com mapas conceituais sobre diversos temas, os quais possibilitam a

comparação com os mapas que estão sendo confeccionados, seja pelo educador ou pelo estudante.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Michele. A.; COSTA, Sayonara. S.C; O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio. Porto Alegre, 2006.
- AUSUBEL, D.P; NOVAK, J.D; E HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BEZERRA, Sergio. H. O. Atividades Experimentais Em Unidade De Ensino Potencialmente Significativas. Belém, 2016.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base. Brasília: MEC/SEB, 2018.
- BRUM, Wanderley. P. Análise De Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa No Ensino De Matemática: Uma investigação na apresentação do tema volume do paralelepípedo a partir da apresentação da ideia de eclusa. Aprendizagem Significativa em Revista. V5(2), p.50-74, 2015.
- BRUM, Wanderley. P.; SILVIA, Sani. C.R. Análise De Uma Unidade De Ensino Potencialmente Significativa No Ensino De Matemática Durante A Apresentação Do Tema Números Reais. Curitiba, 2015.
- COURROL, Lilia. C; e Preto, André. O. Óptica Geométrica. São Paulo: Editora Unifesp, 2011.
- GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel. C.C. Atividades Experimentais De Demonstrações Em Sala De Aula: Uma Análise Segundo O Referencial Da Teoria De Vigotski. São Paulo. 2017
- HEWITT, Paul G. Física Conceitual - 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015.
- LOPES, Ricardo. R. S. Conceitos de Eletricidade e Suas Aplicações Tecnológica: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. UFES. Vitória, 2014.
- MÁXIMO, ANTÔNIO.; ALVARENGA, BEATRIZ. Curso de Física Vol 2. 5 ed. São Paulo: Scipione, 2000.
- MOREIRA, Marco. A. A teoria de desenvolvimento cognitivo de Piaget. In:\_\_\_\_\_. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999. pp. 95 – 107
- MOREIRA, Marco. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectivas. Revista Brasileira de Ensino de Física. Porto Alegre, 2000.
- MOREIRA, Marco. A., Mapas Conceituais E Aprendizagem Significativa, 1 ° ED. São Paulo. Centauro. 2010.

MOREIRA, Marco. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco. A. Unidades De Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*. Rio Grande do Sul, V.1 n.2 pp 43 – 63, 2011.

MOREIRA, Marco. A. Uma análise crítica do ensino de Física. *Revista estudos Avançados*, São Paulo, V. 32, Issue: 94, 2018. DOI: 10.1590/s0103-40142018.3294.0006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsFwPqr6hjzyLQzs/>>. Acesso em: 08/12/2021

MOREIRA, Marco. A. Desafios no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, V.43 suppl.1, e20200451, 2021. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/>>. Acesso em: 08/12/2021.

NOVAK, J.D; e GOWIN, D.B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, v. 5, n. 1, p. 9-29, 11, 2010.

OESTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.J.H. *Teorias de Aprendizagem*. Porto Alegre. Editora Evangraf, 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Educação. Departamento de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica: Física. Curitiba, 2008.

PIRES, Antonio T.S. *Evolução das ideias da Física*. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

ROSAS, R; SEBASTIÁN. C. Piaget, Vigoski Y Matuarana: Constructivismo A Tres Voces. AIQUE, 2008.

ROSSI, Paolo. *O nascimento da Ciências Moderna na Europa*. / Paolo Rossi; tradução de Antonio Angonese. Bauru; SP:EDUSC, 2001

SANT' ANNA, Blaidi.; MARTINI, Gloria.; RESI, H. Carneiro.; SPINELLI, Walter. *Conexões com a Física Vol 2: Estudo do calor Óptica geométrica Fenômenos ondulatórios*. 1 ed. São Paulo: Moderna, 2010.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna*. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

G. Marques e N. Ueta, Ótica (Básico) (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, São Paulo, 2007). Disponível em <http://efisica.if.usp.br/ótica/básico/>, seções 1 ao 5, acesso em 05/12/2021.

BARROS, Marcelo A.; Carvalho Anna M. P. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. Revista Ciência & Educação, Vol. 5 n.1, 83–94, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73131998000100008> . Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/bsMxsFJvBgvF7zTtFXWzqqv/abstract/?lang=pt>> Acesso em 02/12/2021.

MELO, Ana C. S.; Peduzzi, Luiz. O. Q. Contribuições da epistemologia Bachelardiana no estudo Da história da óptica. Revista Ciência & Educação, Vol. 13 n.1, 99- 126, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000100007> Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mGv9WHtJZGy96P4qfVbDCpF/abstract/?lang=pt>> Acesso em 02/12/2021.

## **Apêndice A - Plano da UEPS**

## **UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) – Refração da Luz e Refração da Luz no acrílico.**

### **PROPOSTA DE UEPS PARA ENSINAR O CONCEITO DE REFRAÇÃO DA LUZ, E REFRAÇÃO DA LUZ EM PEÇAS DE ACRÍLICO.**

**Objetivo: Ensinar os conceitos físicos envolvidos na refração da luz para estudantes do Ensino Médio.**

**1. Situação inicial:** Em uma discussão inicial com os discentes, com o objetivo de fazer uma investigação sobre os conhecimentos destes em relação a refração da luz, estes deverão expor aspectos físicos que eles acreditam que estejam envolvidos com esta temática, para que eles possam perceber que estes conceitos físicos estão em seu dia a dia. *Duração deste momento: 10 a 15 min/aula.*

#### **2. Situações problemas:**

Após esta primeira discussão a aula deve ser direcionada de tal forma que possibilite os educandos problematizar o conceito da refração da luz, para isto o professor deverá expor exemplos, imagens, experimentos que permitam o estudante refletir com uma maior complexidade, neste momento o professor além destas estratégias, pode fazer algumas perguntas tais como:

- Como enxergamos os objetos;
- O que acontece com luz quando ela chega em nossos olhos, ao enxergamos os objetos;
- Por que a colher parece estar quebrada quando colocada em um copo com água?
- Por que é difícil pegar um objeto que está submerso?
- Quais fatores físicos podem influenciar nestas percepções?
- Estes conceitos físicos, discutidos neste momento está no nosso cotidiano, eles podem interferir no nosso dia a dia.

Obs.: Experimentos plausíveis de serem utilizados neste momento: Copo com água e colher, glicerina em vidros (para discutir invisibilidade) e gel invisível (poliacrilato de sódio)

Ao término destes momentos o professor deverá realizar uma atividade junto com os educandos na montagem de um mapa conceitual individual referente a refração da luz. Duração deste momento: 30 min/aula.

### **3. Sequência do processo de aprendizagem.**

Dando sequência no processo de aprendizagem deve se propor ao aprendiz técnicas que possibilite um aumento no nível de complexidade em relação os conceitos trabalhados. Assim nesta aula o objetivo é oferecer materiais que permitam este aumento de complexidade, sendo oferecido para o educando peças de acrílico, na forma de semidisco para que eles junto com seus colegas possam vivenciar na prática a refração da luz na peça, junto com a peça os discentes devem receber lápis de cor e papel para que eles possam representar o fenômeno da refração na folha.

Depois deste momento deve ocorrer uma discussão entre os estudantes para que eles consigam perceber e relacionar o novo conhecimento com os que ele já sabe, transformando sua estrutura cognitiva. É importante que esta discussão seja registrada de alguma forma, assim pode se desenvolver um novo mapa conceitual, porém já se pode trazer uma hierarquização dos tópicos, para que o aprendiz vá estruturando estes novos conceitos em seu cognitivo.

Nestes momentos o professor tem o papel de mediador e não de detector de todo o conhecimento. Sendo assim é essencial que ele promova um ambiente que possibilite que os discentes tenham uma aprendizagem significativa com uma interação social.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

### **4- Nova situação – problema.**

Para contribuir ainda mais para a complexidade do conteúdo, será apresentado aos educandos uma nova peça de acrílico, agora no formato de lâminas paralelas, para que eles vivenciem também a refração nesta peça e discutam também o fenômeno permitindo cada vez mais uma aprendizagem significativa.

Deve se ressaltar que estas atividades com as peças de acrílico necessitam ser situações que permitam que os estudantes trocam seus

conhecimentos, seus aprendizados para que este conceito físico seja realmente significativa a eles.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

### **5- Aprofundando o conceito.**

Na sequência do desenvolvimento da UEPS, será disponibilizado mais um momento com peças de acrílicos, agora em formato de prisma, para que os discentes possam mais uma vez trabalhar e discutir o fenômeno de refração da luz. O objetivo deste momento é permitir a aprendizagem do conceito físico de refração com um nível de complexidade maior, possibilitando o aprendiz novas significações para este conceito.

O nível de complexidade nesta sequência de aulas sempre será aumentando, no caso nesta aula os educandos serão estimulados a observarem o comportamento do raio de luz que atravessa a peça de acrílico e com os conhecimentos já existentes sobre geometria eles terão que estabelecer a relação matemática do desvio angular que ocorre na peça com o formato de prisma e depois tentar relacionar os conceitos trabalhos com aplicações no cotidiano.

Duração deste momento: 2 h/ aula.

### **6- Aula expositiva dialogada integradora final.**

Nesta aula os educandos serão convidados a debater sobre os conceitos que foram trabalhados e discutidos nos últimos encontros sobre refração, eles serão estimulados a relatar o que conseguiram aprender sobre refração da luz e o comportamento do raio de luz nas diferentes peças de acrílicos e relacionar com o cotidiano, buscando a reconciliação integradora. Porém mais uma vez o docente tem a função de mediador entre os discentes e o conhecimento a ser discutido, eles devem decidir o que é mais relevante para a sua aprendizagem.

Ao final deste momento os educandos deverão confeccionar um mapa conceitual para que este permita uma comparação com o primeiro feito no início desta UEPS.

Duração deste momento: 1 h/ aula.

### **7- Avaliação da aprendizagem na UEPS.**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes. Esta UEPS não tem como objetivo a memorização do conceito de refração da luz em peças de acrílico, mas sim uma aprendizagem significativa, ou seja, tem como meta que o educando use seus conhecimentos preexistentes em seu cognitivo para servir de ancoramento para o novo conceito. Que eles consigam dar um novo significado para aquilo que já está no seu cognitivo. Com isto a avaliação desenvolvida com eles deve possibilitar o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. A confecção de mapas conceituais vai permitir eles refletirem sobre os conceitos discutidos e ainda possibilitar que relatem o que foi compreendido sobre o fenômeno de refração da luz.

### **8- Avaliação da UEPS.**

O desenvolvimento de mapas conceituais no decorrer das aulas tem o objetivo de evidenciar as possíveis mudanças no cognitivo dos discentes, sendo assim a avaliação da UEPS, vai ocorrer de maneira sistêmica buscando uma aprendizagem significativa.

**Apêndice B - Plano de aula do momento introdutório.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 1**

<p><b>I. Plano de Aula</b></p>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 1 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Refração da luz</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de demonstração experimental, o fenômeno físico da refração da luz.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar o fenômeno físico da refração da luz.</li> <li>• Relacionar o fenômeno de refração da luz com o meio de propagação da luz.</li> </ul>
<p><b>V. Referencial teórico:</b></p> <p>Em um primeiro momento o professor irá investigar quais são os conhecimentos que os discentes têm em relação ao fenômeno de refração da luz, para que posteriormente estes possam serem ancorados aos novos conceitos adquiridos durante a aula. É importante salientar que o docente terá a função de mediador entre o que o educando já sabe e o que se pretende que ele aprenda significativamente.</p>
<p><b>VI. Conteúdo:</b></p> <p>Etapa 1: Observando a refração da luz ao mudar de meio de propagação.  Etapa 2: Percebendo a relação do índice de refração do meio de propagação.</p>
<p><b>VII. Desenvolvimento da aula:</b></p> <p>Inicialmente o professor fará um levantamento entre os educandos para saber se eles conhecem o fenômeno de refração, antes deste momento será eleito um</p>

aprendiz que ficará responsável em anotar os possíveis comentários deles. Além do fenômeno de refração, o docente também irá instigar os discentes a refletirem sobre as possíveis relações que este fenômeno pode ter com o cotidiano, e outras relações plausíveis de serem feitas neste momento.

Depois disto o professor irá demonstrar alguns experimentos voltados ao fenômeno de refração, tais como: copo vazio, copo com uma colher, copo com colher mais uma quantidade de água, aquário vazio, aquário e moeda, aquário mais moeda e água, um recipiente com glicerina, copo com bolinhas de gel e para finalizar copo com bolinhas de gel e água. Vale ressaltar que em todo o momento de demonstração o docente deve interagir com os educandos para que estes possam desenvolver seu cognitivo frente ao fenômeno de refração. É importante que eles façam as possíveis relações e conclusões referentes a discussão, e que essas sejam registradas pelo aprendiz eleito no início para tal.

Após este debate eles serão convidados a confeccionar um mapa conceitual individual, com o que foi abordado até então e conceitos que eles acreditem estarem relacionado ao referido conceito.

#### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, aquário transparente, moeda, Glicerina, recipiente para colocar a glicerina, copo, água e colher, bolinhas de gel.

#### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes.

#### **X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice C: Plano de aula da atividade experimental  
com a peça no formato de semidisco.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 2**

<b>I. Plano de Aula</b>
<b>II. Identificação:</b>  Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS. DISCIPLINA: Física. PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht Tempo previsto: 2 h/ aula
<b>III. Tema:</b>  Tema central: Óptica Conceito a ser aprendido: Refração da luz
<b>IV. Objetivos</b>  <b>Objetivo geral:</b>  Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz.  <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Observar o fenômeno físico da refração da luz.</li><li>• Representar, por meio de desenhos em folha de papel branco, o fenômeno da refração da luz.</li><li>• Calcular o índice de refração da luz do acrílico.</li></ul>
<b>V. Referencial teórico:</b>  No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de estar retomando os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.
<b>VI. Conteúdo:</b>

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.

Etapa 2: Calculando o índice de refração do acrílico.

### **VII. Desenvolvimento da aula:**

Ao iniciar a aula o professor fará uma breve retomada da aula anterior, onde se desenvolveu uma discussão sobre os conceitos envolvidos com o fenômeno de refração da luz com algumas demonstrações. Após esta retomada o professor irá entregar aos discentes os materiais necessários para atividade experimental (papel sulfite A4, peças de acrílico no formato de semidisco, lápis de cor e transferidor), em seguida os mesmos irão realizar a atividade em grupo com o auxílio do professor, para a observação e descrição do fenômeno de refração da luz.

Após a observação e descrição no papel sulfite do fenômeno, os discentes deverão medir os ângulos de incidência e de refração, obtidos dos desenhos da atividade anterior. Com a utilização da Lei de Descartes-Snell, os mesmos deverão calcular o índice de refração do acrílico e calcular o erro percentual entre o valor de referência para o acrílico e o valor experimental.

Em seguida, antes do término da aula deverá ocorrer um debate entre os estudantes para discussão dos resultados obtidos entre os grupos. Após este os alunos deverão confeccionar um mapa conceitual individual para análise do desenvolvimento da aprendizagem.

### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, semidisco de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor e calculadora.

### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes.

### **X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice D: Roteiro da atividade experimental com a  
peça no formato de semidisco.**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL SEMIDISCO.

ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL

**Tema: Índice de refração da luz**

Grupo: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

Objetivos:

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Calcular o índice de refração do acrílico.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

- Colocar o semidisco de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno do semidisco.
- Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

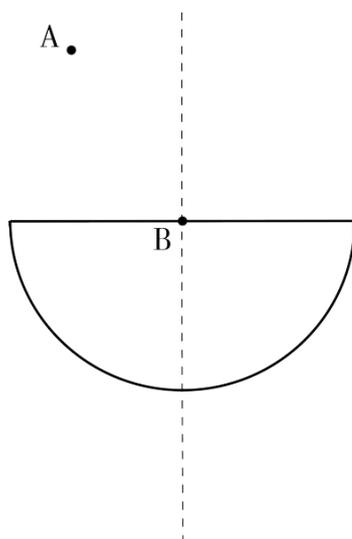


Figura 1

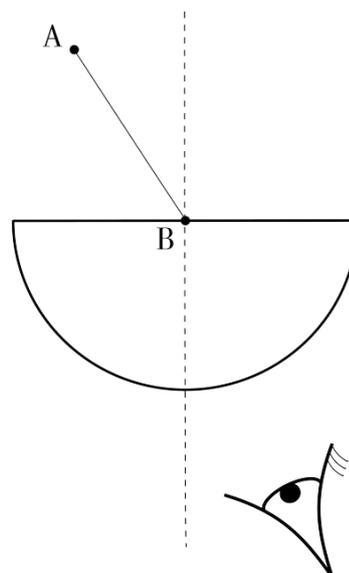


Figura 2

- Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

- Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar o semidisco sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta AB estiver “encurvada” sua observação estará errada!**

- A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta AB. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).

- Retirar o semidisco. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

#### Questões

a) Imaginando que a reta AB representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta BA'B' é o mesmo raio de luz propagando-se no semidisco de acrílico. Escreva o que você observa.

b) Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?

c) Qual o Etapa 2: Calculando o índice de refração do acrílico.

- Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos **i** e **r**. Anotar.

- O índice de refração do meio por onde passa o raio refratado, em relação ao índice de refração que contém o raio incidente é definido, geometricamente, entre o seno do ângulo de incidência e o seno do ângulo de refração. Esta relação é conhecida como Lei de Snell-Descartes.

$$n_{2,1} = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{OU} \quad \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Com o auxílio de uma calculadora científica, calcular  $n_{2,1}$ .

- O índice de refração do acrílico é igual a 1,49. Calcule o erro relativo percentual entre o valor calculado e o valor tabelado.

$$\% E = \frac{|n_{2,1} - 1,49|}{1,49}$$



**Apêndice E: Plano de aula da atividade experimental com a peça no formato da lâmina de face paralelas.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 3**

<b>I. Plano de Aula</b>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 2 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Lâmina de faces paralelas</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz na lâmina de faces paralelas.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Objetivos conceituais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a refração da luz em uma lâmina de faces paralelas.</li> <li>• Verificar que o ângulo de incidência na primeira face da lâmina é igual ao ângulo de refração na segunda face</li> <li>• Verificar que o ângulo de refração na primeira face da lâmina é igual ao ângulo de incidência na segunda face.</li> <li>• Concluir que o raio de luz, ao atravessar a lâmina, não sofre desvio angular.</li> <li>• Deduzir a equação do desvio lateral do raio de luz.</li> <li>• Calcular o desvio lateral do raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas.</li> </ul> <p>Objetivos procedimentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traçar a trajetória de um raio de luz ao atravessar uma lâmina de faces paralelas utilizando lápis, papel, régua e uma lâmina de faces paralelas de acrílico.</li> <li>• Medir os ângulos de incidência na primeira face, refração na primeira face, incidência na segunda face e refração na segunda face com o auxílio de transferidor.</li> </ul>

• Medir o desvio lateral do raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas.

#### **V. Referencial teórico:**

No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de estar retomando os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.

#### **VI. Conteúdo:**

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao atravessar a lâmina de faces paralelas

Etapa 2: Medindo e calculando o desvio linear do raio luminoso ao atravessar a lâmina de faces paralelas.

#### **VII. Desenvolvimento da aula:**

Para dar sequência nas aulas de refração da luz, os educandos serão convidados novamente desenvolver atividades experimentais com o uso de peças em acrílico, papel sulfite, lápis de cor e transferidor, porém agora o desafio será a observação e o comportamento da luz na peça com formato de bloco. Eles deverão perceber o comportamento de um raio de luz nesta peça e fazer uma comparação com a de formato de semidisco. Após observação e descrição dos raios de luz na peça de acrílico no formato de lâminas paralelas, eles serão estimulados a perceber que o ângulo de incidência na primeira face e o ângulo de refração na segunda face são iguais, assim como o ângulo de refração na primeira face é igual ao ângulo de incidência na segunda face. Em seguida eles terão o objetivo de estabelecer qual tipo de desvio ocorre nesta peça, perceber que este não é angular e determinar uma relação para o desvio lateral através das relações trigonométricas do triângulo retângulo. Depois eles deverão calcular o desvio lateral, para que seja possível calcular o erro percentual.

Para finalizar a aula os alunos deverão fazer uma breve discussão dos resultados encontrados e posteriormente desenvolver um mapa conceitual individual com os conceitos trabalhados.

#### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, blocos de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor e calculadora.

#### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes.

**X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice F: Roteiro da atividade experimental com a  
peça no formato de lâmina de faces paralelas.**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL LÂMINA DE  
FACES PARALELAS.

ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL

**Tema: Desvio lateral de uma lâmina de faces paralelas.**

Grupo: \_\_\_\_\_ data: \_\_\_\_\_

Objetivos:

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Determinar a equação do desvio lateral.
- Calcular e medir o desvio lateral.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

1. Colocar a lâmina de faces paralelas de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno da lâmina de faces paralelas.
1. Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

Figura 1

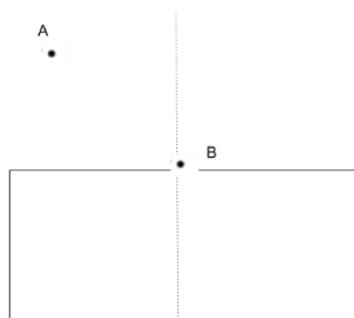
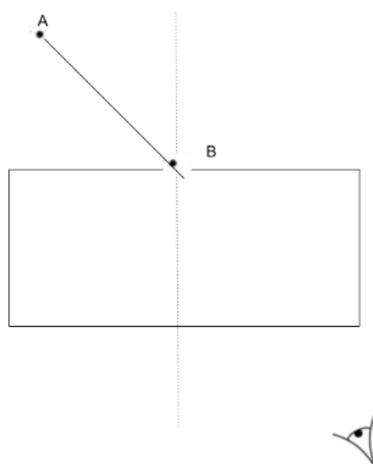


Figura 2



2. Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

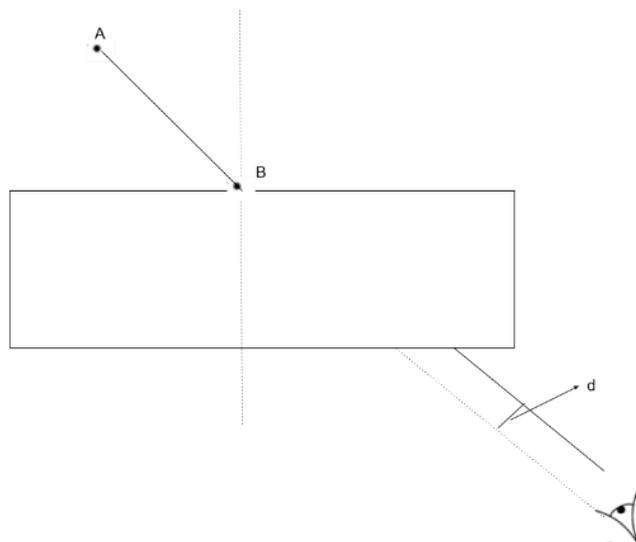
3. Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar a lâmina de faces paralelas sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta **AB** estiver “encurvada” sua observação estará errada!**

4. A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta **AB**. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).

5. Retirar a lâmina de faces paralelas. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

Na figura 3 é possível verificar que existe uma distância entre o raio refratado **A'B'** e o que seria o **AB** sem passar pela lâmina, a distância  $d$ .

Figura 3



### Questões

- a) Imaginando que a reta AB representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta BA'B' é o mesmo raio de luz propagando-se na lâmina de faces paralelas de acrílico. Escreva o que você observa.
  - b) Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?
  - c) Determine a equação que representa o valor de  $d$ , usando conceitos da geometria e as características da lâmina de acrílico.
6. Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos  $i$  e  $r$ . Anotar.
  7. Converse com seus colegas e tentem estabelecer relações entre o raio incidente e refratado, dando um conceito físico para a distância  $d$ .
  8. Calcule o valor de  $d$ , através da equação que foi determinada para  $d$ .
  9. Meça em sua figura o valor  $d$ . E debata em grupo as possíveis diferenças entre os valores.

**Apêndice G: Plano de aula da atividade experimental  
com a peça no formato de prisma.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 4**

<p><b>I. Plano de Aula</b></p>
<p><b>II. Identificação:</b></p> <p>Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa  REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS.  DISCIPLINA: Física.  PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht  Tempo previsto: 2 h/ aula</p>
<p><b>III. Tema:</b></p> <p>Tema central: Óptica  Conceito a ser aprendido: Prismas.</p>
<p><b>IV. Objetivos</b></p> <p><b>Objetivo geral:</b></p> <p>Verificar, por meio de atividade experimental, o fenômeno físico da refração da luz no prisma.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>Objetivos conceituais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Observar a refração da luz em um prisma.</li> <li>• Verificar que o ângulo de abertura do prisma é igual à soma dos ângulos de refração na primeira face e o de incidência da segunda face.</li> <li>• Verificar que o desvio na primeira face da lâmina é igual a diferença do ângulo de incidência na primeira face e o ângulo de refração na primeira face.</li> <li>• Verificar que o desvio na segunda face da lâmina é igual a diferença do ângulo de incidência na segunda face e o ângulo de refração na segunda face.</li> <li>• Concluir que o raio de luz, ao atravessar o prisma sofre desvio angular.</li> <li>• Deduzir a equação do desvio angular do raio de luz.</li> <li>• Calcular o desvio angular do raio de luz ao atravessar o prisma.</li> </ul> <p>Objetivos procedimentais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Traçar a trajetória de um raio de luz ao atravessar um prisma utilizando lápis, papel, régua e um prisma de acrílico.</li> <li>• Medir os ângulos de incidência na primeira face, refração na primeira face, incidência na segunda face e refração na segunda face com o auxílio de transferidor.</li> </ul>

- Medir o desvio angular do raio de luz ao atravessar prisma.

#### **V. Referencial teórico:**

No início o professor fará uma breve discussão dos temas abordados nesta UEPS, com o objetivo de retomar os conceitos físicos trabalhados, o propósito deste momento da aula é possibilitar uma organização dos conhecimentos dos educandos. Depois o intuito da aula é permitir que estes possam obter um conhecimento mais complexo em relação ao conhecimento já existente no cognitivo dos mesmos. Sendo assim eles serão convidados a ancorar os novos conhecimentos desta aula com os conhecimentos de outros momentos.

#### **VI. Conteúdo:**

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao atravessar em um prisma.

Etapa 2: Medindo e calculando o desvio angular do raio luminoso ao atravessar um prisma.

#### **VII. Desenvolvimento da aula:**

Seguindo a sequência nas aulas de refração da luz, os educandos serão convidados mais uma vez a desenvolver atividades experimentais com o uso de peças em acrílico, papel sulfite, lápis de cor e transferidor, porém agora o desafio será a observação e análise no comportamento do raio de luz na peça com formato de prisma. Eles deverão perceber o comportamento do raio de luz nesta peça e fazer uma comparação com os outros formatos já vistos (semidisco e lâminas paralelas). Após observação e descrição dos raios de luz na peça de acrílico no formato de prisma, serão estimulados a perceber que o ângulo de abertura do prisma é a soma dos ângulos incidência na segunda face e de refração na primeira face. Assim como observar que existe um desvio no raio de luz no prisma na primeira face, tal como um desvio do raio de luz na segunda face e que estes geram um desvio total. E que esse difere do desvio que acontece nas lâminas paralelas. Em seguida eles terão o objetivo de estabelecer qual tipo de desvio ocorre nesta peça, perceber que este é angular, e determinar uma relação para o desvio angular usando as relações trigonométricas. Depois deverão calcular o desvio angular.

Para finalizar a aula os alunos deverão fazer uma breve discussão dos resultados encontrados e posteriormente desenvolver um mapa conceitual individual com os conceitos trabalhados.

#### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4, prismas de acrílico, lápis de cor, régua, transferidor, calculadora.

#### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes.

**X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**Apêndice H: Roteiro da atividade experimental com a  
peça no formato de prisma.**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – ATIVIDADE EXPERIMENTAL PRISMA  
TRIÂNGULAR

ROTEIRO DE AULA EXPERIMENTAL

**Tema: Desvio angular de um prisma**

Grupo: \_\_\_\_\_  
data: \_\_\_\_\_

Objetivos:

- Observar o fenômeno físico da refração da luz.
- Determinar a equação do desvio angular.
- Calcular e medir o desvio angular.

**Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar de meio de propagação.**

- 1- Colocar o prisma de acrílico sobre uma folha de papel branco. Com o auxílio de um lápis preto, desenhar cuidadosamente o contorno do prisma.
- 2- Traçar, nesse desenho, uma reta pontilhada perpendicularmente à superfície plana do contorno passando pelo seu ponto médio. Marcar os pontos **A** e **B**, conforme Figura 1.

Figura 1

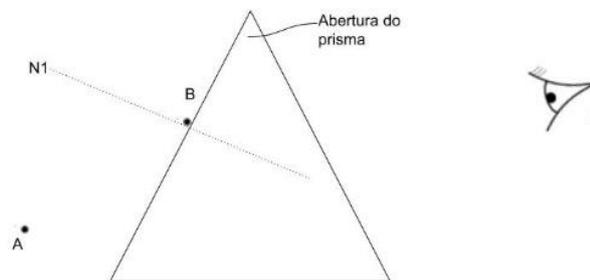
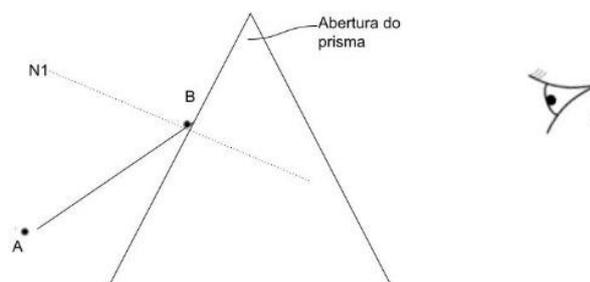


Figura 2



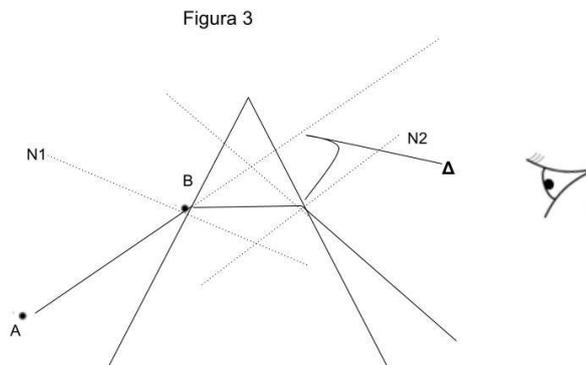
3- Traçar uma reta unindo os pontos **A** e **B**. Utilize lápis de cor para fazer isso.

4- Cuidado, esta é uma etapa crítica do trabalho! Colocar o prisma sobre o desenho ajustando-o perfeitamente. Posicionar a sua visão paralelamente à superfície da folha de papel de modo a localizar a linha **AB** observando-a através da superfície curva (Figura 2). **Se a imagem da reta AB estiver “encurvada” sua observação estará errada!**

5- A partir do ponto de observação, alinhar a ponta do lápis colorido com a reta **AB**. Marcar um ponto no papel (**A'**). Marcar outro ponto, alinhado com o ponto **A'** e a reta **AB** (**B'**).

6- Retirar o prisma. Traçar uma reta unindo o ponto **B** aos pontos **A'** e **B'**.

Na figura 3 é possível verificar que existe uma distância entre o raio refratado  $A'B'$  e o que seria o raio  $AB$  sem passar pelo prisma, a distância  $\Delta$ .



#### Questões

- Imaginando que a reta  $AB$  representa um raio de luz propagando-se no ar, e que a reta  $BA'B'$  é o mesmo raio de luz propagando-se no prisma de acrílico. Escreva o que você observa.
- Para que serve a reta normal à superfície de separação entre o ar e o acrílico (reta pontilhada traçada no item 2)?
- Determine a equação que representa o valor de  $\Delta$ , usando conceitos da geometria e as características do prisma.

7- Os ângulos de incidência e refração são medidos entre os raios de luz (incidente e refratado) e a reta normal à superfície de separação entre os meios. Medir, com o auxílio de um transferidor, os ângulos  $i$  e  $r$ . Anotar.

8- Converse com seus colegas e tentem estabelecer relações entre o raio incidente e refratado, dando um conceito físico para a distância  $\Delta$ .

9- Calcule o valor de  $\Delta$ , através da equação que foi determinada para  $\Delta$ .

10- Meça em sua figura o valor  $\Delta$ . E debata em grupo as possíveis diferenças entre os valores.

**Apêndice I: Plano de aula da Conclusão da UEPS.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA PROGRAMA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MESTRADO  
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 35  
PLANO DE AULA – AULA 5**

<b>I. Plano de Aula</b>
<b>II. Identificação:</b>  Instituição de aplicação do Produto: Colégio Graciosa REFERÊNCIA: Aplicação do produto/ Aplicação da UEPS. DISCIPLINA: Física. PROFESSOR: Elisiane de Campos de Oliveira Albrecht Tempo previsto: 1 h/ aula
<b>III. Tema:</b>  Tema central: Óptica Conceito a ser aprendido: Refração da luz
<b>IV. Objetivos</b>  <b>Objetivo geral:</b>  Concluir a sequência de aulas da UEPS relacionada ao fenômeno físico da refração da luz.  <b>Objetivos específicos:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Relatar o fenômeno físico da refração da luz.</li><li>• Discorrer sobre o fenômeno físico de refração da luz em peças de acrílico, nos formatos de semidisco, lâminas paralelas e prisma.</li><li>• Diferenciar o fenômeno físico de refração da luz em peças de acrílico, nos formatos de semidisco, lâminas paralelas e prisma.</li></ul>
<b>V. Referencial teórico:</b>  Nesta aula o docente terá a função de mediador entre o discente e o conhecimento, ele irá orientar uma discussão entre eles, para que possam externalizar seus conhecimentos. Para que assim eles consigam organizar suas estruturas cognitivas, gerando uma hierarquização dos conhecimentos que foram trabalhos na UEPS, de refração da luz. É importante ressaltar que os conhecimentos adquiridos no decorrer seguem uma sequência de importância cognitiva, que se ancoraram nos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva dos educandos.
<b>VI. Conteúdo:</b>

Etapa 1: Observando a refração de um raio de luz ao mudar em diferentes peças de acrílico.

Etapa 2: Estabelecendo relações entre os conceitos aprendidos com o cotidiano.

Etapa 3: Estabelecendo relações entre os conceitos aprendidos com outros fenômenos físicos.

### **VII. Desenvolvimento da aula:**

Esta aula é o término de uma sequência de aulas nas quais o objetivo central eram a observação e análise do fenômeno de refração da luz por parte dos educandos, sendo assim no início desta o professor fará um levantamento dos temas abordados nos últimos encontros, o objetivo é que os discentes possam se expressar verbalmente o que eles aprenderam até o momento sobre a refração da luz em peças de acrílicos. É também uma oportunidade para que eles possam interagir e debater sobre este tema. Essa análise e discussão serão registradas em um papel sulfite, para estudo do professor posteriormente dos levantamentos feitos por eles.

Após esta discussão os estudantes serão convidados a confeccionar um mapa conceitual dos conceitos abordados na UEPS, para a estudo da aprendizagem adquirida por eles.

### **VIII. Recursos didáticos:**

Quadro de escrever, giz, papel sulfite A4.

### **IX. Avaliação:**

A avaliação será realizada de maneira contínua, com mapas conceituais e debates entre os discentes.

### **X. Bibliografia:**

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. Fundamentos de física volume 4: óptica e física moderna. 2009. Rio de Janeiro: LTC.

**SÉRIE**  
**PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA**

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**  
Wanderley Marcilio Veronez, Gelson Biscaglia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**  
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaglia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday**  
Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**  
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**  
Gustavo Trierweiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**  
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**  
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**  
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**  
Tomo I – **Caderno do Professor**  
Tomo II – **Caderno do Aluno**  
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceitualização e Simulação na Dinâmica do Movimento**  
Tomo I – **Caderno do Professor**  
Tomo II – **Caderno do Aluno**  
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**  
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**  
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**  
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –  
Tomo I – **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**  
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**  
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**  
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melodia de Ensino**  
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**  
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**

*Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade*

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**

*Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti*

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**

*Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira*

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**

*Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin*

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**

*Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva*

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**

*Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira*

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

*Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti*

VOLUME 25 – **Equilíbrio: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

*Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade*

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

*Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva*

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

*Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz*

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

*Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz*

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

**Tomo I - Caderno do Professor**

**Tomo II - Caderno do Aluno**

*Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes*

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

*Josué Duda, André Maurício Brinatti*

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

**Tomo I - Caderno de Ensino**

**Tomo II - Caderno de Aprendizagem**

*Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto*

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

*Jairo Rodrigo Corrêa, Sílvia Luiz Rutz da Silva, André Vitor Chaves de Andrade*

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

*Sergio Freitas, Sílvia Luiz Rutz da Silva*

VOLUME 34 – **Experimentos em Eletromagnetismo**

*Lorena de Lima Auer, Gelson Biscaia de Souza, André Vitor Chaves de Andrade*

VOLUME 35 – **Ensino de Termologia com a Utilização de Metodologias Ativas e Programação Neurolinguística**

*Michel De Angelis Nunes, Sílvia Luiz Rutz Da Silva*

**VOLUME 36 – Kit Eletricidade Prática: Uma Abordagem Construtivista por meio da Aprendizagem por Investigação**

*André Felipe Astrogildo De Lima, Sérgio da Costa Saab*

**VOLUME 37 – Simulações em Planilhas Eletrônicas do Microsoft Excel: Botões de Rotação como Ferramenta Auxiliar no Estudo do Campo Elétrico**

*Gaspar Gilmar Romaniuk, Paulo Cesar Facin, André Vitor Chaves de Andrade*

**VOLUME 38 – Da Eletrização à Interação a Distância**

*José Felipe Hneda, André Mauricio Brinatti*

**VOLUME 39 – Refração da luz sem o Uso de Laser: Uma Proposta de Sequência Didática Baseada em Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino de Refração da Luz**

*Elisiane Campos Oliveira Albrecht, André Vitor Chaves de Andrade*

**VOLUME 40 – Cinemática com uso de Planilhas Eletrônicas Excel®**

*Jair Ribeiro Junior, Paulo César Facin, André Vitor Chaves de Andrade*

**VOLUME 41 – Proposta de Ensino de Óptica da Visão Para o Ensino Médio**

*Francieli Jaqueline Noll Della Vechia, Silvio Luiz Rutz da Silva*

**VOLUME 42 – Guia de uma Aplicação PBL**

*Franciele Pastori, Silvio Luiz Rutz da Silva, André Vitor Chaves de Andrade*

**VOLUME 43 – Conhecendo o Arco Íris**

*Gabriel Roberto Garcia Levinski, Gérson Kniphoff da Cruz*

**VOLUME 44 – Contribuições de uma Sequência de Atividades no Processo de Ensino e Aprendizagem de Tópicos de Gravitação Universal na Educação Básica**

*Emerson Pereira Braz, André Vitor Chaves de Andrade, André Mauricio Brinatti*

**VOLUME 45 – Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)**

*Luis Henrique Mendes De Souza, Silvio Luiz Rutz da Silva*

Atribuição-NãoComercial-  
Compartilha Igual 4.0 Internacional



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UEPG**  
Universidade Estadual  
de Ponta Grossa

**PPGF**  
ensino de física

**SÉRIE**  
**Produtos Educacionais em Ensino de Física**

**UEPG - PROPESP**