



**INSTITUTO
FEDERAL**

Alagoas

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS MACEIÓ**

ARIEL JOSÉ DOS SANTOS SOARES

CESAR RITIR BATISTA

**SIMULAÇÕES INTERATIVAS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA COM VPYTHON:
UMA ABORDAGEM DIDÁTICA**

Maceió, AL

2025

ARIEL JOSÉ DOS SANTOS
SOARES CESAR RITIR BATISTA

**Simulações Interativas de Óptica Geométrica com VPython: Uma
Abordagem Didática**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Licenciatura em Física no Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos.

Coorientador: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa.

Maceió,AL.

2025



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Alagoas
Reitoria

ANEXO À PORTARIA Nº 1483/GR, DE 19/09/2012.

ATA DE DEFESA DO TCC

Aos **29** dia(s) do mês de **maio** do ano de **2025**, as **10h00**, foi realizada na sala **meet.google.com.br/piw-muax-gha** no plataforma **meet.google.com** a solenidade de defesa de TCC de **Ariel José dos Santos Soares** matrícula **2019007654** e de **César Ritir Batista** matrícula **2019004643** com o tema **“SIMULAÇÕES INTERATIVAS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA COM VPYTHON: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA”** como pré-requisito para a conclusão do Curso Superior em **Licenciatura em Física**.

PARECER FINAL

A banca examinadora, após discussões, deliberou aprovação do trabalho com nota 8,0.

ALUNOS

1. Ariel José dos Santos Soares
2. César Ritir Batista

ASSINATURA DA BANCA EXAMINADORA

Frederico Salgueiro Passos	Orientador/Presidente da Banca
Hélcio Beserra do Nascimento Júnior	Avaliador 1
Jorge Luiz Araujo Rocha	Avaliador 2

Rua Odilon Vasconcelos, 103 (esquina com Av. Dr. Júlio Marques Luz)
Jatiúca – Maceió/AL - CEP 57035-350 - www.ifal.edu.br



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Instituto
Federal de Alagoas
Campus Maceió
Biblioteca Benevides Monte**

530.07
S676s

Soares, Ariel José dos Santos.

Simulações interativas de óptica geométrica com VPython [recurso eletrônico] : uma abordagem didática / Ariel José dos Santos Soares, Cesar Ritir Batista. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 1,21 MB). – 2025.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: Internet.

Orientação: Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos. Coorientador: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em

Física) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceió*, Maceió, 2025.

1. Física. 2. Física – Ensino – Simulação computacional. 3. Óptica geométrica. 4. VPython. I. Batista, Cesar Ritir. II. Título.

Franciane Monick Gomes de França

Bibliotecária – CRB 4/1831

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão a todos os professores do curso de Licenciatura em Física. Em especial, agradecemos aos professores Alex Costa, Frederico Passos e Jorge Rocha, por nos guiarem ao longo de toda a trajetória acadêmica, contribuindo significativamente para nossa formação e capacitação como futuros licenciados em Física.

Agradecemos também, de maneira especial, ao técnico de laboratório Jeremias Costa, pelo apoio constante e pela colaboração essencial durante todo o processo de formação.

Por fim — mas não menos importante —, estendemos nosso agradecimento ao grupo de estudos Bonde da Madrugada, pela parceria, incentivo mútuo e por cada dia de esforço compartilhado ao longo dessa caminhada.

“Ninguém baterá tão forte quanto a vida. Porém, não se trata de quão forte pode bater, se trata de quão forte pode ser atingido e continuar seguindo em frente. É assim que a vitória é conquistada.”

Rocky Balboa

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso (TCC) aborda pontos importantes para o Ensino de Física com uma temática atual, de modo que elaboramos uma simulação computacional em Visual Python abordando a óptica geométrica e fundamentando-nos nas teorias das inteligências múltiplas de Gardner, e na teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel. Na simulação, é possível observar como a luz se comporta na óptica geométrica, permitindo visualizar e compreender fenômenos como a reflexão e a refração da luz, até mesmo em três materiais diferentes. Desta forma o discente poderá escolher a quantidade de meios de acordo com a necessidade do problema, o discente poderá estudar através da simulação os conceitos do desvio lateral da luz (escolhendo 3 meios) ou a reflexão interna total (escolhendo 2 meios). O trabalho não foi aplicado em turmas do ensino médio, no entanto, planejamos uma sequência didática que pode ser usada pelo o docente como um material de apoio ao fazer uso da simulação. A sequência didática conta com questionário pré-teste, com a aplicação da simulação e por fim com o questionário pós-teste. O questionário pré-teste deve ser aplicado pelo docente antes de usar a simulação, para diagnosticar possíveis dificuldades dos discentes, já o questionário pós-teste deve ser aplicado pelo docente após a simulação, para que assim, possa obter resultados acerca da utilidade da simulação desenvolvida, podendo ser utilizado pelo docente com forma parcial ou total de avaliação do conteúdo trabalhado.

Palavras-chave: óptica; luz; simulação; didática; vpython

ABSTRACT

This final project addresses important points for Physics Teaching with a current theme, so we developed a computer simulation in Visual Python addressing geometric optics and based on Gardner's theories of multiple intelligences and David Ausubel's theory of meaningful learning. In the simulation, it is possible to observe how light behaves in geometric optics, allowing to visualize and understand phenomena such as reflection and refraction of light, even in three different materials. In this way, the student can choose the number of media according to the needs of the problem, the student can study through the simulation the concepts of lateral deviation of light (choosing 3 media) or total internal reflection (choosing 2 media). The work was not applied to high school classes, however, we planned a didactic sequence that can be used by the teacher as support material when using the simulation. The didactic sequence includes a pre-test questionnaire, with the application of the simulation and finally with the post-test questionnaire. The pre-test questionnaire should be applied by the teacher before using the simulation, to diagnose possible difficulties of the students, while the post-test questionnaire should be applied by the teacher after the simulation, so that results can be obtained regarding the usefulness of the simulation developed, and can be used by the teacher as a partial or total form of evaluation of the content worked on.

Keywords: optics; light; simulation; didactics; vpython

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Teorias de Aprendizagem.....	12
2.2 Desafios no Ensino de Física.....	15
2.3 Simulações no Ensino de Física.....	15
2.4 A Biblioteca VPython e o GlowScript.....	19
2.5 Fundamentos de Óptica Geométrica.....	24
3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	30
3.1 Construção da Simulação Interativa em VPython.....	34
3.2 Descrição Técnica do Simulador.....	35
3.3 Planejamento da Sequência Didática.....	39
4. DISCUSSÃO E POTENCIAL DIDÁTICO DO PRODUTO.....	43
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física enfrenta atualmente o desafio de articular seus aspectos teóricos e empíricos, de modo que o estudante possa compreender os conceitos e relacioná-los com situações do cotidiano. Segundo Moreira (2006), é fundamental que os professores tenham acesso a materiais de apoio, eventos formativos e recursos que possibilitem a constante atualização didática. O autor destaca, ainda, a importância de integrar conceitos físicos à experimentação, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais significativo.

Um desafio marcante emergiu durante o período da pandemia, quando os docentes precisaram adaptar suas práticas pedagógicas ao ensino remoto. Muitos buscaram capacitação no uso de recursos digitais, como laboratórios virtuais, Google Classroom e outras ferramentas tecnológicas. Contudo, a maior dificuldade se deu pelo fato de que muitos professores ainda estavam fortemente habituados ao ensino tradicional (OLIVEIRA; SILVA, 2021).

Em concordância com o que foi apresentado até aqui, buscamos, através do desenvolvimento de um produto educacional, promover o protagonismo do estudante em sua aprendizagem, sem perder de vista o papel fundamental do professor como mediador do conhecimento ao longo de todo o processo de ensino-aprendizagem. Com base nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Gardner, desenvolvemos um laboratório virtual, implementado em linguagem VPython e uma sequência didática, ambos voltados para o ensino de Óptica Geométrica.

Portanto, este trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como principal objetivo proporcionar aos estudantes do ensino médio uma aprendizagem significativa em Óptica Geométrica, assim a escolha do tema foi feita devido à falta de recursos didáticos nessa área tão vasta que estuda o comportamento da luz e

seus respectivos fenômenos, com foco nos fenômenos de refração e reflexão da luz. Para isso, são abordados conceitos como desvio lateral, lâminas de faces paralelas e, por fim, a reflexão interna total em diferentes configurações de meios e ângulos de incidência.

No próximo capítulo apresentaremos as teorias de aprendizagem onde será falado um pouco sobre a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e também das inteligências mais marcantes de cada estudante de acordo com Gardner.

Em seguida, no capítulo 2, abordaremos as simulações desenvolvidas para o ensino de Óptica geométrica e mostraremos produtos desenvolvidos para auxiliar os alunos no ensino e aprendizagem na disciplina de Física, onde discutiremos os pontos fortes e fracos de cada uma delas. No capítulo seguinte, iremos discutir sobre o Visual Python que é justamente a ferramenta que utilizamos para desenvolver o nosso produto educacional.

Temos como objetivo ao propor esse produto que mais professores da rede de ensino possam aderir às metodologias ativas e possam implementar as simulações em suas salas de aula para tornar o processo de ensino e aprendizagem algo mais dinâmico e concreto na realidade dos estudantes.

No capítulo 3, mostraremos como foi feito o processo construtivo da simulação, isso é toda a metodologia utilizada para o desenvolvimento da simulação.

Conseqüentemente vamos argumentar as diversas formas para utilizar o nosso produto para possíveis sequências didáticas, mostraremos o passo a passo separando por tópicos e quais recursos devem ser usados para que o docente consiga aplicar em suas turmas.

Nos capítulos 4 e 5 mostraremos as discussões e potencial do produto educacional desenvolvido e as considerações finais acerca do nosso trabalho respectivamente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentaremos aqui duas das teorias de aprendizagem na qual nosso trabalho se espelha, sendo-as a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria de Gardner que traz reflexão sobre as inteligências múltiplas de cada estudante.

2.1 Teorias de Aprendizagem

Seguindo a linha de raciocínio de aprendizagem significativa do filósofo David Ausubel, podemos entender que existem diferentes formas de aprendermos determinados conteúdos, sejam por meio de abordagem teóricas e práticas. Ausubel (2003) classifica essa teoria em duas diferentes categorias: aprendizagem significativa onde o conhecimento é baseado em conhecimentos já presentes na vida do aluno, e a aprendizagem mecânica que tem como foco o processo repetitivo de executar tarefas que normalmente ocorre quando a informação é armazenada sem conexão com os conhecimentos prévios. Por aprendizagem significativa devemos entender, segundo Pelizzari et al. (2021)

“O primeiro é o eixo relativo à maneira de organizar o processo de aprendizagem e a estrutura em torno da dimensão aprendizagem por descoberta/aprendizagem receptiva. Essa dimensão refere-se à maneira como o aluno recebe os conteúdos que deve aprender: quanto mais se aproxima do pólo de aprendizagem por descoberta, mais esses conteúdos são recebidos de modo não completamente acabado e o aluno deve defini-los ou “descobri-los” antes de assimilá-los; inversamente, quanto mais se aproxima do pólo da aprendizagem receptiva, mais os conteúdos a serem aprendidos são dados ao aluno em forma final, já acabada.”

A forma como se deve ensinar novos assuntos aos estudantes cujos conhecimentos prévios se apresentam de uma forma sutil, ou seja, o estudante possui determinados conhecimentos adquiridos ao longo de sua jornada, porém, não expõe fazendo com que o próprio estudante seja o protagonista no processo de aprendizagem, continua sendo um dos maiores desafios na profissão docente. No entanto, existem algumas ferramentas que o professor pode utilizar para auxiliar nesse processo, como simuladores computacionais ou laboratórios virtuais, como

mostrado no artigo (ARAÚJO, Francisco Oliveira; NETO, Jonas Guimarães Paulo; OLIVEIRA, Francisco Leandro. Uso do Software de simulação PHET como recurso metodológico no ensino de óptica)

Essas ferramentas acabam sendo muito úteis para o docente que precisa fazer com que o estudante tenha um protagonismo no processo de ensino e aprendizagem. De acordo com Gardner

“No processo de ensino, deve-se procurar identificar as inteligências mais marcantes em cada aprendiz e tentar explorá-las para atingir o objetivo final, que é o aprendizado de determinado conteúdo.”

Dessa forma, quando o estudante se depara com uma situação-problema, o mínimo que o docente precisa fazer para que o aluno tenha uma melhor compreensão do assunto que está sendo trabalhado é justamente procurar entender essas ‘inteligências mais marcantes’. Isso pode ser feito através de uma simulação, minimizando assim o nível de abstração do estudante, ou por meios alternativos.

A teoria de aprendizagem de Gardner acaba ilustrando o processo real que os estudantes enfrentam ao tentar aprender um conteúdo ao qual antes não tinha acesso, ou seja, algo completamente novo na sua bagagem enquanto aluno.

“Cada indivíduo nasce com um vasto potencial de talentos ainda não moldados pela cultura, e todos os indivíduos sem comprometimentos cerebrais são capazes de atuar em diversos tipos de inteligências. Ele sugere que não existem habilidades gerais, dúvida da possibilidade de medir-se a inteligência por meio de testes com papel e lápis e dá grande importância a diferentes atuações valorizadas em culturas diversas.”

Com isso em mente, é de fato um desafio para o docente apresentar novos conteúdos aos estudantes. No entanto, é possível utilizar meios alternativos para facilitar a identificação das inteligências mais marcantes em cada estudante. Sendo assim, pretende-se relacionar os conhecimentos mais marcantes referentes aos conceitos de propagação de ondas e fazer um link com os conceitos de luz fazendo uso de simulações computacionais.

Tendo em vista a teoria da aprendizagem de Ausubel, cujo foco principal é a aprendizagem significativa, Gardner apresenta a ideia de inteligências múltiplas. Em resumo, essa teoria afirma que uma inteligência está interligada a outra. Por exemplo, para aprender matemática e lógica, é necessário que o indivíduo compreenda pelo menos um pouco de linguagens.

De acordo com Gama:

“Segundo ele, os seres humanos dispõem de graus variados de cada uma das inteligências e maneiras diferentes com que elas se combinam e organizam e se utilizam dessas capacidades intelectuais para resolver problemas e criar produtos. Gardner ressalta que, embora estas inteligências sejam, até certo ponto, independentes uma das outras, elas raramente funcionam isoladamente. Embora algumas ocupações exemplifiquem uma inteligência, na maioria dos casos as ocupações ilustram bem a necessidade de uma combinação de inteligências.

Tendo em vista, que essas inteligências, apesar de não dependerem uma da outra, é notório que elas não serão de utilidade para o indivíduo no papel de estudante se fizerem uso dessas habilidades de forma distinta, pois para serem de fato eficientes é necessário que estejam interligadas. Contextualizando um pouco para nossa realidade enquanto futuros docente da disciplina de Física essas inteligências múltiplas funcionam em tese de forma que o estudante precisaria de uma base firme e sólida acerca de assuntos anteriores como, por exemplo, conceitos de vetores, ondas e referências para que munido desse conhecimento pudesse avançar e compreender as questões acerca do comportamento da luz na qual nosso produto é direcionado.

2.2 Desafios no Ensino de Física

Em concordância com o que foi discutido ao longo deste trabalho, é de extrema importância nos familiarizarmos com os desafios no ensino de Física. Muitos desses desafios, como, por exemplo, a falta de experimentos, equipamentos, que complementam a teoria ou mesmo a dificuldade em associar os conceitos a fenômenos do cotidiano, precisam ser abordados. Nesse contexto, uma discussão feita por MOREIRA destaca a importância da aplicação de meios alternativos, como , simuladores ou laboratórios virtuais. Dessa forma, esses simuladores podem ser uma solução eficaz para superar os desafios no ensino de Física, afastando-se dos métodos tradicionais e adotando uma nova forma de ensinar a Física nas escolas de ciclo básico.

Conforme o próprio MOREIRA, as simulações computacionais e os laboratórios virtuais são importantes para o ensino de Física no seguinte sentido;

No ensino da Física essa complementaridade é essencial para uma aprendizagem significativa dos conteúdos físicos. Mas, na prática, esse ensino é conduzido sem atividades experimentais, segue o modelo expositivo no qual o professor “da matéria” para os alunos anotarem em seus cadernos ou fotografarem com seus celulares. Um grande erro no ensino de Física sem atividades experimentais. A “justificativa” é que a escola não tem laboratório.

Ainda no atual contexto os desafios no ensino da disciplina de Física em escolas da rede pública e privada acontecem pelo simples fato de que muitas dessas escolas não possuem estruturas apropriadas para servirem de laboratório e fica dependendo do docente para que o próprio desenvolva experimentos de baixo custo ou improvise um laboratório a suas próprias custas. Considerando o que foi dito até aqui uma das soluções mais rápidas para sanar esse tipo de dificuldade é o uso de laboratórios virtuais, permitindo que o docente trabalhe conceitos empíricos de forma completa com uso de simulações, onde o professor só precisaria de um computador ou notebook conectado a internet, tornando assim o ensino mais adequado e dinâmico de modo que o estudante adquira compreensão completa acerca dos assuntos abordados em sala de aula.

2.3 Simulações no Ensino de Física

O ensino de Física, na maioria das vezes, é abordado nas escolas de maneira tradicional, fazendo uso apenas de quadro e pincel. De acordo com MARCO ANTÔNIO MOREIRA, isso se dá devido à desvalorização da carreira

docente na educação básica no Brasil (Uma análise crítica do ensino de Física. Pág. 73). Isso acaba fugindo do escopo essencial da Física como ciência da natureza, pois sabemos que a Física é uma ciência essencialmente experimental, ou seja, a teoria é elaborada para descrever os experimentos ou experimentos são elaborados para validar as teorias. Dito isso, o ensino da Física nas escolas deveria ocorrer de maneira que o experimento fosse tão importante quanto a teoria, que acaba se sobressaindo em aulas tradicionais. Isso acontece devido ao pouco tempo de aulas, sendo na maioria das escolas duas aulas de 50 minutos por semana. Assim, o docente acaba perdendo a liberdade de mostrar experimentos, justamente pela necessidade de uma carga horária maior. A montagem de um experimento ou a ida ao laboratório acaba sendo dificultada por ser um processo que exige muita organização.

Desse jeito, as simulações para o ensino de física são de fato uma ferramenta que se faz muito necessária, pois o docente pode implementar, sem muitas dificuldades, experimentos em suas aulas precisando somente de um dispositivo (computador, tablet ou smartphone) conectado na internet. Com isso, fizemos uma busca de algumas simulações no Google Acadêmico por trabalhos que tratassem de simulação no contexto da óptica geométrica. Essas simulações, serviram de base para o nosso trabalho, pois, baseando-nos em simuladores desenvolvidas para o ensino de física e, especialmente, em óptica geométrica, conseguimos desenvolver uma simulação em óptica geométrica associada a uma sequência didática proporcionará um ensino mais assertivo no que tange o comportamento da luz no contexto da óptica geométrica.

De início, procuramos por trabalhos com direcionamentos compatíveis com a proposta que estávamos desenvolvendo. o primeiro trabalho que estudamos foi o produto educacional desenvolvido por "*Fabiano Freire da Silva*", onde o autor trata de uma simulação computacional, desenvolvida com o uso do software Algodo e aborda fenômenos luminosos, a princípio abordando o fenômeno da refração da luz como mostra a **Figura 1**.

Figura 1 - Refração de um raio de Luz que se Propaga no Vácuo



Nesse primeiro momento, o autor mostra através do simulador o fenômeno de refração da luz usando o Algodoo, ferramenta onde foi desenvolvida a simulação para observar a refração. No entanto, para conseguir medir os ângulos de incidência e refração é necessário habilitar um transferidor como apresentado na **Figura 2**.

Figura 2 - Refração de um raio de luz e os ângulos refratados e refletidos

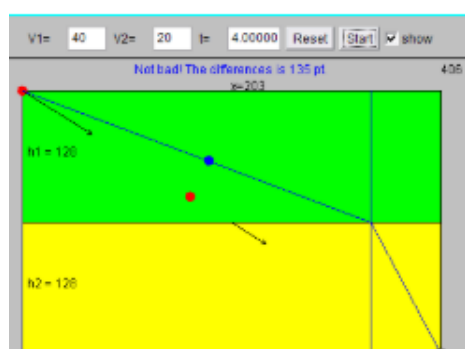


Fonte: Fabiano Freire da Silva, 2018

Outro ponto importante de limitação na simulação, é justamente a possibilidade de poder alterar os índices de refração dos meios, pois a simulação está restrita a apenas dois meios.

Um segundo trabalho que também trata sobre a fenomenologia da luz foi desenvolvido por "*Milton Soares da Silva*" onde o autor elabora uma simulação com o uso do Java Applets sendo essa simulação no âmbito da refração da luz, onde tem por objetivo entregar uma aprendizagem significativa para o ensino médio conforme as teorias de aprendizagem de Ausubel além do desenvolvimento do produto educacional o autor desenvolve e aplica uma sequência didática.

Figura 3 - Refração de um raio de luz



Fonte: Milton Soares da Silva, 2009

Na Figura 3, temos a exibição da simulação desenvolvida por Milton Nascimento. A simulação podemos visualizar de forma dinâmica e simultânea os ângulos de incidência e refração dos raios de luz de acordo com a lei de Snell-Decart. Outro ponto de limitação na simulação é justamente a falta de informação como a possível alteração dos meios e, além disso, a simulação mostra somente o desvio dos raios, embora seja uma simulação de 2009 poderia conter tais informações. Apesar dessas limitações, a simulação desenvolvida por Nascimento, teve aplicação em duas turmas do segundo ano de ensino médio e conforme o autor o resultado que obtiveram na aplicação do produto contribui significativamente para os estudantes que estavam envolvidos na pesquisa.

2.4 A Biblioteca VPython e o GlowScript

A princípio a seção atual tem como objetivo apresentar as nossas principais ferramentas utilizadas na produção do nosso simulador. O Python, é uma linguagem de programação criada por Guido van Rossum, é amplamente utilizado no desenvolvimento web e na criação de softwares, por conta da sua sintaxe clara, intuitiva e eficiente. Essas características tornam-no especialmente adequado para o desenvolvimento de simulações com visualização em 3D.

Para realizar visualizações em 3D na linguagem Python, é necessário utilizar a biblioteca **VPython**, que oferece ferramentas específicas para a criação de simulações gráficas interativas. Essa biblioteca é uma extensão do Python voltada para facilitar a representação de objetos tridimensionais com poucas linhas de código, sendo bastante aplicada no ensino de Física e em projetos educacionais e científicos.

O VPython pode ser utilizado por meio do **GlowScript**, uma plataforma online que permite escrever, editar e executar códigos diretamente no navegador, sem a necessidade de instalar programas. No GlowScript, os códigos ficam armazenados na nuvem, permitindo ao usuário retomar o trabalho de qualquer dispositivo conectado à internet. A linguagem utilizada é o VPython, baseada na versão 3.2 do Python.

Além disso, o GlowScript conta com uma versão para uso off-line, que pode ser instalada no computador. Isso possibilita a edição e execução dos códigos mesmo sem acesso à internet.

Dando continuidade à apresentação das ferramentas utilizadas, esta seção tem

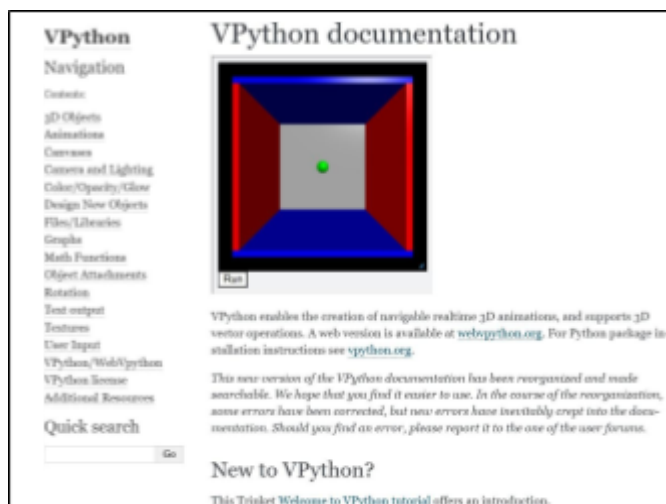
como objetivo explorar o funcionamento do **VPython**, abordando seus conceitos básicos, como a criação e o posicionamento de objetos tridimensionais — esferas, cilindros, cubos, entre outros. Além disso, serão demonstradas as possibilidades oferecidas por essa biblioteca, especialmente quando integrada ao ambiente GlowScript.

Esta seção também destacará o potencial do VPython no desenvolvimento de simulações voltadas ao ensino de Física. Para isso, apresentaremos e discutiremos algumas simulações construídas com essa ferramenta, que serviram de base para o desenvolvimento do nosso laboratório virtual de óptica geométrica.

A biblioteca Visual Python conhecida como Vpython, é a biblioteca que possibilita o desenvolvimento do código escrito em Python numa animação, ou seja, desenvolvimento de simulações. A biblioteca para programação é uma coleção de códigos acessível na nuvem, permitindo ao desenvolvedor continuar de onde parou. O Python tem disponível uma vasta quantidade de bibliotecas para várias aplicações distintas onde cabe ao desenvolvedor escolher a mais viável. Com esse recurso é possível desenvolver objetos tridimensionais e associar os movimentos por meio de equações, assim essa ferramenta proporciona uma variedade de objetos e funções no desenvolvimento da simulação (CHABAY; SHERWOOD, 2023)

A figura a seguir mostra as funcionalidades disponíveis na biblioteca citada.

Figura 4 - Funções da biblioteca



Fonte: <https://www.glowscript.org/docs/VPythonDocs/index.html>.

O acesso ao GlowScript é gratuito e totalmente pela web, caso não tenha baixado o software no computador, precisa de credencial Google para ter acesso a uma pasta onde os arquivos vão estar. Observe a figura abaixo e a sequência de como chegar até a edição do código.

Figura 5 - Interface Web Vpython no GlowScript



Fonte: <https://www.glowscript.org/#/>

Para ter acesso à pasta onde estão todos os programas salvos deve clicar no nome que tem escrito “aqui” em azul, que mostra os arquivos desenvolvidos. Como mostra a Figura 6 abaixo.

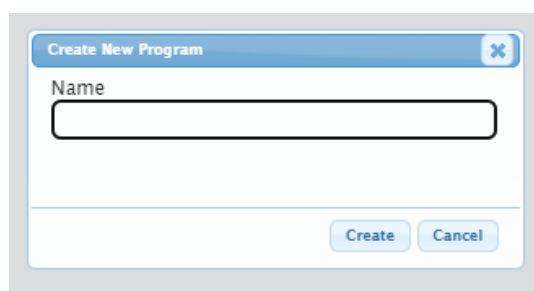
Figura 6 - Pasta dos programas desenvolvidos



Fonte: <https://www.glowscript.org/#/user/crb3/folder/MyPrograms/>

Observe que pode excluir, criar, editar, renomear, adicionar uma pasta e até baixar o arquivo. Ao apertar em “create new program” (“criar novo programa”) em azul aparece uma nova janela para adicionar o nome do programa que será desenvolvido, como mostra na Figura 6 abaixo.

Figura 7 - Janela para criar um programa



Fonte: <https://www.glowscript.org/#/user/crb3/folder/MyPrograms/>

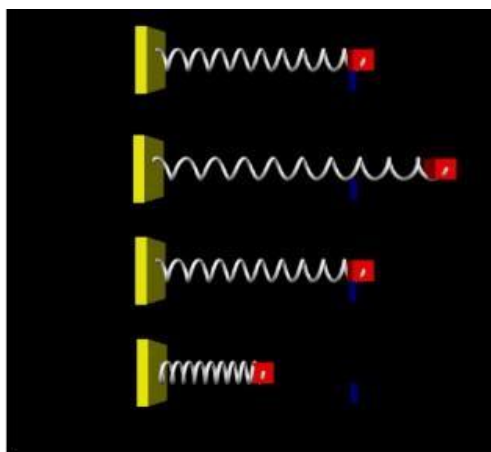
Logo após, será possível digitar o código na linguagem Python 3.2. Também é possível fazer o download do programa em (.py) para uma avaliação posterior, como mostra a figura.

Figura 8 - Interface da digitação do código

```
deded by crb3 2024/06/29 21:10:16  
Run this program Share or export this program Download  
1 Web VPython 3.2  
2
```

Fonte: Autores 2024

Como já citamos anteriormente, o Visual Python disponibiliza uma gama de objetos tridimensionais e com eles podemos simular fenômenos do nosso cotidiano. Diante disso, nesta seção iremos mostrar alguns trabalhos desenvolvidos por terceiro com o uso do Vpython

Figura 9 - Representação de um sistema massa mola

Fonte: Beraldo 2022

A simulação mostrada na Figura 9 acima resultou em uma sequência didática planejada para uma duração de 6 horas/aulas e essa simulação do simulador harmônico foi de fundamental importância para o desenvolvimento de nosso produto, pois através desse trabalho conseguimos aprender e aprimorar os conhecimentos básicos do visual python, como posicionar objetos e adicionar movimentos aos mesmos.

2.5 Fundamentos de Óptica Geométrica

Esta seção tem como objetivo principal discutir e mostrar os conceitos básicos da óptica geométrica, tal como a lei da refração e reflexão, desvio lateral da luz e ângulo limite para haver a reflexão interna total.

Grande parte das coisas que vemos à nossa volta não emitem luz própria. O que acontece na realidade é que podemos enxergar determinados objetos justamente por eles refletirem a luz de uma fonte primária como, por exemplo, o Sol ou uma lâmpada, ou ainda de uma fonte secundária, por exemplo, o céu iluminado, e com isso quando o raio de luz incide em um objeto específico essa luz acaba sendo refletida pela superfície nos permitindo enxergar a os objetos da natureza. E podemos afirmar que a luz é refletida quando o raio luminoso retorna ao meio de origem. E esse fenômeno é denominado de **Reflexão**.

Há também a ideia de que a luz percorre o caminho mais rápido ao ir de um ponto A a um ponto B, e essa teoria foi deduzida por Pierre Fermat, onde conhecemos essa ideia na literatura atual como princípio de Fermat, do mínimo tempo.

Essa ideia é usada para explicar o fenômeno de reflexão da luz, podemos considerar um espelho plano e acima desse espelho um ponto A e um ponto B como mostrado na Figura 10.

Figura 10 - Espelho Plano

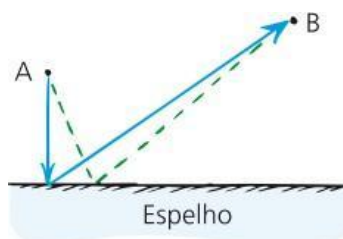


Fonte: Física conceitual.

Desse modo, podemos pensar que o caminho mais rápido entre os pontos A e B é uma linha reta. No entanto, se colocarmos a condição de que a luz deve incidir no espelho, qual seria dessa vez o caminho mais rápido entre os pontos A e B?, isso é, o caminho no qual a luz iria gastar o mínimo tempo possível! Dessa vez

o raio de luz precisaria sair do ponto A incidir sobre o espelho de acordo com a linha sólida da Figura 11 e logo após ir para o ponto B.

Figura 11 - Espelho Plano

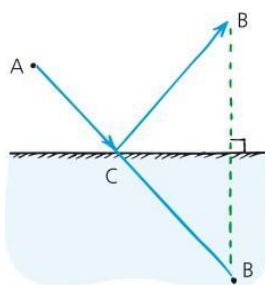


Fonte: Física conceitual

O resultado dessa trajetória acaba sendo um caminho curto do ponto A até o espelho, porém em um caminho mais longo do espelho até o ponto B. Mas se considerarmos um ponto sobre o espelho mais à direita do final da seta que vai de A até o espelho aumentando assim a primeira distância e diminuindo bastante a segunda de forma que o comprimento total mostrado pelo caminho tracejado da Figura 11 é menor logo o tempo de propagação também será.

Para encontrar o ponto exato de incidência sobre o espelho que satisfaça a condição do mínimo tempo possível, faremos uso de um artifício geométrico, marcamos um ponto artificial B', no outro lado do espelho a uma distância abaixo do mesmo igual à distância do ponto B ao espelho, com isso teremos que a distância mais curta que a luz irá percorrer para sair do ponto A até o ponto B', hipoteticamente, já que a luz não irá atravessar o espelho. Estamos tratando de uma linha reta que intercepta o espelho no ponto C, como podemos visualizar na Figura 12.

Figura 12 - Espelho Plano.

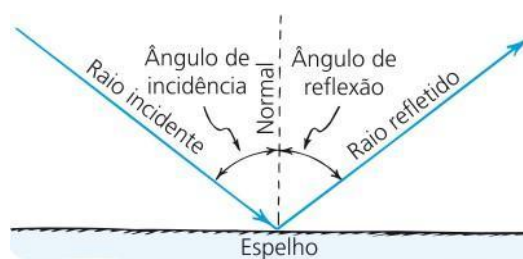


Fonte: Física conceitual.

Temos que, o ponto C será o ponto exato de reflexão para que o caminho óptico da luz seja o mais curto possível fazendo com que o tempo de propagação, seja o mínimo possível considerando o caminho de A até B. Fazendo uma análise detalhada iremos perceber que a distância de C até B' é igual à distância de C até B. Concluimos que o trajeto de A até B', passando por C é igual ao caminho, mesma distância, de A até B refletindo em C.

Em síntese, com um pouco de raciocínio lógico e observando a Figura 12 podemos ver que o ângulo de incidência da luz no ponto C é igual ao ângulo refletido. Assim, mostramos a **lei de reflexão da luz** de acordo com o princípio de menor tempo proposto por Fermat.

Figura 13 - Espelho Plano.



Fonte: Física conceitual.

A Figura 13 mostra a **lei de reflexão da luz**, é comum que os ângulos de incidência e de reflexão sejam medidos em relação a uma reta normal mostrada pela linha tracejada da figura.

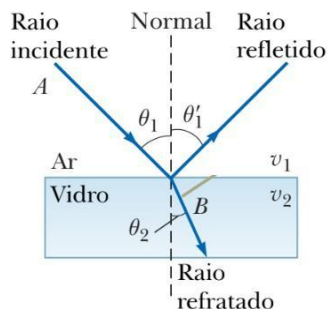
A refração da luz ocorre sempre que a luz tem sua velocidade média de propagação alterada ao passar de um meio material com índice de refração n_1 para outro com índice de refração n_2 . O índice de refração é definido pela razão entre as velocidades de propagação da luz no vácuo sob a velocidade da luz no meio:

$$n = \frac{\text{Velocidade da luz no Vácuo}}{\text{Velocidade da luz no Meio}} \quad (1)$$

Ao considerarmos dois meios materiais diferentes (índices de refração distintos) como, por exemplo, os meios a e b é importante definir que esses meios são separados por uma interface, que se é representada pela superfície de

separação entre dois meios diferentes. Temos que a luz incidente na interface será em partes refletida (parte da luz volta para o meio original) e refratada (parte da luz é transmitida para o outro meio), como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Luz refletindo e refratando.



Fonte: Serway,2012.

Ao considerarmos as razões dos senos dos ângulos devem ser igual aos índices de refração dos meios de acordo com Equação 2.

$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Onde θ_1 e θ_2 são respectivamente os ângulos de incidência e de refração dos raios de luz. Reorganizando a Equação 3 chegamos na sua forma mais conhecida, como Lei de Snell-Descartes

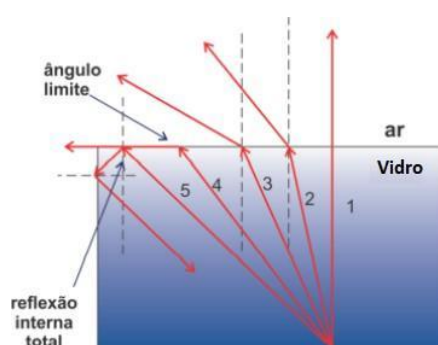
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (3)$$

Uma aplicação muito interessante da lei da refração da luz ocorre quando a velocidade de propagação dos raios luminosos em um determinado material é menor que a velocidade de propagação dos mesmos em seu exterior (outro meio). Por exemplo, a velocidade com a qual a luz se propaga na água é menor que sua velocidade no ar. Neste caso, é possível que ocorra o fenômeno denominado como reflexão interna total e se dá devido ao um ângulo limite de incidência no meio onde o raio incide. Esse fenômeno está presente em nosso cotidiano como em cabos de fibra óptica, onde a luz é presa e sofre sucessivas reflexões internas.

A reflexão interna total ocorre quando a luz passa de um meio mais refringente, ou seja, que possui um índice de refração maior para um meio menos refringente (com um índice de refração menor).

Vamos tomar como exemplo um feixe de luz que se propaga do vidro para o ar. Quando emergem para o ar o ângulo aumenta, pelo fato que o índice de refração do ar é menor do que do vidro, como mostra a Figura 15.

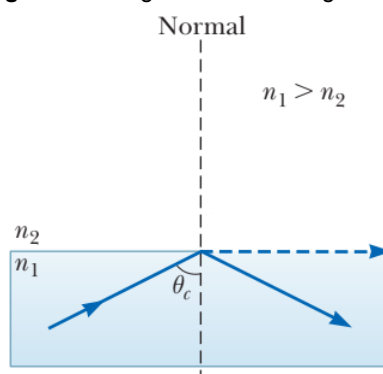
Figura 15 - Fenômeno da reflexão interna total.



Fonte: USP - Adaptado

Se aumentarmos o ângulo de incidência, isso irá aumentar também o de refração, como mostra o raio 2 da Figura 15. Quando olhamos para o raio 4 ele sai “rasante” à superfície, ou seja, esse ângulo é o que chamamos de ângulo limite, depois desse ângulo não pode ocorrer mais a refração. Desse modo, a luz volta para a água, caracterizando e denominamos de reflexão interna total, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Ângulo crítico ou ângulo limite



Fonte: Serway, 2012

Em um ângulo específico de incidência θ_c , chamado de ângulo limite, o raio que é refratado move paralelamente ao limite, fazendo com que o outro ângulo de refração seja de 90° . Ângulo de incidência superior a θ_c , o raio está inteiramente refletido no limite como demonstrado pelo raio 5. Podemos determinar o ângulo limite para ocorrer a reflexão interna total, ou seja, o ângulo de incidência deve ser igual ou superior ao determinado pela Lei de Snell-Descartes, onde o \sin o ângulo refratado é igual a 90° . Temos que o ângulo limite será dado por:

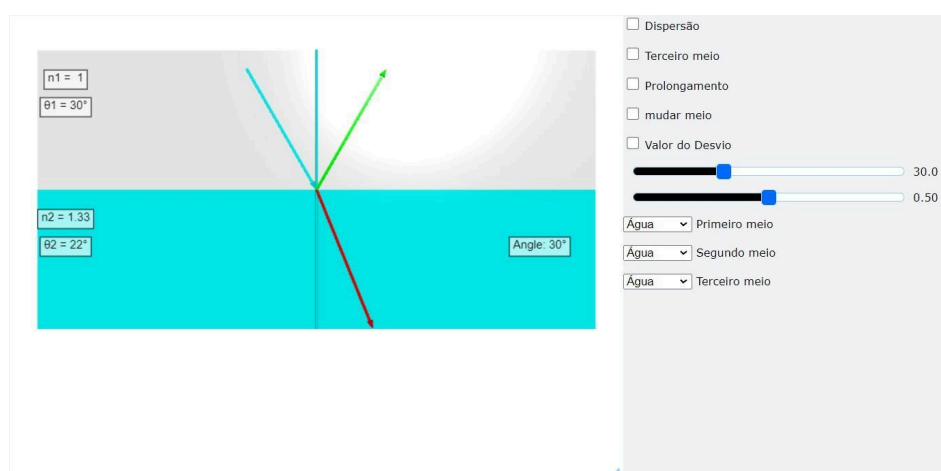
$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (4)$$

Válido para $n_2 > n_1$.

3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A simulação foi totalmente desenvolvida por meio da biblioteca do Visual Python, onde se pôde criar um laboratório virtual para o ensino de óptica geométrica e abordar diversos conceitos da física como, por exemplo, a lei da refração e reflexão que já abordamos a teoria no presente trabalho. Ao entrar no ambiente do Glow Script o usuário irá se deparar com a seguinte tela inicial.

Figura 17 - Tela Inicial da Simulação.



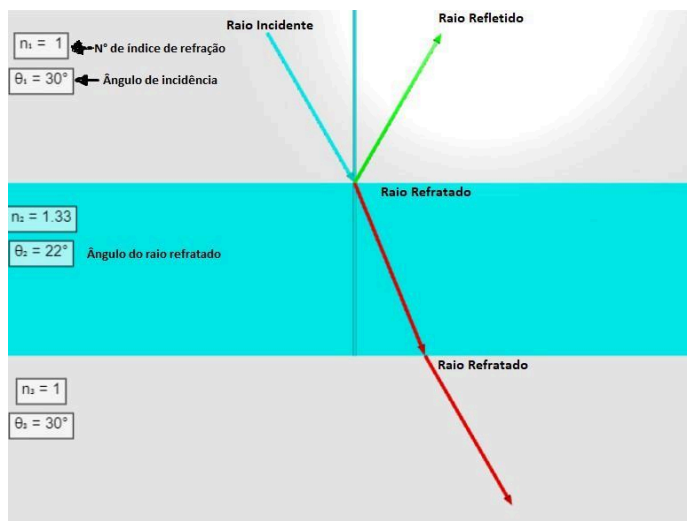
Fonte: Autores 2024

A partir dessa página inicial já fica disponível para o usuário a visualização do fenômeno de reflexão e refração da luz. Nessa página o usuário pode modificar ou acrescentar alguns parâmetros para compreender o comportamento da luz, parâmetros esses, como, por exemplo, alterar o índice de refração do meio em que luz se propaga ou mesmo o ângulo de incidência do raio luminoso, o mesmo também pode adicionar um terceiro meio material e até alterar a espessura do segundo meio material. Tudo isso será mais detalhado ao longo deste trabalho.

Observando a interface, temos do lado esquerdo a animação onde conta com os parâmetros previstos pela lei de Snell. Contamos com 3 meios distintos e cada meio tem ao canto superior esquerdo mostrando o índice de refração e o ângulo com que está sendo incidido ou refratado dependendo do meio, por exemplo, no meio 1 o raio de luz está incidindo no meio e representamos com uma seta na cor azul, logo o ângulo será o de incidência. Para o caso do meio 2, o raio

está sendo refratado, logo o ângulo que será mostrado é da refração que adotamos usar uma seta na cor vermelha como mostra a Figura 18::

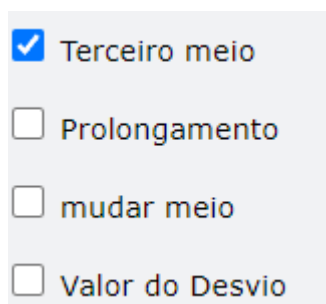
Figura 18 - Tela Inicial da Simulação.



Fonte: Autores 2024.

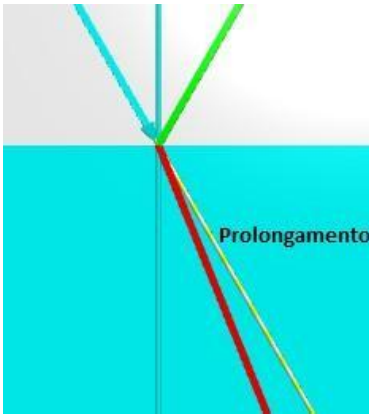
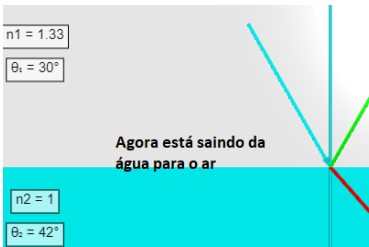
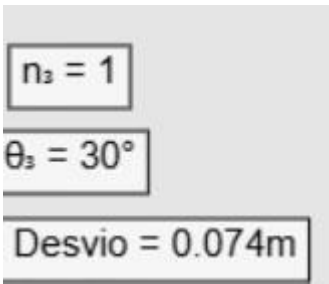
Olhando na Figura 17 conseguimos observar que do lado direito temos alguns botões, uns controles deslizantes e alguns menus, estes botões que chamamos de caixa de seleção mostra na animação o seguinte; terceiro meio como mostra na Figura 18 , prolongamento do raio, mudar meio e o valor do desvio como mostra em lâminas de faces paralelas. A seguir mostraremos uma figura e uma tabela onde detalha cada parte.

Figura 19 - Funções da Simulação.



Fonte: Autores, 2024.

Tabela 1: Mostra a funcionalidade da simulação

Terceiro meio	Adicionar a animação 3 meios onde podemos olhar o que acontece com a luz quando passa por 3 meios distintos.	Figura
Prolongamento	Adicionar a animação o prolongamento do raio incidente como se não tivesse outro meio. Dotamos para mostrar na animação um raio da cor amarela.	 Diagrama de refração mostrando um raio incidente (verde) incidindo sobre a interface entre dois meios. O raio refratado (vermelho) se aproxima da normal. Uma linha tracejada amarela, rotulada "Prolongamento", estende o raio incidente para além da interface.
Mudar meio	Possibilita a troca dos meios. A figura ao lado mostra que estava do ar para água e agora que selecionou essa opção mudou de água para ar, observe que o raio refratado se afasta da normal	 Diagrama de refração invertido. O raio incidente (verde) vem da água (n1 = 1.33) com um ângulo de incidência θi = 30°. O raio refratado (vermelho) sai para o ar (n2 = 1) com um ângulo de refração θr = 42°. O texto "Agora está saindo da água para o ar" indica a troca de meios.
Valor do desvio	Adicionar a animação o valor de quanto esse raio foi desviado ao atravessar os 3 meios como mostra a teoria de lâminas de faces paralelas.	 Tela de controles deslizantes para o valor do desvio. Mostra o índice de refração n3 = 1, o ângulo θ3 = 30° e o desvio calculado como 0.074m.

Fonte: Autores, 2024.

Os controles deslizantes, tem a funcionalidade de mostrar qual ângulo o raio será incidindo e também muda o tamanho da espessura do meio 2, mostraremos a seguir o raio de luz incidindo com o ângulo de 50° com a espessura de 0,20m como mostra a figura a seguir:

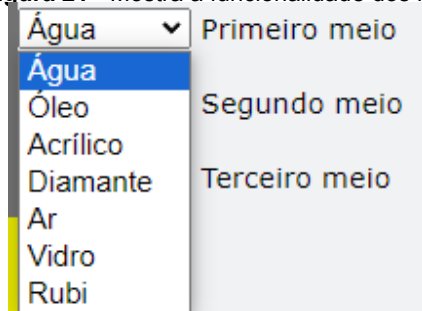
Figura 20 - Mostra a funcionalidade dos controles deslizantes.



Fonte: Autores, 2024.

Por fim temos os menus da simulação, ao todo contamos com 3 menus onde a funcionalidade deles é a possibilidade adicionar o índice de refração de alguns objetos que temos ao redor, dentre eles, temos: Água, Óleo, Acrílico, Diamante, Rubi, Ar e Vidro. Como mostra a figura a seguir:

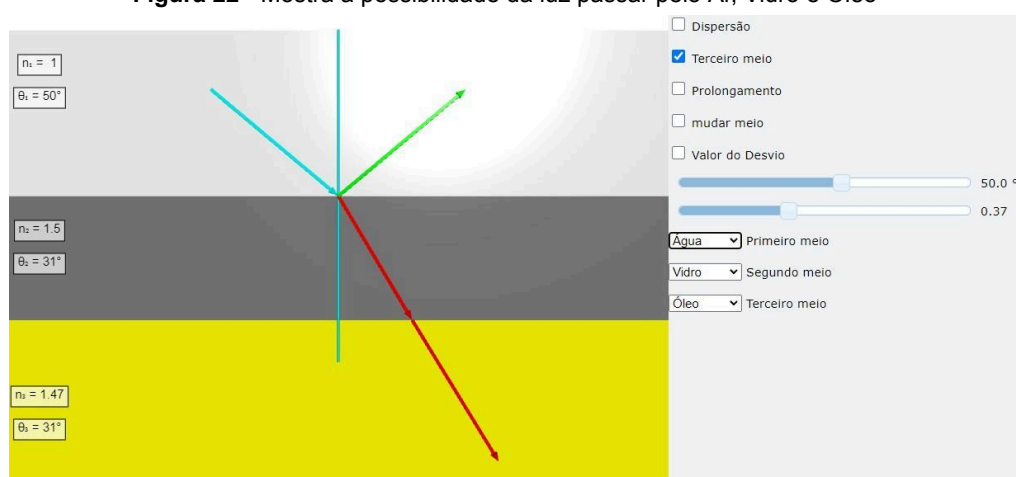
Figura 21 - Mostra a funcionalidade dos menus.



Fonte: Autores, 2024.

Ao escolhermos qualquer material, a simulação mudará a cor do meio para a cor do material, possibilitando uma imersão próxima da realidade, por exemplo, no primeiro meio escolhemos o ar com índice de refração 1, segundo meio escolhemos o vidro com seu índice de refração 1,5 e no terceiro meio óleo com índice de 1,47 como vem mostrando a Figura 22.

Figura 22 - Mostra a possibilidade da luz passar pelo Ar, Vidro e Óleo



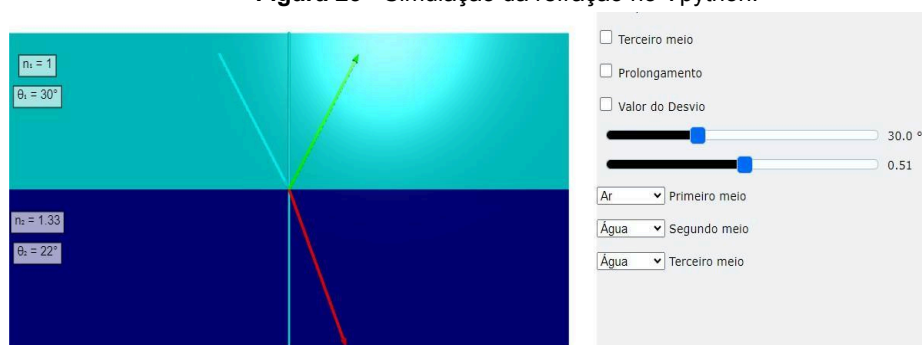
Fonte: Autores, 2024.

3.1 Construção da Simulação Interativa em VPython

Primeiro, deve acessar a simulação através do link: <https://www.glowscript.org/#/user/crb3/folder/MyPrograms/program/2005tcc> .

Segundo passo, o professor deve alterar o ângulo de incidência para o seu desejo, por exemplo, escolhamos o ângulo de 30° como mostra na **figura**, nisso o professor tem várias possibilidades para fazer com seus alunos, uma delas é mandar provar que se é verdade o valor do θ_2 pela lei de Snell. ângulo

Figura 23 - Simulação da refração no Vpython.



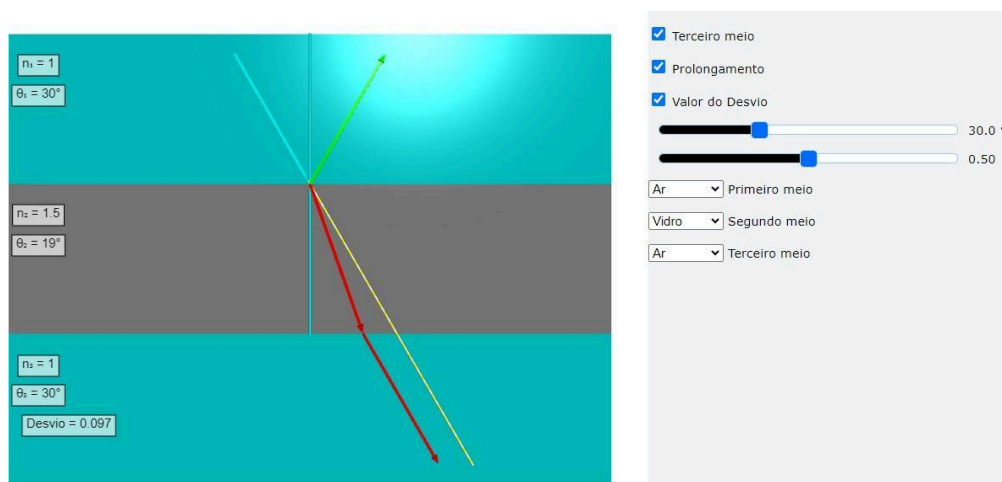
Fonte: Autor, 2024.

Terceiro passo, o professor pode mostrar o desvio lateral onde acontece em lâminas de faces paralelas, por exemplo, mantemos o ângulo de incidência de 30° e aplicamos a equação para obtermos o desvio lateral da luz.

$$d = e \frac{\sin(i-r)}{\cos(r)} \quad (5)$$

Observe a figura que mostra o valor do desvio e também como se comporta a luz no meio.

Figura 24 - Lâminas de faces paralelas e desvio lateral.

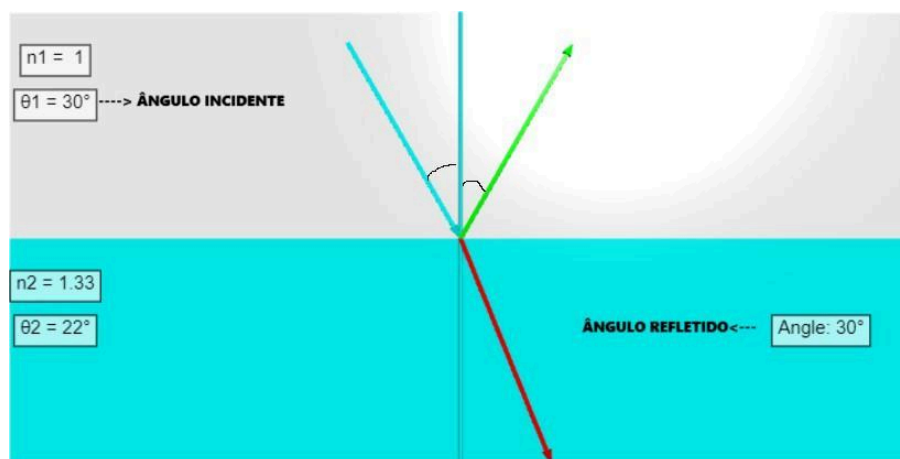


Fonte: Autor 2024.

3.2 Descrição Técnica do Simulador

Os avanços experimentais no ramo da óptica geométrica concluíram que quando há reflexão em uma interface lisa entre dois meios ópticos, por exemplo, ar-água, os ângulos de incidência (θ_i) e reflexão (θ_r) são equivalentes, (ORTEGA, D.; MOURA, 2020), na simulação podemos observar esse fato

Figura 25 - Lei da Reflexão em interface lisa.



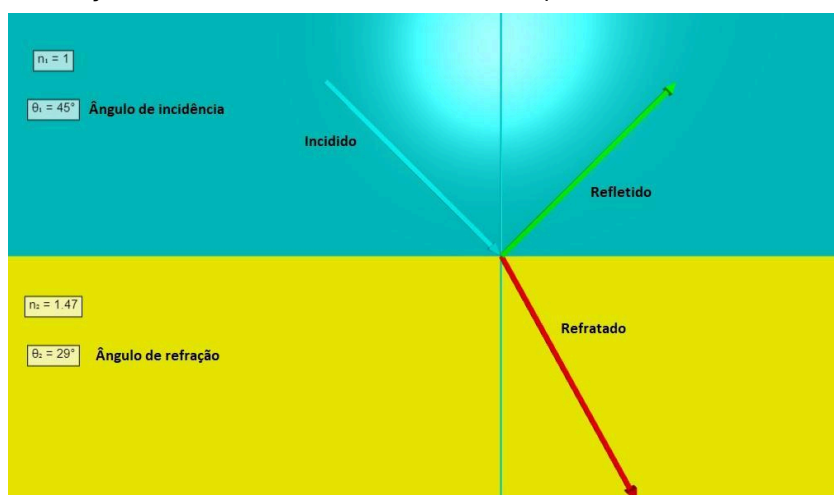
Fonte: Autores 2024.

Um ponto importante a ser notado é que esse ângulo é medido a partir da reta normal.

De acordo com a lei de Snell-Descartes, para um raio de luz que esteja incidindo em um meio diferente acontece um fenômeno chamado de refração da luz. Observando esse raio de luz refratado, forma um ângulo com a normal como mostra

na Figura 26. Um raio entrando em um material de índice de refração maior se desvia aproximando-se da normal de acordo com (Young e Freedman, 2016).

Figura 26 - Refração da luz saindo do meio de índice do Ar para o meio de índice de refração do Óleo.



Fonte: Autores, 2024.

Analisando a figura acima, temos que o ângulo de incidência foi de 45° onde a luz estaria sendo refratada no Óleo e teria um ângulo de 29° de acordo com a simulação em Vpython.

Para saber se o ângulo de refração satisfaz a Equação 1 de refração de Snell- Descartes, basta calcular de acordo com a equação, como mostra abaixo.

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r \quad (6)$$

Basta Substituir os valores que temos como o índice de refração do Ar, ângulo de incidência e o índice de refração do Óleo, como mostra abaixo

$$1 \cdot \sin(45^\circ) = 1,47 \cdot \sin \theta_r \quad (7)$$

Nisso, sabendo o valor do seno de 45, basta substituir na equação

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = 1,47 \cdot \sin \theta_r \quad (8)$$

Isolando o seno do raio de luz refratado, temos:

$$\sin \theta_r = \frac{\sqrt{2}}{2} \div 1,47 \quad (9)$$

Logo, o valor de seno aproximadamente que obtemos é o seguinte:

$$\sin \theta_r \simeq 48^\circ \quad (10)$$

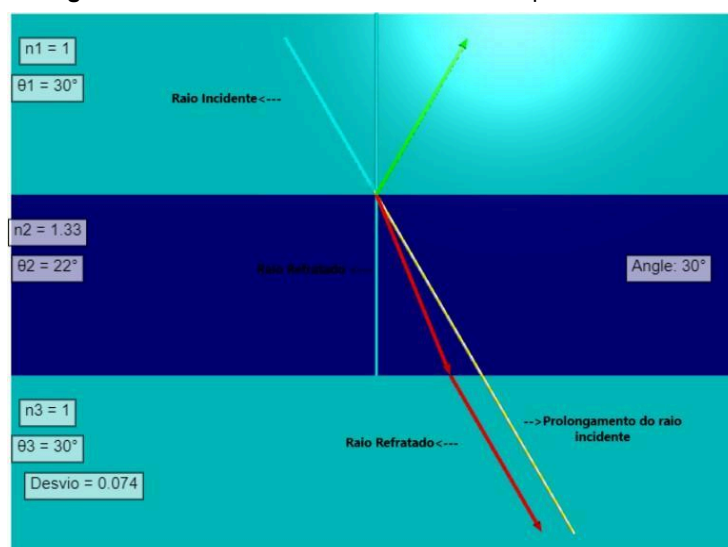
Para saber o ângulo do seno, deve-se de acordo com a matemática tirar o arco seno desse valor, e obtemos aproximadamente;

$$\arcsin \theta_r \simeq 29^\circ \quad (11)$$

Observe que o mesmo valor tanto demonstrado na equação e como mostra a simulação temos o mesmo resultado, mostrando que a simulação está correta sobre a refração da luz para diferentes meios que a luz percorra

No presente trabalho já foi falado sobre o caminho óptico que a luz percorre quando está em um só meio material, sendo esse uma trajetória retilínea, no entanto, quando um feixe luminoso passa de um meio material A para um meio B acontece o que conhecemos como lei da refração, onde a luz sofre um pequeno desvio em sua trajetória, porém se houver um terceiro meio com índice de refração igual ao meio A, ou seja, o mesmo meio, acontecerá de acordo como mostra a Figura 27.

Figura 27 - Desvio lateral e lâminas de faces paralelas.

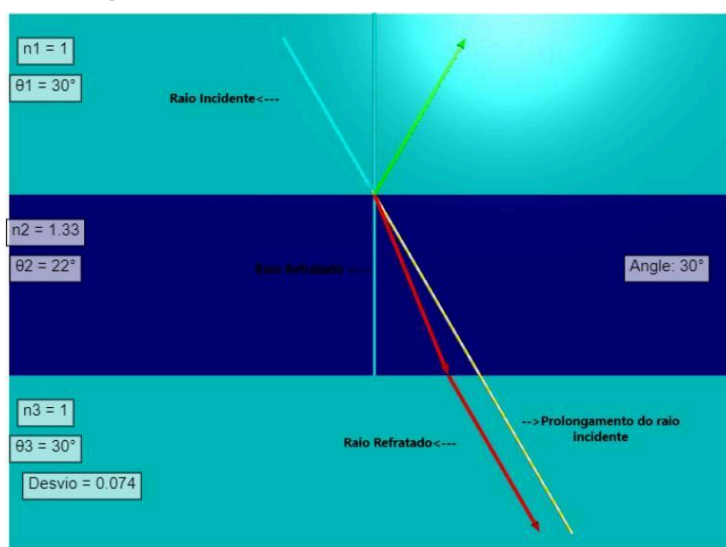


Fonte: Autores, 2024.

Observe que o mesmo valor tanto demonstrado na equação e como mostra a simulação temos o mesmo resultado, mostrando que a simulação está correta sobre a refração da luz para diferentes meios que a luz percorra

No presente trabalho já foi falado sobre o caminho óptico que a luz percorre quando está em um só meio material, sendo esse uma trajetória retilínea, no entanto, quando um feixe luminoso passa de um meio material A para um meio B acontece o que conhecemos como lei da refração, onde a luz sofre um pequeno desvio em sua trajetória, porém se houver um terceiro meio com índice de refração igual ao meio A, ou seja, o mesmo meio, acontecerá de acordo como mostra a Figura 27.

Figura 27 - Desvio lateral e lâminas de faces paralelas.



Fonte: Autores, 2024.

O resultado da simulação mostra o tanto que a luz se desvia. Já o desvio é calculado de acordo com Equação 5, ao substituir os dados disponíveis na simulação, teremos o seguinte:

$$d = 0,5 \frac{\sin(30^\circ - 22^\circ)}{\cos(30^\circ)} \quad (12)$$

$$d = 0,5 \frac{\sin(8^\circ)}{\cos(30^\circ)} \quad (13)$$

$$d \simeq 0,074m \quad (14)$$

Note que o resultado obtido na simulação é aproximadamente igual ao da equação. Com isso, os resultados obtidos nessa pesquisa foram apresentados e apresentados no Encontro de física do norte e nordeste (XXXVIII EFNNE - 2024)

mostrando a eficácia do produto educacional elaborado.

3.3 Planejamento da Sequência Didática

Para uma aprendizagem de forma progressiva, organizada e coerente, é possível através de uma sequência didática promovendo e facilitando o desenvolvimento das habilidades cognitivas e as competências, incentivando uma participação ativa dos alunos.

Portanto, dividimos a sequência didática em sete etapas/encontros, sendo possível exploração da simulação, sendo encontros de no mínimo uma hora e no máximo duas horas. Com isso, será possível uma aprendizagem de forma exploratória e motivadora.

De acordo com Oliveira (2013) onde defende

“A sequência didática é como um procedimento simples onde se submete de um planejamento para divisão de cada etapa de forma integrada para uma melhor

dinâmica no processo ensino aprendizagem.” portanto, uma sequência didática é importante para “encontrar” e situar o professor referente a aprendizagem do aluno.”

(Oliveira, 2013. Pág: 38/39)

Conforme Zalaba (1998 pág 196) “A Pesar de que ensino e aprendizagem se encontram estreitamente ligados e fazem parte de uma mesma unidade dentro da aula, podemos distinguir claramente dois processos”, ou seja, de como o aluno aprende e como o professor ensina para que o aluno tenha um aproveitamento do conteúdo.

Primeiro encontro

Previamente, deverá fazer um questionário para analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre óptica, será o pre-teste (Apêndice 1). Referente o pré-teste, deverá abordar questões “simples” como: O que é propagação da luz? Qual exemplo de refração que acontece no seu dia a dia? Na água a velocidade da luz é menor ou maior que no ar?, entre outras questões.

Vale ressaltar que a fidelidade das respostas dos alunos deve ser máxima garantia para haver uma aula teórica com base no resultado do teste.

Segundo e terceiro encontro

Segundo e terceiro encontro, será a aula de conceitos onde o (a) professor (a) deve abordar os conceitos que será necessário para compreender o comportamento da luz em diferentes meios, refração e reflexão da luz, estudo base de ângulos e desvio lateral reforçando e tirando todas as dúvidas da classe.

Quarto encontro

Já no quarto encontro, deverá apresentar um questionário mais profundo em relação aos conceitos abordados nos encontros anteriores, o intuito de analisar o processo de aprendizagem referente aos conceitos abordados teoricamente. Esse teste teórico (Apêndice 2) será comparado com o teste-prático.

Quinto e Sexto encontro

No quinto encontro, deverá analisar os seguintes conceitos: refração, reflexão e índice de refração (Ar, óleo, vidro e outros), mudança de meio e desvio lateral. Será disponibilizado os questionários 1 e 2 (Apêndice 3 e 4) e o link para simulação. A partir da disponibilidade dos links, os discentes deverão manipular a simulação para responder às perguntas propostas no questionário. Com isso, esse encontro eles devem estudar/absorver a importância da refração, quando é perguntado se ela influencia na formação de imagem em seu globo ocular; do índice de refração, que a velocidade muda em diferentes meios; do desvio lateral, quando perguntamos que é possível manipular a luz de forma precisa sem alterar a sua direção de propagação.

Sétimo encontro

Será realizado um teste-prático (Apêndice 5), onde repete algumas questões do pré-teste, adicionando um pouco mais profundo em relação à simulação como eles analisaram e observaram em sala de aula.

Vale ressaltar que caberá ao professor o modo de avaliar os alunos, sabendo que os conhecimentos abordado nessa sequência didática poderá ser vista como algo contínuo, tendo em vista que todo momento eles podem testar e observar o comportamento dos fenômenos abordados

Tabela 1: Resumo da sequência didática.

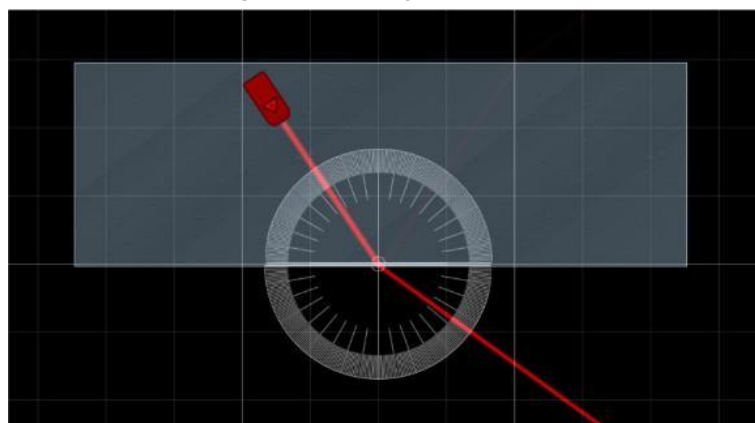
Encontro	Duração	Objetivo	Metodologia	Avaliação
1	2 horas	Especificar os conhecimentos prévios.	Realização do questionário pré-teste.	Teste.
2	2 horas	Demonstrar os conceitos que serão utilizados.	Com resultado do pré-teste, devemos expor alguns conceitos de teórico de óptica, equações referente, refração, reflexão e entre outros.	Participação dos alunos.
3	2 horas	Demonstrar os conceitos que serão utilizados na simulação.	Com resultado do pré-teste, devemos expor alguns conceitos de teórico de óptica, e equações referente ao meio, desvio lateral e entre outros.	Participação dos alunos.
4	1 hora	Identificar o conhecimento após aula teórica	Deverá ser realizado um questionário que será analisado com o questionário após a simulação	teste - teórico.
5	2 horas	Estudar refração, reflexão e índice de refração.	Será disponibilizado o link com acesso à simulação, os alunos devem ajustar/modificar os valores da simulação para poder responder o questionário 1	Questionário 1
6	2 horas	Verificar a mudança de meios e desvio lateral	Disponibilizar a simulação, os alunos devem verificar a simulação para responder o questionário 2.	Questionário 2
7	1 hora	Aplicação do teste - final	Deverá ser uma forma de avaliação para obtenção da aprendizagem dos alunos. No final será comparado o teste-teórico e teste final	Teste final

Fonte: Autores, 2025.

4. DISCUSSÃO E POTENCIAL DIDÁTICO DO PRODUTO

O produto educacional desenvolvidos para o trabalho de conclusão de curso (TCC) aborda muitos conceitos da óptica geométrica e serve como um laboratório virtual para o estudo de fenômenos relacionados à luz, o que difere o nosso trabalho dos apresentados no capítulo 3 é justamente a falta de recursos presente nas simulações citadas, por exemplo, no trabalho de Fabiano, a simulação desenvolvida pelo o autor está limitada unicamente a dois meios, onde não podemos ver o comportamento dos raios de luz em um terceiro meio ou ainda em um meio diferente que os presentes na simulação

Figura 28 - Refração da luz



Fonte: Fabiano, 2018

Além disso, outro fator relevante acaba sendo a medição do ângulo que é feita através de um transferidor que não especifica, claramente, as medidas dos ângulos dos raios refletidos e refratados. Na simulação desenvolvida no presente trabalho fica claro a medida desses ângulos e podemos verificar também outros comportamentos da óptica geométrica como, por exemplo, podemos configurar o ambiente da simulação para que o raio de luz passe por três diferentes meios materiais de forma que podemos alterar o índice de refração de cada um deles, como: água, ar, vidro, diamante, etc . Podemos também estudar o desvio lateral da luz com o detalhe de que podemos alterar a espessura da lâmina do segundo meio (Figura 27).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista todas as discussões anteriores, podemos concluir que a ferramenta desenvolvida é bastante promissora para o ensino de Física de forma que complementa o ensino tradicional sem a necessidade de experimentos físicos apesar de sua importância, fica claro também, que a sequência didática que foi elaborada pode ser adaptada conforme a necessidade do docente, pois sabemos que a realidade de cada escola exige ferramentas educacionais diferentes dependendo da necessidade de cada estudante. Dessa forma, o produto educacional que desenvolvemos serve tanto para ludificar o ensino de óptica geométrica quanto mostrar as aplicações no cotidiano do estudante. Vale ressaltar que não aplicamos o produto educacional, apenas elaboramos uma sequência didática, podendo ser aplicada em sala de aula. Com isso, pretendemos aplicar o produto educacional em outro momento em turmas do ensino médio para validação e complementar os estudos de óptica geométrica.

Referências

HEWITT, Paul G. *Física conceitual*. 13. ed. Porto Alegre: Bookman, 2023.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. *Física IV – Óptica e Física Moderna*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, [s. d.].

HEATH, David; SERWAY, Raymond A. *Física para cientistas e engenheiros: volume 4: luz, óptica e física moderna*. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

AUSUBEL, David P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

ZABALA, Antoni. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SILVA, Milton Soares da. Simulação virtual como estratégia facilitadora da aprendizagem significativa de fenômenos científicos: uma aplicação à óptica geométrica no estudo da refração em nível de ensino médio. 2009. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

MOREIRA, Marco Antônio. Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 265-284, 2018.

ORTEGA, D.; MOURA, B. A. Uma abordagem histórica da reflexão e da refração da luz. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2020.

CHABAY, Ruth; SHERWOOD, Bruce. VPython Documentation. 2023. Disponível em: <https://www.glowscript.org/docs/VPythonDocs/index.html>. Acesso em: 3 maio 2024.

UFRGS. Aula 12 Usando GlowScript: Visualização e animação 3D com VPython. UFRGS, 2014. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~betz/fis01226/aula12_Glow/aula12_Glow.htm. Acesso em: 29 jun. 2024.

AWS. O que é Python? 9 mar. 2023. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/what-is/python/>. Acesso em: 28 jun. 2024.

MUNDO EDUCAÇÃO. Teorias sobre a natureza da luz. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/teorias-sobre-natureza-luz.htm>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SCIELO. RAMOS, José. Demonstração do movimento da luz no ensaio de óptica de Descartes. *Scientiæ Studia*, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ss/a/5C5jPq5LVgMsiFJFzJWDSdn/>. Acesso em: 27 set. 2024.

ARAÚJO, Francisco Oliveira; NETO, Jonas Guimarães Paulo; OLIVEIRA, Francisco Leandro de. Uso do Software de Simulação PhET como Recurso Metodológico no Ensino de Óptica. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – [Instituição não informada].

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: uma visão histórica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 4, p. 4202, 2015.

Apêndices

Apêndice 1 - pré-teste

- 1 - O que é a luz?
- 2 - como ocorre a propagação da luz?
- 3 - o que é refração?
- 4 o que você entende de óptica geométrica?
- 5 a luz atravessa o meio e refrata na água, nisso a luz terá a mesma velocidade?
- 6 o que é reflexão interna total?
- 7 o que reflexão?
- 8 o que é meio mais refringente?

Apêndice 2 - teste teórico

- 1 - Um raio de luz passa do ar (índice de refração = 1,0) para água (índice de refração = 1,33) com um ângulo de incidência de 30° . Qual será o ângulo de refração na água?
- 2 - Explique, um feixe de luz incide em uma placa de vidro ($n=1,5$) com 1 cm de espessura. O ângulo de incidência é 45° . Calcule qualitativamente se o desvio lateral será pequeno, médio ou grande, e justifique.
- 3 - Explique o que é desvio lateral da luz ao atravessar um bloco de vidro de faces planas e paralelas. Em quais situações esse desvio aumenta?
- 4 - Se a luz passar de um meio menos refringente para um mais refringente (ex: do ar para o vidro), o que acontece com o ângulo de refração?

Apêndice 3 - questionário 1

- 1 - Explique porque a luz se desvia ao passar do ar para água e como a diferença na velocidade da luz em cada meio está relacionada com o índice de refração
- 2 - Utilizando a lei de Snell explique por que o ângulo de refração é maior nesse caso. O que ocorreria se o ângulo de incidência aumentasse continuamente?
- 3 - Explique o que é reflexão interna total sob quais condições ela ocorre. Por que esse fenômeno é essencial para o funcionamento da fibra óptica?

Apêndice 4 - questionário 2

1- o que acontece com a velocidade e direção de um raio de luz quando passa de um meio menos refringente (como o ar) para um meio mais refringente (como o vidro) ?

2 - Um raio de luz atravessa um bloco de vidro com faces paralelas. Mesmo que ele retorne ao ar com o mesmo ângulo de incidência, a posição final do raio está deslocada lateralmente. Por que ocorre esse desvio lateral?

3 - Como a espessura do bloco de vidro influencia o tamanho do desvio lateral de um raio de luz? E quanto ao ângulo de incidência?

Apêndice 5 - teste final

Modifique o ângulo de incidência para 60° e veja se o ângulo mostrado na simulação satisfaz a equação da lei de Snell.

1 - Um raio de luz passa do ar (índice de refração = 1,0) para água (índice de refração = 1,33) com um ângulo de incidência de 30° . Qual será o ângulo de refração na água?

2 - Explique, um feixe de luz incide em uma placa de vidro ($n=1,5$) com 1 cm de espessura. O ângulo de incidência é 45° . Calcule qualitativamente se o desvio lateral será pequeno, médio ou grande, e justifique.

3 - Explique o que é desvio lateral da luz ao atravessar um bloco de vidro de faces planas e paralelas. Em quais situações esse desvio aumenta?

4 - Se a luz passar de um meio menos refringente para um mais refringente (ex: do ar para o vidro), o que acontece com o ângulo de refração?

5 - a luz atravessa o meio e refrata na água, nisso a luz terá a mesma velocidade?

7 - O que é reflexão interna total?

8 - O que acontece quando invertemos os meios?

