

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

VALTER DE ASSIS DANTAS

Utilização da Plataforma *GlowScript* na Sala de Aula Explorando o Seu Potencial para a Aprendizagem Significativa de Óptica Geométrica

Recife/PE

agosto /2024

Recife/PE
agosto /2024

Lista de ilustrações

Figura 1 – A quarentena de Newton Fonte: o autor	15
Figura 2 – Formação de Imagem no espelho plano Atividade - Fonte: o autor . . .	18
Figura 3 – Refração da luz Fonte: o autor no GlowScript	19
Figura 4 – Posição aparente do objeto: fonte: (A)fonte < https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg >, (B) o autor	20
Figura 5 – Trajetória do salva-vidas fonte: adaptação < https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg > . . .	20
Figura 6 – Ativ. Refração fonte: o autor no GlowScrit	21
Figura 7 – Fragmento da planilha do Excel Fonte: o autor	23
Figura 8 – Sequencia Didática Trabalhados nas turmas Fonte: o autor	25
Figura 9 – Alunos do 1º A Trabalhando Fonte: o autor	26
Figura 10 – Apresentação do 1º A Fonte: o autor	27
Figura 11 – Apresentação do 1º A Fonte: o autor	28
Figura 12 – Texto de Apoio 1 Fonte: o autor	29
Figura 13 – Texto de Apoio respostas 1 Fonte: o autor	30
Figura 14 – Texto de Apoio 1.3 Fonte: o autor	31
Figura 15 – Texto de Apoio respostas 1.3 Fonte: o autor	32
Figura 16 – Simulação Demonstrativa Fonte: o autor	33
Figura 17 – Ativ. 2º C Formação da Imagem x posição do observador. Figura 2 Fonte: o autor	34
Figura 18 – Ativ. 2º C construção do gráfico para a reflexão Fonte: o autor	35
Figura 19 – Atividade 1.7.1 para os 2º A, 2º B e 2º C Fonte: o autor	36
Figura 20 – Atividade 1.7.2 para os 2º A, 2º B e 2º C Fonte: o autor	37
Figura 21 – Atividade 1.7.2 Fonte: o autor	38
Figura 22 – Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3) Fonte: o autor(aluno 01)	39
Figura 23 – Gráfico Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3 tempo x posição) Fonte: o autor (aluno 01)	40

Figura 24 – Gráfico Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3 senos e par
meios x posição) Fonte: o autor (aluno 01) 40

Figura 25 – Estudantes trabalhando o Princípio de Fermat na sala de informática
(Atividade 1.7.3 da refração do raio de luz) Fonte: o autor (aluno 01) . 41

Lista de tabelas

Tabela 1	– Coleta de Dados Para a Simulação da lei da Reflexão	10
Tabela 2	– Determinação do índice de refração do material	22
Tabela 3	– Coleta de dados da simulação referente a refração da luz, para o meio incidente $n_1 = 1$ e o meio refratado $n_2 = 2$	24

Sumário

1	PRODUTO EDUCACIONAL	7
1.1	Recursos Didáticos	8
1.1.1	Reflexão da Luz	8
1.1.2	Experimento com uma Turma do Primeiro Ano	8
1.1.3	Procedimentos do Experimento	9
1.1.4	Simulações demonstrativas para Turmas do Segundo Ano	12
1.2	Texto de Apoio Inicial	15
1.3	Texto de Apoio	16
1.4	Atividade de Física	
	Justificativa	16
1.5	Objetivos	16
1.6	Desenvolvimento	16
1.6.1	Reflexão da luz	16
1.6.2	Formação de Imagens no Espelho Plano	18
1.7	Refração da Luz	19
1.7.1	Atividade 01 (Refração da luz)	19
1.7.2	Atividade 02 (Refração da luz)	21
1.7.3	Princípio de Fermat para a Refração	23
1.7.4	Procedimentos	23
1.7.4.1	Construção do Gráfico	23
2	RESULTADOS	25
2.1	Sequência de Didáticas Aplicadas nas turmas	25
2.1.1	Aplicação do produto na disciplina Investigação Científica; 1º ano A	25
2.1.2	Aplicação do produto na disciplina Física; 2º anos A, B e C	29
2.1.2.1	Princípio de Fermat para a Refração	39
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICES	45
	ANEXOS	47
.1	GlowScript na Plataforma WEB	50
.2	Simulação para o Princípio de Fermat	55

.2.1	Reflexão da Luz	55
.2.2	Refração da Luz	57

1 PRODUTO EDUCACIONAL



Valter de Assis Dantas

Orientador: Prof. Dr. Adauto José Ferreira de Souza
coorientador: Prof. Dra. Énery Gislayne de Sousa Melo

Apresentação

Este Produto Educacional é destinado principalmente aos docentes que tenham interesse em usa-lo como recurso diatático para dinamizar, otimizar as aulas de Física em Particular a Óptica Geométrica. Consiste em uma sequência didática, composta por um conjunto de aulas a serem apresentadas na plataforma GlowScript. Além disso, o Produto Educacional introduz o leitor à linguagem de programação Python e ao ambiente GlowScript. O objetivo é fornecer um ambiente interativo que engaje os estudantes do Ensino Médio em uma aprendizagem ativa de Física. Enfatizamos a associação entre a sala de aula e o uso de computadores como um recurso enriquecedor e potencializador no processo de ensino e aprendizagem. O ambiente GlowScript permite o desenvolvimento de múltiplas funções diretamente no navegador, com o uso do módulo Vpython para criar e manipular figuras/objetos tridimensionais de maneira simples, além de traçar gráficos de funções e desenhar curvas. Isso possibilita criar animações de fenômenos físicos a partir da solução das equações básicas que governam a evolução temporal das grandezas que descrevem o comportamento do sistema. O código desenvolvido foi pensado para permitir que o usuário interaja com a simulação, modificando os parâmetros, as condições iniciais, ou até mesmo reescrevendo-o, as simulações foram desenvolvidas com a intenção de aproximá-las ao máximo de um laboratório físico, propondo situações-problema de maneira investigativa que despertem o interesse dos estudantes por uma aprendizagem significativa. Propomos duas modalidades de uso: como ferramenta de aprendizagem por investigação ao sugerir que o aluno deve adquirir suas próprias certezas e conhecimentos através de um processo investigativo, no os alunos deve levar as hipóteses para resolver

a situação-problema proposta; e como demonstrações investigativas, associadas a uma atividade guiada.

1.1 Recursos Didáticos

É preciso formar o estudante para que ele seja capaz de conhecer os conteúdos curriculares e reconhecê-los em seu cotidiano, construir novos conhecimentos a partir de sua vivência e utilizá-los em situações com as quais possam se defrontar ao longo de sua vida. A experimentação no ensino da Física, tem como finalidade motivar o estudante a desenvolver expectativas sobre como vai ocorrer o experimento e quais respostas ele vai obter. Como assinala ([BACHELARD, 1996](#), p.18) "todo conhecimento é a resposta de uma pergunta".

Optamos por uma sequência didática composta por 2 experimentos investigativos, utilizando a proposta do laboratório aberto e atividades problematizadoras ([CARVALHO, 2010](#)), além de 10 experimentos demonstrativos na modalidade de simulação. Estes últimos, associados com atividades problematizadoras. Os experimentos investigativos têm como objetivo verificar, dentre os possíveis caminhos percorridos pela luz, qual apresenta o menor tempo possível para a reflexão e refração. Já nos experimentos demonstrativos, trabalhamos os princípios da óptica geométrica, incluindo reflexão, formação de imagens em espelhos planos, campo de visão do espelho plano, índices de refração, reflexão interna total e fibra óptica.

1.1.1 Reflexão da Luz

1.1.2 Experimento com uma Turma do Primeiro Ano

Trabalhamos com o experimento investigativo como laboratório aberto, juntamente com a disciplina Investigação Científica, integrada aos itinerários formativos do novo ensino médio como objetivo atender às Habilidades relacionadas às competências gerais da BNCC. O objetivo é identificar, selecionar, processar e analisar dados, fatos e evidências com curiosidade, atenção, criticidade e ética, inclusive utilizando o apoio de tecnologias digitais.

A atividade teve como premissa colocar em prática as etapas do método científico, as quais estudamos e debatemos em aulas teóricas e por meio da leitura sobre investigação científica. As etapas do método científico que abordamos incluem: Observação, Questionamento, Hipóteses, Experimentação, Análise dos Resultados e Conclusão. Na atividade, começamos com a experimentação, onde seria observado o comportamento de um raio de luz ao incidir sobre uma superfície refletora (espelho). Nossa intenção é colocar o estudante como agente ativo no processo de aprendizagem, utilizando simulações computacionais.

1.1.3 Procedimentos do Experimento

1. Acessar a plataforma GlowScript: <<https://www.glowscript.org/#/user/LabPhyVirtual/folder/OpticaGeometrica/program/04Reflexao-01>>.
2. Para otimizar o experimento, colocamos na área de trabalho de cada computador disponível para o experimento, o ícone do experimento.
3. Clicar em "CLICAR PARA INICIAR A SIMULAÇÃO"
4. Escolher uma medida entre 0.2 e 2.9 m (posição no espelho (de 3 metros de comprimento), para que o raio de luz incida nele)
5. Preencher a tabela 1 da coleta de dados.
6. Ao digitar o valor decimal, use o "ponto (.)" em vez de vírgula (,)¹

¹ A sintaxe (escrita) de programa tem o idioma padrão a língua inglesa, que usa na separação do decimal o ponto, em vez da vírgula como no idioma em português

EREM José Mariano				
Professor:	Valter de Assis Dantas	Disciplina:	Física	DATA
Estudante		Estudante		
Ordem	Ponto de incidência (m)	Tempo (ns) $n = 10^{-9}$	Ângulo de Incidência ($^{\circ}$)(ϕ_i)	Ângulo de Reflexão ($^{\circ}$)(ϕ_r)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

Tabela 1 – Coleta de Dados Para a Simulação da lei da Reflexão

A turma do 2C preencheu a tabela 1 coletando os dados do experimento virtual conforme orientação, após a coleta dos dados a turma foi orientado a usar as planilhas eletrônicas do Excel ou LibreOffice Calc, a depender qual planilha estava instalada no computador.

1.1.4 Simulações demonstrativas para Turmas do Segundo Ano

A utilização da simulação computacional favorece uma aprendizagem potencialmente significativa, uma vez que os estudantes estão envolvidos na situação problematizadora, fornece um "*feeddback*" rápido, na observação na evolução do fenômeno, evitando assim abstrações desnecessárias ou precoce.

A aplicação dessa sequência didática teve como base a aprendizagem significativa, no qual foi valorizado os conhecimentos prévios produzidos nas aulas tradicionais sobre a óptica geométrica em particular o princípio de Fermat.

ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Introdução à Óptica Geométrica

A óptica Geométrica estuda o comportamento da luz em termos de raios luminosos. Compreender as diferentes formas de sua propagação para entender alguns fenômenos físico relativos a luz tais como: a formação de eclipse lunar ou solar, a formação de imagens na reflexão e na refração, etc.

OBJETIVOS

- Desenvolver uma simulação computacional como material didático para o ensino da Óptica Geométrica
- Aplicar os conceitos da óptica geométrica:
 - raio de luz;
 - feixe de luz
 - propagação retilínea dos raios de luz
 - independência dos raios de luz
 - reversibilidade dos raios de luz
 - reflexão da luz em superfície refletora.
 - princípio de Fermat
 - refração da luz

CONTEÚDOS

- Propagação Retilínea da Luz
- Independência dos Raios de Luz
- Reversibilidade dos Raios de Luz
- Índice de refração

PROPOSTAS DAS ATIVIDADES

- Exposição oral dialogada: conceitos da óptica Geométrica
- Mostra a diferença entre sombra e penumbra
- Uso da plataforma GlowScript para mostrar os princípios fundamentais da óptica Geométrica

FORMAS DE AVALIAÇÃO

- Observações efetuadas durante o experimento virtual da reflexão da luz numa superfície espelhada, bem como as discussões e exposições verbais que reflitam o entendimento dos participantes, relacionadas aos conhecimentos sobre a reflexão da luz e fundamentadas no princípio de Fermat.

1.2 Texto de Apoio Inicial



A Peste Bubônica versus Produção Científica em Londres Lei com atenção o texto a seguir e responda as questões

A Grande Praga

a segunda metade do século XVII, em 1665 e 1666, Londres registrou milhares de mortes em decorrência da Grande Praga, uma epidemia de peste bubônica que afetou a Inglaterra. Como na época não existiam procedimentos médicos capazes de interromper a disseminação de uma doença contagiosa, quem vivia em grandes centros urbanos tinha mais chances de contrai-la. Portanto, tanto Londres como as cidades próximas tiveram uma grande evasão de pessoas, que procuraram refúgio em regiões campestres e menos habitadas para viverem a quarentena. Com isso, diversas instituições de ensino decidiram fechar as suas portas até que a Grande Praga acabasse, incluindo o Trinity College da Universidade de Cambridge, que enviou para casa todos os seus frequentadores, incluindo um jovem rapaz de 23 anos de idade, chamado Isaac Newtons.



Figura 1: Londres 1665

A quarentena de Newton

Poucos meses após receber o seu diploma de graduação, Newton foi obrigado a suspender os seus estudos e voltar para Woolsthorpe, o vilarejo onde sua família morava. Foi lá que ele morou por aproximadamente um ano e meio, até poder regressar para Cambridge e seguir com a sua carreira acadêmica.

A óptica foi uma das maiores paixões de Newton. Dentro de seu próprio quarto e utilizando instrumentos simples, ele promoveu experimentos de tamanha precisão que até hoje são reproduzidos, por sua relevância. Um deles, Newton fez um

pequeno buraco na persiana da sua janela, de maneira que apenas um pequeno feixe de luz entrasse no quarto e atravessasse dois prismas, decompondo a luz do Sol nas cores do arco-íris. Com isso, ele pôde calcular o ângulo de refração de cada cor e chegar à conclusão que a luz branca é a somatória de todas as outras cores.



Figura 2: Prisma, projeção da luz

Newton acreditava que a luz consistia em *corpúsculos* diminutos projetados pela luz. Entretanto, esse ponto de vista foi contestado por cientistas já na época, especialmente por Christiaan Huygens, que escreve que a luz consistia em um movimento ondulatório. Newton também se ocupou da questão: quando a luz se refletia na superfície de um vidro ou da água, o que determina que parte da luz será refletida e que parte, refrata e transmitida?

Estudante: _____

Turma: 2º _____

01. Observando as figuras 1 e 2, qual a leitura que você faz entre elas ?
02. No texto qual o significado da palavra *corpúsculos* ?
03. No texto como Newton observou a decomposição da luz?
04. Que cientista discordou da teoria corpuscular da luz ?
05. Que você entendeu sobre a observação de Newton que a luz será refletida e que uma parte refrata?

1.3 Texto de Apoio

OBS: LEIA COM ATENÇÃO O TEXTO A SEGUIR E RESPONDA AS QUESTÕES PROPOSTAS.

1.4 Atividade de Física

Justificativa

Discutir sucintamente sobre a natureza da luz, analisar sua propagação nos meios materiais. Analisar comportamento dos raios luminosos na interfase de uma superfície refletora.

1.5 Objetivos

Entender a descrição geométrica da propagação da luz (através de raios), e o **princípio de Fermat**.

1.6 Desenvolvimento

O ramo da óptica que utiliza os raios para descrever a propagação da luz denomina-se **óptica geométrica**. Ela se caracteriza pela simplicidade matemática e é capaz de descrever vários (mas não todos) os efeitos ópticos. A óptica geométrica é baseada em três princípios.

- **Propagação Retilínea da Luz:** Em um meio homogêneo e transparente a luz se propaga em linha reta. Cada uma dessas "retas de luz" é chamada de raio de luz.
- **Independência dos Raios de Luz:** quando dois raios de luz se cruzam, um não interfere na trajetória do outro, cada um se comportando como se o outro, não existisse

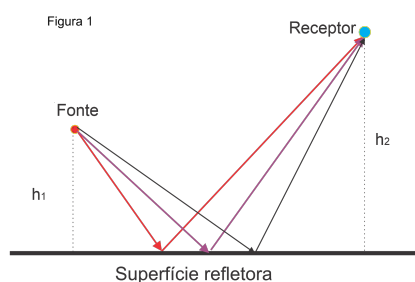
- **Reversibilidade dos Raios de Luz:** se o sentido de propagação de um raio de luz é revertido, ele continua a percorrer a mesma trajetória, em sentido contrário.

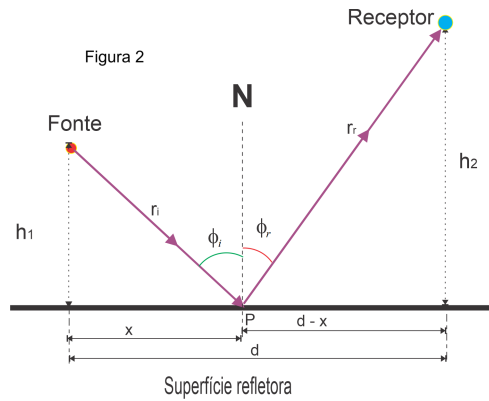
Todos os três princípios podem ser derivados a partir do Princípio de Fermat, de Pierre de Fermat, que diz que quando a luz percorre a distância de um ponto a outro, ela segue a trajetória que minimiza o tempo do percurso.

A óptica geométrica se aplica ao estudo do fenômeno da reflexão e refração luminosa, sendo frequentemente utilizada na área de análise dos espelhos e lentes. Por outro lado, ela não pode ser aplicada para explicar interferência e difração, por exemplo.

1.6.1 Reflexão da luz

Quando um feixe de luz incide sobre uma superfície plana, regular e bem polida, um espelho por exemplo, o feixe de luz retorna ao mesmo ambiente de forma ordenada.





Estudante: _____

Turma: 2º _____

1. Observando as figuras 1 e 2, qual a lei-

tura que você faz entre elas ?

2. No texto qual o ramo da óptica que utiliza os raios para descrever a propagação da luz?
3. No texto como você descreve o princípio de Fermat?
4. O Que você entende por independência dos raios de luz?
5. Que você entendeu sobre a reflexão da luz?

1.6.2 Formação de Imagens no Espelho Plano



FORMAÇÃO DE IMAGENS NOS ESPELHOS PLANOS

Lei com atenção o texto a seguir e responda as questões

Um **raio** é uma linha reta que representa a direção na qual a luz se propaga. Um feixe de luz corresponde um conjunto de raios de luz emitido por uma fonte luminosa. A Figura 1 ilustra uma fonte de luz emitindo feixe de luz em todas as direções.

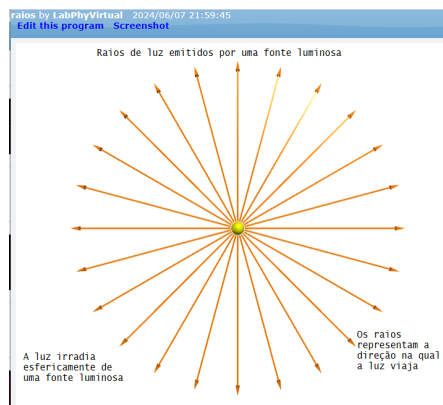


Figura 1: Fonte luminosa

Objeto iluminados reflete a luz, que são representados por raios e são refletidos de uma superfície lisa formam uma imagem, como se fosse uma duplicata opticamente formada do objeto (Figura 2). Se rastreamos os raios refletidos de volta ao ponto em que eles parecem se cruzar, vemos que esse ponto está atrás do espelho. Consequentemente, o cérebro interpreta os raios refletidos como tendo vindo daquele ponto, criando a ilusão de que a imagem está atrás do espelho. As direções dos raios que alcançam os olhos do observador são as mesmas como se tivessem vindo de um objeto localizado atrás do espelho.

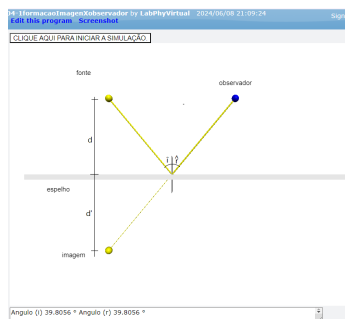


Figura 2: Formação da imagem no espelho plano

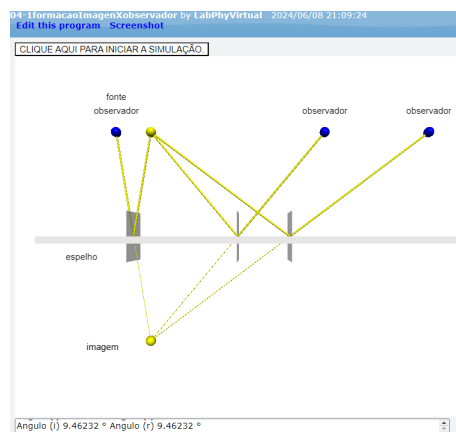


Figura 3: Formação da imagem no espelho plano

Analisando a figura3 temos três observadores colocados em frente ao espelho refletidos chegam aos olhos dos observadores, porém, eles vêm a imagem na mesma posição.

Estudante: _____

Série: _____ Turma: _____

01. Como você define um raio de luz?
02. Como se propagam os raios de luz de uma fonte luminosa?
03. Um objeto colocado em frente a um espelho plano, raios são refletido no espelho na direção de um observador. Onde se forma a imagem desse objeto?
04. Se o observador em frente um objeto vê a imagem em uma posição, se ele (observador) mudar a sua posição em frente ao espelho plano, há mudança da posição da imagem?
05. Que você entendeu ao ler na figura2, "A luz irradia esfericamente de uma fonte luminosa?"

1.7 Refração da Luz

1.7.1 Atividade 01 (Refração da luz)

A refração é a passagem da luz de um meio para outro. Nesta passagem, a luz pode sofrer um desvio em sua trajetória, como ilustrado na figura 3. Este desvio ocorre porque a luz, ao passar de um meio para o outro, propaga-se com velocidades diferentes.

A velocidade da luz é igual a c (300 000 000 m/s) no vácuo. Com essa velocidade, a luz é capaz de dar 7 voltas e meia ao redor da Terra em um segundo. Entretanto, a luz tem velocidade menor que c em qualquer outro meio, devido à maior densidade desses meios.

O índice de refração é uma medida de quanto a luz é retardada em um meio em comparação ao vácuo. Por exemplo, quando a luz passa do ar para a água, ela desacelera, fazendo com que sua trajetória se desvie. Isso explica por que um objeto submerso na água parece estar em uma posição diferente de onde realmente está.

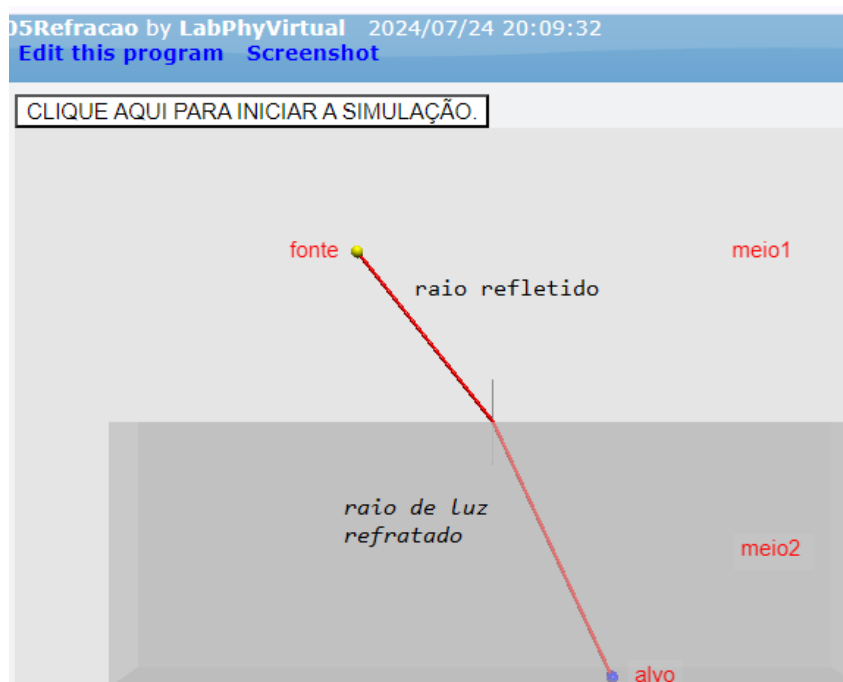


Figura 3 – Refração da luz
Fonte: o autor no GlowScript

1. No texto a letra ' c ' em **negrito** representa que grandeza física?

_____ item

O n_2 , figura 6 representa o índice de refração, que é uma relação entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v).

Sendo assim o valor numérico de

$$n_2 = \frac{c}{v} \quad (1.1)$$

Então, vamos calcular o valor de n_2 , onde a velocidade da luz nesse meios seja 150.000.000 m/s

2. Observe o pescador na figura 4. Tentando pescar um peixe. Qual o princípio físico que tratar as duas imagens?

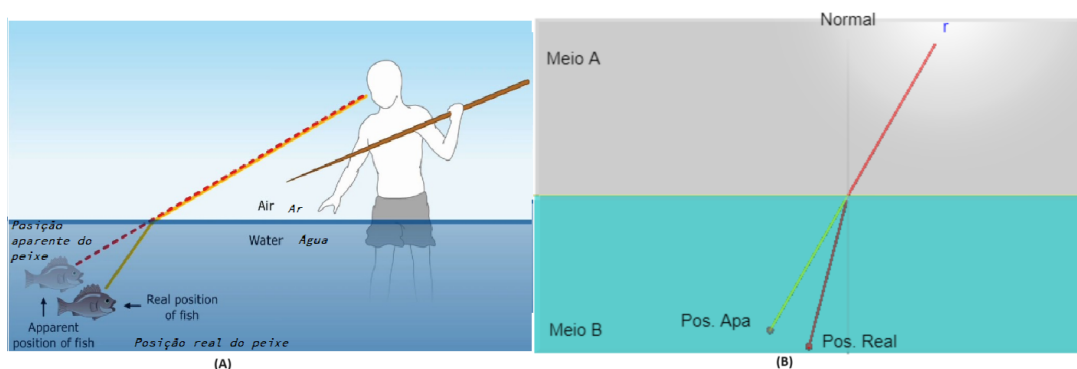
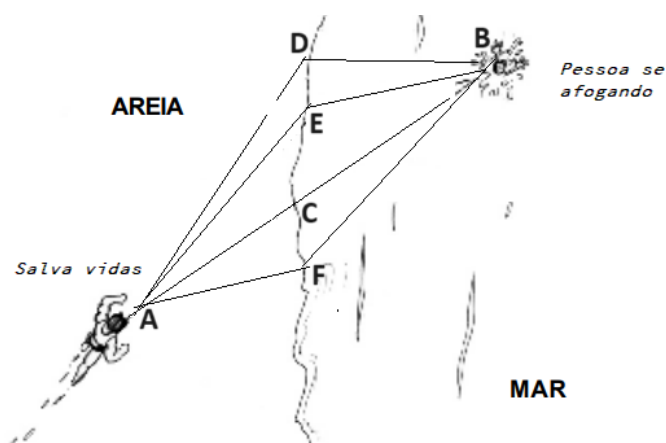


Figura 4 – Posição aparente do objeto: fonte: (A) fonte <<https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg>>, (B) o autor

3. (Adaptado do livro (ÁVILA, 2003) exemplo 5 capítulo 8). Um salva-vidas em terra, no ponto A, no momento em que um banhista começa a se afogar num ponto B (figura 5).



Qual a trajetória que o salva-vidas deve escolher dentre as alternativas abaixo para socorrer a vítima no menor tempo possível, de acordo com a figura 5?

- a) AF e FB
- b) AC e CB
- c) AE e EB
- d) AD e DB

Figura 5 – Trajetória do salva-vidas
fonte: adaptação <<https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg>>

1.7.2 Atividade 02 (Refração da luz)

Estudante: _____ Turma: 2º _____

Situação-problema 1: Quando um raio de luz passa do ar (meio menos refringente) para a água (meio mais refringente) o que acontece com a direção de propagação da luz?

Para responder à situação-problema vamos acessar o laboratório virtual (LabPhyVirtual).

<https://www.glowscript.org/#/user/LabPhyVirtual/folder/OpticaGeometrica/program/06RefracaoEReflexao>

Vamos seguir algumas orientações:

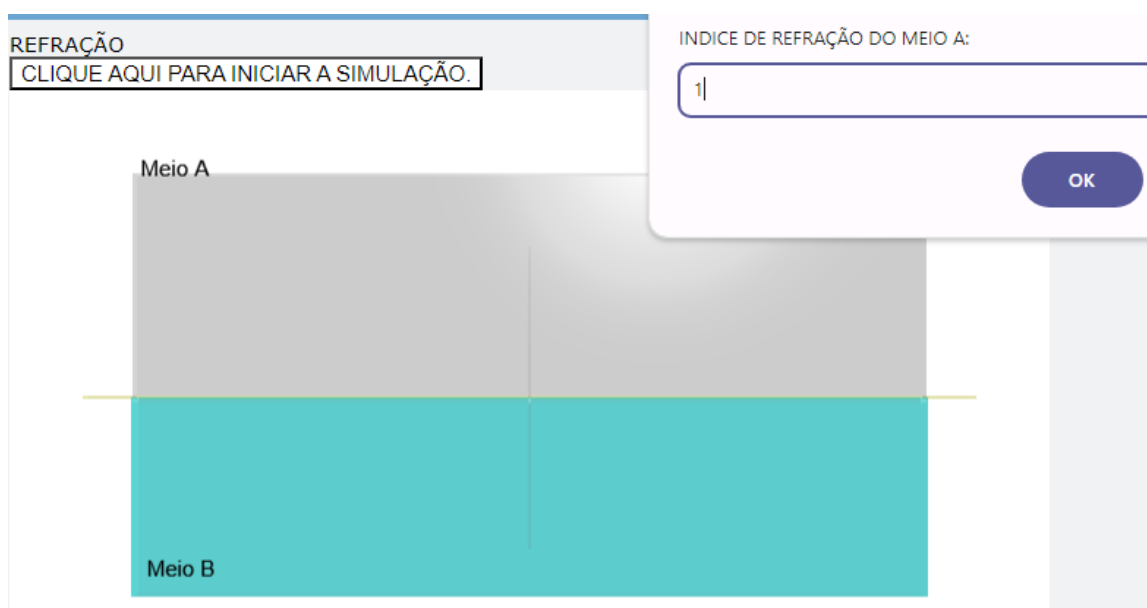


Figura 6 – Ativ. Refração
fonte: o autor no GlowScri

Para iniciar a simulação vamos usar para o índice de refração do meio A (o ar), 1.00 confirme com "OK", para o meio B (a água), 1.33, e para o ângulo de incidência 60°. Clique novamente em "CLIQUE AQUI PARA INICIAR A SIMULAÇÃO". Agora vamos inverter os meios, para o meio A (agora o meio A vai ser a água) 1.33 e o meio B (o ar), 1.00; o ângulo de incidência, também 60°.

1. O que acontece com a direção de propagação da luz?
2. Identifique a normal à superfície de separação e os raios de incidente, refletido e refratado. (Observado na simulação), desenhe os raios na figura 6.
3. Defina:
 - a) ângulo de incidência _____

b) ângulo de refração: _____

4. Vamos agora fazer um experimento para determinar o índice de refração do meio refratado:

índice de refração do meio A (o ar), 1.00 (meio incidente)

Faça variar para cada simulação o ângulo de incidência, registre na tabela os respectivos ângulos de refração e os seus senos, assim como o quociente entre o seno de incidência e o seno da refração

Ângulo(θ_i)°	Ângulo(θ_r) °	seno (θ_i)	seno (θ_r)	quociente = $\frac{\sin(i)}{\sin(r)}$

Tabela 2 – Determinação do índice de refração do material

5. Compare os ângulos de incidência com os ângulos de refração.
6. Qual a relação que você observa com relação ao quociente entre o seno de incidência e o seno da refração?
7. quando o feixe passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, o ângulo de refração _____ (maior do que o / igual ao / menor do que o) de incidência: o feixe _____ (aproxima-se / não se afasta nem se aproxima / afasta-se) da normal.
Se o ângulo de incidência for de 0°, a luz refrata-se _____ (e sofre / mas não sofre) desvio.
8. Em inspeção as postos de gasolina, foi separadas três amostras com os respectivos índices de refração: amostra A = 1.30, amostra B = 1.40 e amostra B = 1.50, o experimento foi feito com um ângulo de incidência de 45°. Registre seus respectivos ângulos de Refração.
A) 1.30 _____ B) 1.40 _____ C) 1.50 _____
9. Qual dessas amostra, mais se aproximou da normal?

Esta atividade foi baseada num trabalho do prof. David M. Harrison, hospedado no site: <<https://www.casadasciencias.org/recurso/5744>>, acessado em 05/02/2024.

1.7.3 Princípio de Fermat para a Refração

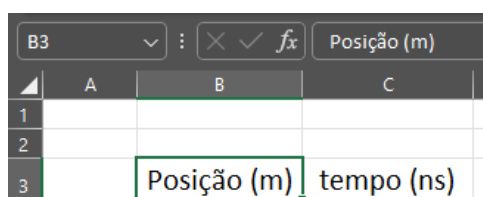
O objetivo dessa simulação é verificar como se comporta a refração da luz, isto é, o desvio sofrido pela luz ao atravessar uma superfície de separação entre dois meios de propriedades diferentes. Para esse procedimento vamos acessar o laboratório virtual, **LaphyVirtual**, acessando o link: <https://bit.ly/3yr3gi7>

1.7.4 Procedimentos

1. acessar a plataforma GlowScript: <https://bit.ly/3yr3gi7>. Para otimizar o experimento, colocamos na área de trabalho de cada computador disponível para o experimento, o ícone do experimento.
2. clicar em "CLIQUE AQUI PARA INICIAR A SIMULAÇÃO"
3. Escolher uma medida entre 0 e 3 m (posição na superfície entre os dois meios, ponto de incidência, para incidir o raio de luz e atinja o alvo).
4. Preencher a tabela 3 com a coleta de dados na simulação.
5. Ao digitar o valor decimal, use o "ponto (.)" em vez de vírgula (,)"
6. Objetivo: Determinar o menor tempo da trajetória do raio de luz até atingir o alvo.
7. analisar os dados referente ao menor tempo, os ângulos de incidência e de refração.

1.7.4.1 Construção do Gráfico

1. Transcreva os dados coleta para uma planilha do Excel ou LibreOffice Calc.



	A	B	C
1		Posição (m)	
2			
3		Posição (m)	tempo (ns)

Figura 7 – Fragmento da planilha do Excel
Fonte: o autor

2. Selecione a coluna da posição e coloque em ordem crescente para fazer o gráfico.

EREM José Mariano				
Professor:	Valter de Assis Dantas	Disciplina:	Física	DATA
Estudante		Estudante		
Ordem	Ponto de incidência (m)	Tempo (ns)	incidência $n_1 \cdot \sin(\theta_i)$	refração $n_2 \cdot \sin(\theta_r)$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				

Tabela 3 – Coleta de dados da simulação referente a refração da luz, para o meio incidente $n_1 = 1$ e o meio refratado $n_2 = 2$

2 Resultados

Desenvolvemos três propostas de Sequências Didáticas para atender as especificidades de cada turma. De acordo com a organização curricular das escolas de Ensino Médio no Estado de Pernambuco, cada turma tem uma aula semanal para a disciplina de Física. Dessa forma, apenas fizemos uso das Simulações Demonstrativas. Nas disciplinas nos itinerários formativos com carga horária de três aulas semanais, correlacionados com a disciplina Física, aplicamos a sequência didática investigativa.

2.1 Sequência de Didáticas Aplicadas nas turmas

Ano	Quantidade de turmas	Quant. de estudantes	Abordagem didática
1º	1	34	Totalmente aberto Investigativo
2º	2	70	Demonstrativas
	1	22	Investigativas guiadas*
* Sequência completa			

Figura 8 – Sequencia Didática Trabalhados nas turmas
Fonte: o autor

2.1.1 Aplicação do produto na disciplina Investigação Científica; 1º ano A

Nesta turma, utilizamos o produto educacional para validar o princípio de Fermat como suporte para a disciplina de Investigação Científica, que conta com duas aulas semanais. Dentro da proposta de (CARVALHO et al., 2014), os estudantes receberam as informações necessárias para acessar a plataforma Glowscript, além de detalhes sobre o tamanho do espelho, com instruções para limitar os valores escolhidos e utilizar o ponto (.) em vez da vírgula ao digitar decimais. A turma, que composta por 36 estudantes, foi dividida em dois grupos para realizar o experimento na sala de informática, que possui 11 computadores disponíveis. Utilizamos um computador para dois alunos.

O objetivo do experimento era observar o comportamento da trajetória da luz partindo de uma fonte, incidir num espelho em uma determinada posição (ponto de in-

cidência) escolhida pelo estudante até atingir o alvo. Os dados fornecidos pela simulação foram coletados e preenchidos em uma tabela (ver tabela 1) para verificar em qual posição (ponto de incidência) ocorreria o menor tempo e quais seriam as implicações desse tempo. Utilizamos duas aulas para a coleta de dados e quatro momentos para que os estudantes discutissem o experimento e compartilhassem suas observações.



(A) Alunos aplicando o produto para a reflexão



(B) Alunos discutindo a atividade do experimento

Figura 9 – Alunos do 1º A Trabalhando
Fonte: o autor

No início do experimento, os estudantes não tinham a menor ideia do que se tratava. No decorrer da atividade, perceberam que o experimento envolvia a luz refletida no espelho. Ao se organizarem em grupos, os alunos se debruçaram sobre os dados coletados e os revisaram. Em determinado momento, pensaram que havia um erro, pois, na posição 1,2 m, algo se diferenciava de todos os outros dados coletados, já que apresentava os mesmos ângulos para a incidência e para a reflexão. Alguns grupos se dispersaram na discussão, até que houve a intervenção do professor, sugerindo que observassem melhor o que haviam comentado na mesma linha. Foi então que o mesmo grupo percebeu que aquela posição registrava o menor tempo possível. Após esse análise os estudantes voltaram ao laboratório para fazer a apresentação dos trabalhos para a disciplina Investigação científica, com a construção do gráfico e o slide.



Figura 10 – Apresentação do 1º A
Fonte: o autor



Figura 11 – Apresentação do 1º A
Fonte: o autor

2.1.2 Aplicação do produto na disciplina Física; 2º anos A, B e C

A estratégia usada no 2º A, 2º B e 2º C, tem como base as demonstrações Investigativas. Preparamos dois textos de apoios 1 e 1.3 com os principais conceitos da óptica geométrica, servindo de ancoragem para o entendimento da óptica geométrica segundo a visão de Fermat. Após concluído a leitura e responder as questões previstas no texto, acessamos a plataforma do GlowScript para iniciar ao processo investigativo. O processo foi durante a aula, com a situação-problema.



A Peste Bubônica versus Produção Científica em Londres
Lei com atenção o texto a seguir e responda as questões

A Grande Praga

a segunda metade do século XVII, em 1665 e 1666, Londres registrou milhares de mortes em decorrência da Grande Praga, uma epidemia de peste bubônica que afetou a Inglaterra. Como na época não existiam procedimentos médicos capazes de interromper a disseminação de uma doença contagiosa, quem vivia em grandes centros urbanos tinha mais chances de contraí-la. Portanto, tanto Londres como as cidades próximas tiveram uma grande evasão de pessoas, que procuraram refúgio em regiões campestres e menos habitadas para viverem a quarentena. Com isso, diversas instituições de ensino decidiram fechar as suas portas até que a Grande Praga acabasse, incluindo o Trinity College da Universidade de Cambridge, que enviou para casa todos os seus frequentadores, incluindo um jovem rapaz de 23 anos de idade, chamado Isaac Newtons.

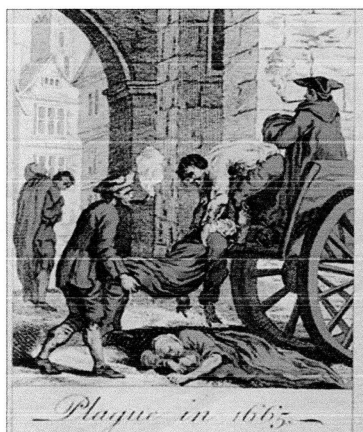


Figura 1: Londres 1665

A quarentena de Newton

Poucos meses após receber o seu diploma de graduação, Newton foi obrigado a suspender os seus estudos e voltar para Woolsthorpe, o vilarejo onde sua família morava. Foi lá que ele morou por aproximadamente um ano e meio, até poder regressar para Cambridge e seguir com a sua carreira acadêmica.

A óptica foi uma das maiores paixões de Newton. Dentro de seu próprio quarto e utilizando instrumentos simples, ele promoveu experimentos de tamanha precisão que até hoje são reproduzidos, por sua relevância. Um deles, Newton fez um

pequeno buraco na persiana da sua janela, de maneira que apenas um pequeno feixe de luz entrasse no quarto e atravessasse dois prismas, decompondo a luz do Sol nas cores do arco-íris. Com isso, ele pôde calcular o ângulo de refração de cada cor e chegar à conclusão que a luz branca é a somatória de todas as outras cores.

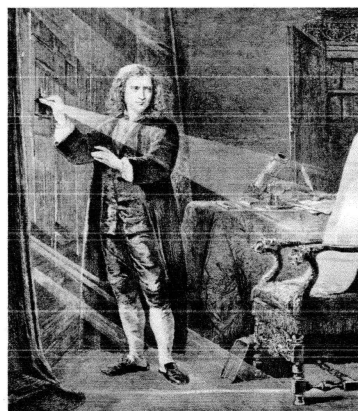


Figura 2: Prisma, projeção da luz

Newton acreditava que a luz consistia em *corpúsculos* diminutos projetados pela luz. Entretanto, esse ponto de vista foi contestado por cientistas já na época, especialmente por Christiaan Huygens, que escreve que a luz consistia em um movimento ondulatório. Newton também se ocupou da questão: quando a luz se refletia na superfície de um vidro ou da água, o que determina que parte da luz será refletida e que parte, refrata e transmitida?

Estuda

Turma: 2º C

01. Observando as figuras 1 e 2, qual a leitura que você faz entre elas?
02. No texto qual o significado da palavra *corpúsculos*?
03. No texto como Newton observou a decomposição da luz?
04. Que cientista discordou da teoria corpuscular da luz?
05. Que você entendeu sobre a observação de Newton que a luz será refletida e que uma parte refrata?

- 1.) Lentes estão fabricadas com o estudo e deslento de Isaac Newton
- 2.) Diminutos profetados pelo luz. Coisas pequenas
- 3.) Ele fez um pequeno Buraco. no pariano do fanelo de madeira que aperece um pequeno feixe de luz entrasse no quarto e atravessasse dois prismas.
- 4.) Christiaan Huygens.
- 5.) Que uma sero refletido com formo a imagem que aparece. e o retratado sero da imagens sendo que o objeto não vai estar de um lado vai estar do outro.



Figura 13 – Texto de Apoio respostas 1

Fonte: o autor



EREM
JOSÉ MARIANO



PROF^{OS} MARCIA DANTAS
& VALTER DANTAS

PROPAGÇÃO DA LUZ NOS MEIOS MATERIAIS: REFLEXÃO REFRAÇÃO E DISPERSÃO
Lei com atenção o texto a seguir e responda as questões

1 ATIVIDADE DE FÍSICA

Justificativa

Discutir sucintamente sobre a natureza da luz, analisar sua propagação nos meios materiais. Analisar comportamento de raios luminosos na interface de uma superfície refletora.

2 OBJETIVOS

Entender a descrição geométrica da propagação da luz (através dos raios), e o **princípio de Fermat**.

3 DESENVOLVIMENTO

O ramo da óptica que utiliza os raios para descrever a propagação da luz, denomina-se **óptica geométrica**. Ela se caracteriza pela simplicidade matemática, e é capaz de descrever vários (mas não todos) os efeitos ópticos.

A óptica geométrica é baseada em três princípios.

- **Propagação Retilínea da Luz:** em um meio homogêneo e transparente a luz se propaga em linha reta. Cada uma dessas "retas de luz" é chamada de raio de luz.
- **Independência dos Raios de Luz:** quando dois raios de luz se cruzam, um não interfere na trajetória do outro, cada um se comportando como se o outro não existisse.
- **Reversibilidade dos Raios de Luz:** se o sentido de propagação de um raio de luz é revertido, ele continua a percorrer a mesma trajetória, em sentido contrário.

Todos os três princípios podem ser derivados a partir do **Princípio de Fermat**, de Pierre de Fermat, que diz que quando a luz percorre a distância de um ponto a outro, ela segue a trajetória que minimiza o tempo do percurso.

A óptica geométrica se aplica ao estudo do fenômeno da reflexão e refração luminosa, sendo frequentemente utilizada na área de análise dos espelhos e lentes. Por outro lado, ela não pode ser aplicada para explicar **interferência** e **difração**, por exemplo.

3.1 Reflexão da luz

Quando um feixe de luz incide sobre uma superfície plana, regular e bem polida, um espelho por exemplo, o feixe de luz retorna ao mesmo ambiente de forma ordenada.

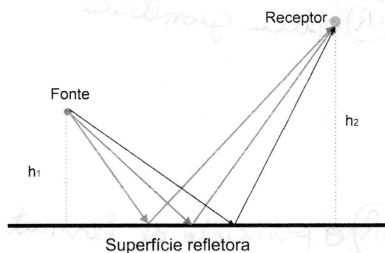


Figura 1

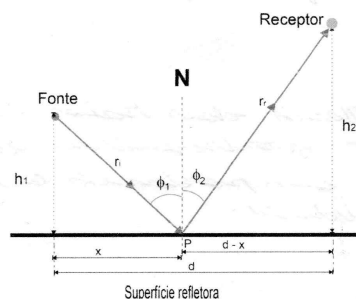


Figura 2

Estudante:

Turma: 2º B

01. Observando as figuras 1 e 2, qual a leitura que você faz entre elas?
02. No texto qual o ramo da Física que utiliza os raios para descrever a propagação da luz?
03. No texto como você descreve o princípio de Fermat?
04. O que você entende por independência dos raios de luz?
05. Que você entende sobre a reflexão da luz?

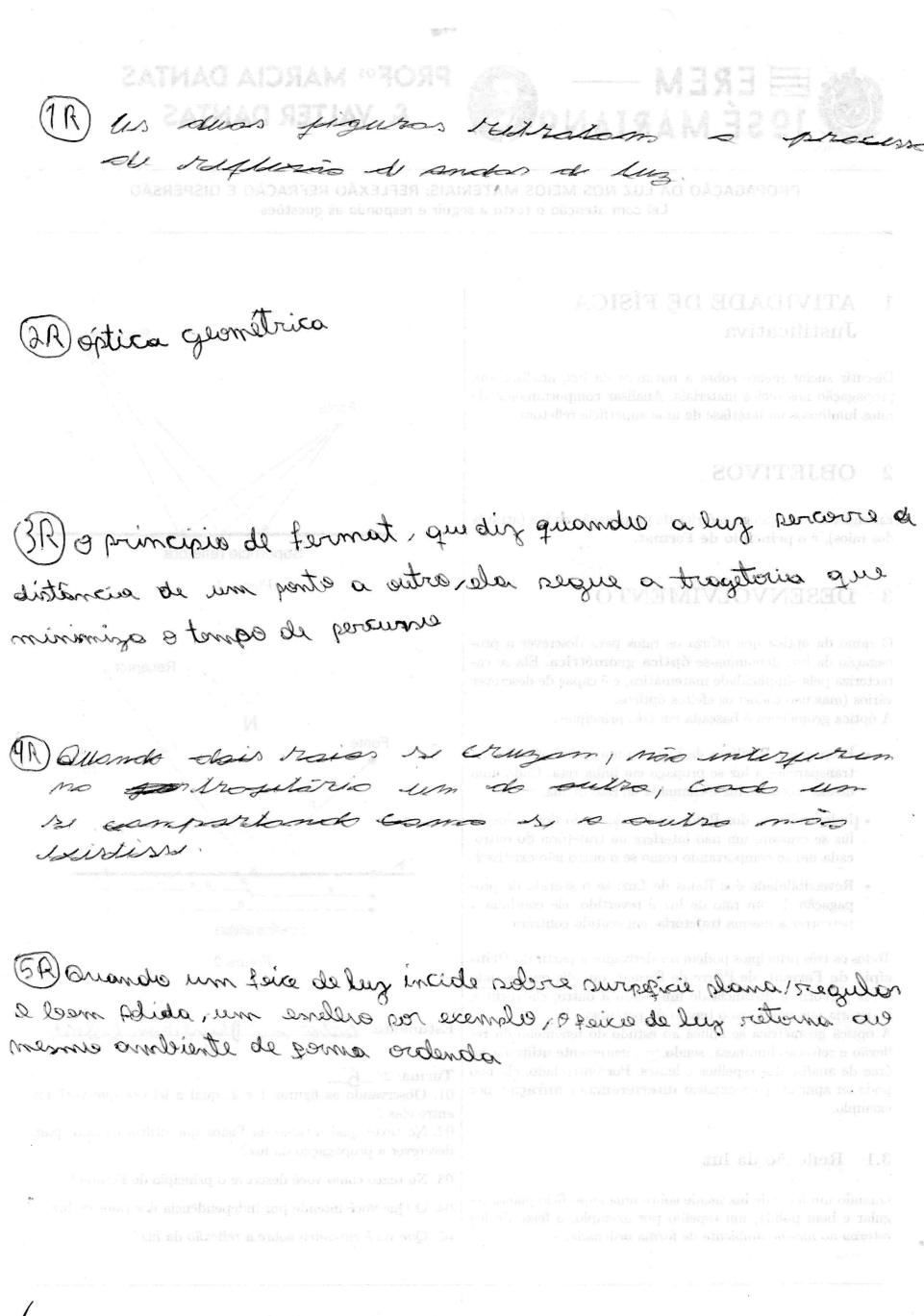


Figura 15 – Texto de Apoio respostas 1.3

Fonte: o autor

Para ilustrar os princípios fundamentais da Óptica Geométrica, preparamos três simulações de cunho ilustrativo. A primeira simulação aborda o princípio da propagação retilínea da luz e pode ser acessada aqui (<<https://bit.ly/01propRetilinea02>>). A segunda simulação demonstra a independência dos raios de luz, disponível aqui (<<https://bit.ly/3zw7GV9>>). Por fim, a terceira simulação explora o princípio da reversibilidade dos raios de luz, acessível neste link (<<https://bit.ly/03ReversibilidadeRaios>>). Cada uma dessas simulações foi projetada para facilitar a compreensão desses conceitos essen-

ciais e reforçar o aprendizado por meio de exemplos visuais interativos.

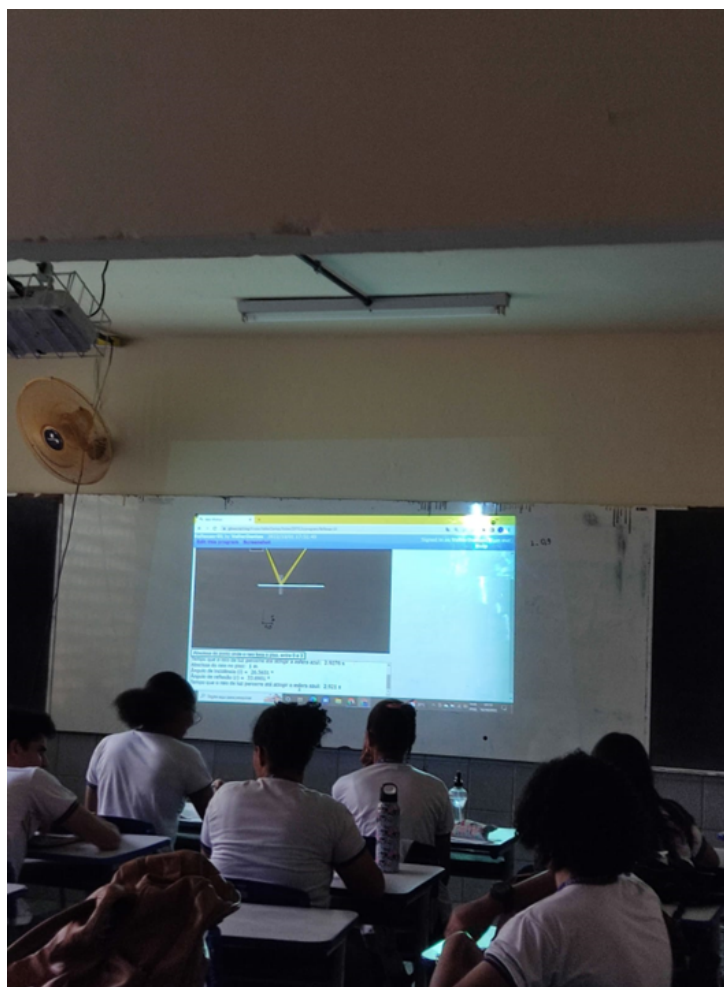


Figura 16 – Simulação Demonstrativa
Fonte: o autor

As simulações sobre a formação de imagens por reflexão apresentam um caráter investigativo, permitindo que o observador explore como a imagem se mantém na mesma posição, mesmo ao se mover dentro do campo de visão de um espelho plano. Esses conceitos são ilustrados de maneira prática e interativa nas simulações. Elas podem ser acessadas pelos seguintes links: Simulação 1 (imagem x observador) (<<https://bit.ly/imagemponto>>), Simulação 2 (formação de imagem ponta a ponto) (<<https://bit.ly/3y4yWK5>>) e Simulação 3 (campo de visão do espelho plano) (<<https://bit.ly/campodeVisao>>).



FORMAÇÃO DE IMAGENS NOS ESPELHOS PLANOS

Lei com atenção o texto a seguir e responda as questões

Um raio é uma linha reta que representa a direção na qual a luz se propaga. Um feixe de luz corresponde um conjunto de raios de luz emitido por uma fonte luminosa.

A Figura 1 ilustra uma fonte de luz emitindo feixe de luz em todas as direções.

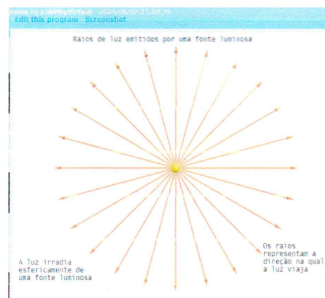


Figura 1: Fonte luminosa

Os raios que vem de um objeto e são refletidos de uma superfície lisa formam uma imagem, uma duplicata opticamente formada do objeto (Figura 2). Se rastreamos os raios refletidos de volta ao ponto em que eles parecem se cruzar, vemos que esse ponto está atrás do espelho. Consequentemente, o cérebro interpreta os raios refletidos como tendo vindo daquele ponto, criando a ilusão de que a imagem está atrás do espelho. As direções dos raios que alcançam os olhos do observador são as mesmas como se tivessem vindo de um objeto localizado atrás do espelho.

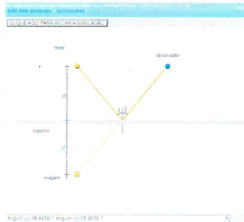


Figura 2: Formação da imagem no espelho plano

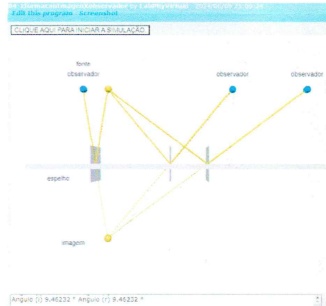


Figura 3: Formação da imagem no espelho plano

Analisando a figura 3 temos três observadores colocados em frente ao espelho refletidos chegam aos olhos dos observadores, porém, eles vêm a imagem na mesma posição.

Estudante: _____

Série: 2 Turma: C

01. Como você define um raio de luz?
02. Como se propagam os raios de luz de uma fonte luminosa?
03. Um objeto colocado em frente a um espelho plano, raios são refletido no espelho na direção de um observador. Onde se forma a imagem desse objeto?
04. Se o observador em frente um objeto vê a imagem em uma posição, se ele (observador) mudar a sua posição em frente ao espelho plano, há mudança da posição da imagem?
05. Que você entendeu ao ler na figura 2, "A luz irradia esfericamente de uma fonte luminosa"?

- R-1- É uma linha reta que representa a direção na qual a luz se propaga.
 R-2- São emitidos através de uma fonte luminosa. Por um feixe de luz, um conjunto de raios de luz.
 R-3- O cérebro interpreta os raios criando uma ilusão de que a imagem está atrás do espelho.

R-4- Não, como vimos na figura 3, mesmo em posições diferentes, os observadores veem a imagem na mesma posição.

R-5- Os raios representam a direção na qual a luz viaja, assim, em todas as direções.

Figura 17 – Ativ. 2º C Formação da Imagem x posição do observador. Figura 2
 Fonte: o autor

Aplicação do produto na disciplina Física; 2º ano C, para a reflexão da luz

Ordem	Ângulo de Incidência (°)(i)	Ângulo de Reflexão (°)(r)	Posição (m)	Tempo (ns)
1	28.8108°	32.3474°	1.1 m	19.4453 ms
2	30.9638°	30.9638°	1.2 m	19.4365 ms
3	33.0239°	29.5388°	1.3 m	19.4452 ms
4	34.9920°	28.0725°	1.4 m	19.477 ms
5	36.8699°	26.5657°	1.5 m	19.5737 ms
6	38.6598°	25.0169°	1.6 m	19.5728 ms
7	40.3645°	23.4287°	1.7 m	19.6487 ms
8	41.9872°	21.8074°	1.8 m	19.7394 ms
9	43.5312°	20.7363°	1.9 m	19.8464 ms
10	45.0000°	18.4349°	2.0 m	19.969 ms
11	46.3872°	16.6992°	2.1 m	20.107 ms
12	47.7263°	14.9314°	2.2 m	20.2602 ms
13	48.9909°	13.7340°	2.3 m	20.4285 ms
14	54.4629°	3.8747°	2.8 m	21.492 ms

Tabela 5.1 – Coleta de Dados Para a Simulação da lei de Reflexão

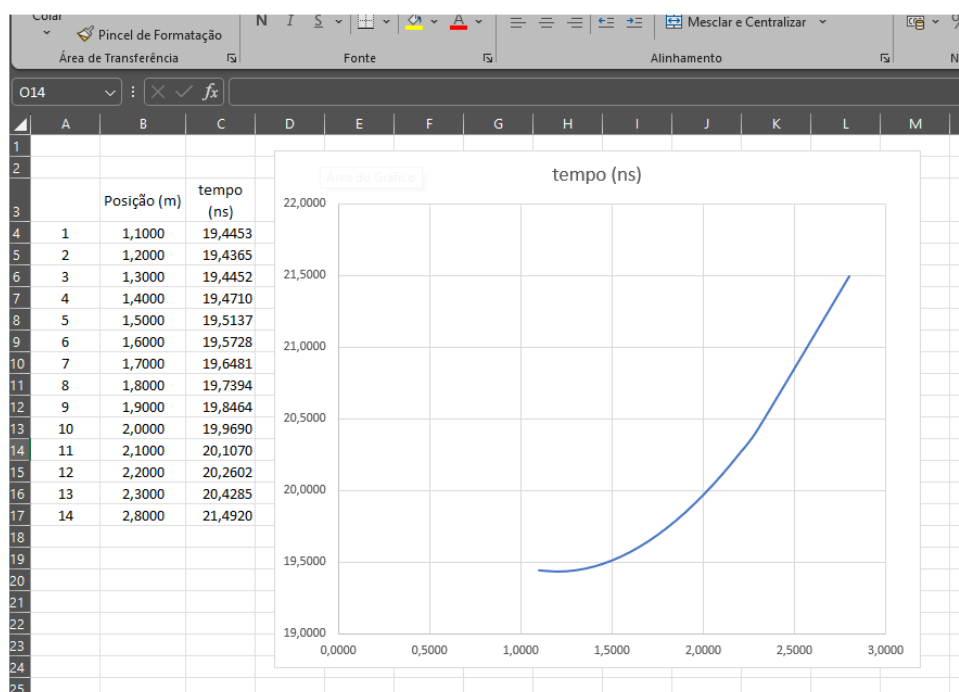


Figura 18 – Ativ. 2º C construção do gráfico para a reflexão
Fonte: o autor

Preparamos duas atividades com situações-problemas para introduzir os conceitos Refração da luz 1.7.1 e 1.7.2

Questão 1.

A refração é a passagem da luz de um meio para outro. Nesta passagem, a luz pode sofrer um desvio em sua trajetória. Este desvio ocorre porque a luz, ao passar de um meio para o outro, propaga-se com velocidades diferentes. A velocidade da luz é igual a c (300 000 000 m/s) no vácuo (com essa velocidade a luz é capaz de dar 7 voltas e meia ao redor da Terra em um segundo), entretanto a luz tem velocidade menor que c em qualquer outro meio, isso ocorre devido o meio ser mais denso.

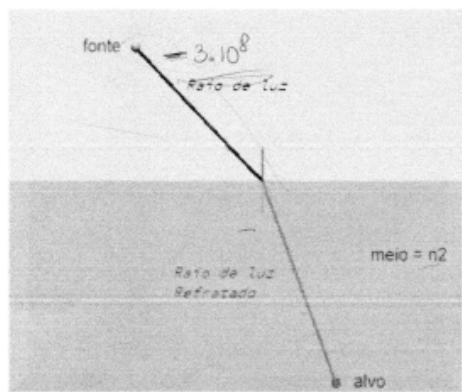


Figura 1

No texto a letra ' c ' em **negrito** representa que grandeza física?

velocidade da luz no vácuo (m/s)

Questão 2.

O n_2 , figura 1 representa o índice de refração, que é uma relação entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v).

Sendo assim o valor numérico de

$$n_2 = \frac{c}{v} = \frac{300.000.000}{150.000.000} = 2 \quad (1)$$

Então, vamos calcular o valor de n_2 , onde a velocidade da luz nesse meios seja 150.000.000 m/s

2

Questão 3.

Observe o pescador na figura 2. Qual o princípio físico que tratar a figura?

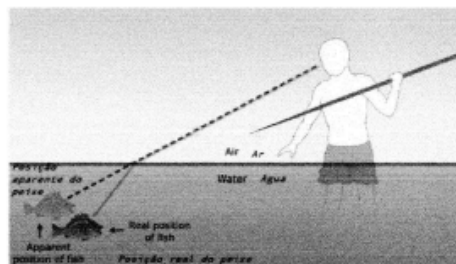


Figura 2: Posição Aparente: fonte: <https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg>

Refração

Questão 4.

(Adaptado do livro (ÁVILA, 2003) exemplo 5 capítulo 8). Um salva-vidas em terra, no ponto A, no momento em que um banhista começa a se afogar num ponto B (figura 3).

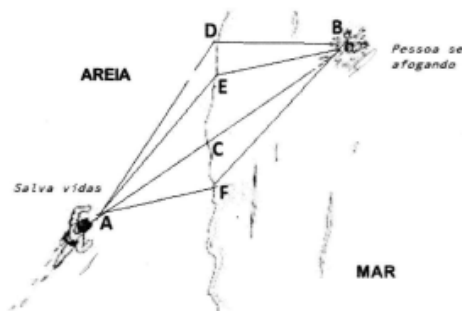


Figura 3: Trajetória do salva-vidas

fonte: adaptação <https://azeheb.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/07/Refraction-light-1024x576.jpg>

Qual a trajetória que o salva-vidas deve escolher dentre as alternativas abaixo para socorrer a vítima no menor tempo possível, de acordo com a figura.

1. AF e FB
2. AC e CB
- ☒ 3. AE e EB
4. AD e DB

4.6. Refração da Luz

87

4.6.4 Atividade da Refração da luz

Estudante: [REDACTED] Turma: 2º A

Situação-problema 1: Quando um raio de luz passa do ar (meio menos refringente) para a água (meio mais refringente) o que acontece com a direção de propagação da luz?

Para responder à situação-problema vamos acessar o laboratório virtual (LabPhyVirtual).

<<https://www.glowscript.org/#/user/LabPhyVirtual/folder/OpticaGeometrica/program/06RefracaoEReflexao>>

Vamos seguir algumas orientações:

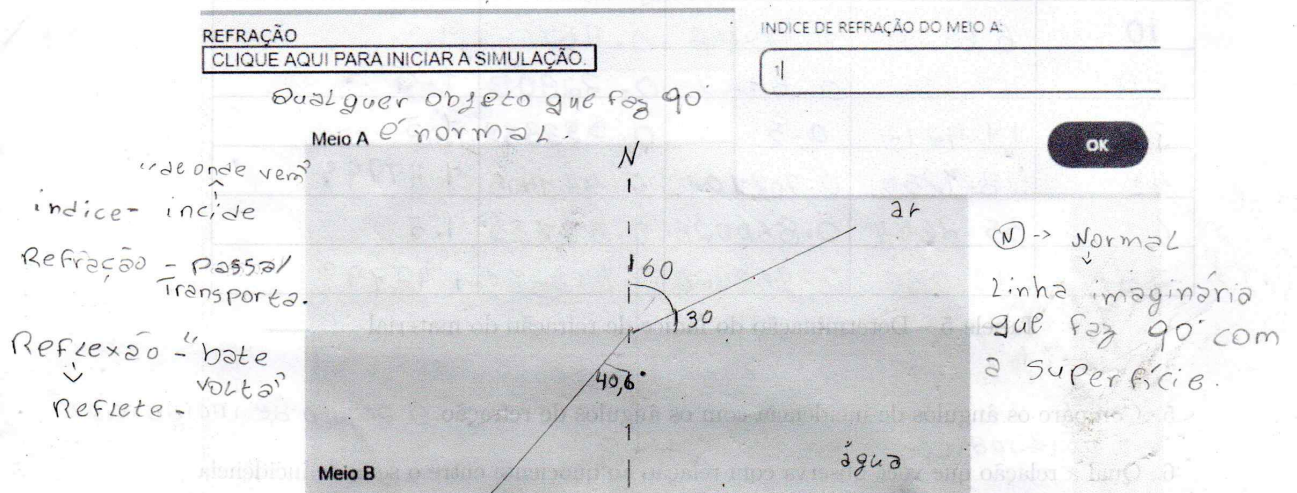


Figura 43 – Ativ. Refração
fonte: o autor no GlowSerit

Para iniciar a simulação vamos usar para o índice de refração do meio A (o ar), 1.00 confirme com "OK". para o meio B (a água), 1.33, e para o ângulo de incidência 60°. Clique novamente em "CLIQUE AQUI PARA INICIAR A SIMULAÇÃO". Agora vamos inverter os meios, para o meio A (agora o meio A vai ser a água) 1.33 e o meio B (o ar), 1.00; o ângulo de incidência, também 60°.

1. O que acontece com a direção de propagação da luz?
Sofre um desvio por causa da densidade da água de 60° passa p/ 40°
2. Identifique a normal à superfície de separação e os raios de incidente, refletido e refratado. (Observado na simulação), desenhe os raios na figura ?? 43
3. Defina:

a) ângulo de incidência o ângulo de incidência incide
"de onde vem" e medido entre o raio de luz e a (N)

Figura 20 – Atividade 1.7.2 para os 2º A, 2º B e 2º C
Fonte: o autor

b) ângulo de refração: O ângulo de refração é o mesmo
(transporte) de um meio para o outro.

4. Vamos agora fazer um experimento para determinar o índice de refração do meio refratado:

índice de refração do meio A (o ar), 1.00 (meio incidente)

Faça variar para cada simulação o ângulo de incidência, registre na tabela os respectivos ângulos de refração e os seus senos, assim como o quociente entre o seno de incidência e o seno da refração

Ângulo(θ_i)°	Ângulo(θ_r)°	seno (θ_i)	seno (θ_r)	quociente = $\frac{\sin(i)}{\sin(r)}$
10	6.64278	0.173648	0.115765	1.5
20	13.1801	0.34202	0.228013	1.5
30	19.4712	0.5	0.333333	1.5
45	28.1253	0.707107	0.471405	1.49999
60	35.2644	0.866025	0.57735	1.5
75	40.087	0.965926	0.643451	1.49999

Tabela 5 – Determinação do índice de refração do material

- Compare os ângulos de incidência com os ângulos de refração. O ângulo de incidência é sempre maior.
- Qual a relação que você observa com relação ao quociente entre o seno de incidência e o seno da refração? Em todos os casos a relação foi 1,5
- quando o feixe passa de um meio menos refringente para um meio mais refringente, o ângulo de refração menor do que (maior do que o / igual ao / menor do que o) de incidência: o feixe aproxima-se (aproxima-se / não se afasta nem se aproxima / afasta-se) da normal.
 Se o ângulo de incidência for de 0°, a luz refrata-se mas não sofre (e sofre / ,as mão sofre) desvio.
- Em inspeção as postos de gasolina, foi separadas três amostras com os respectivos índices de refração: amostra A = 1.30, amostra B = 1.40 e amostra B = 1.50, o experimento foi feito com um ângulo de incidência de 45°. Registre seus respectivos ângulos de Refração.
 A) 1.30 32.9515 B) 1.40 30.3364 C) 1.50 28.1255
- Qual dessas amostra, mais se aproximou da normal?
amostra (C)

Esta atividade foi baseada num trabalho do prof. David M. Harrison, hospedado no site: <<https://www.casadasciencias.org/recurso/5744>>, acessado em 05/02/2024.

Figura 21 – Atividade 1.7.2

Fonte: o autor

2.1.2.1 Princípio de Fermat para a Refração

A atividade 1.7.3 foi trabalhada com turma do 2ºC, devido a quantidade de aulas disponível para essa, pois trabalhamos os itinerários formativos com as eletivas Soluções ótimas e Criatividade na Era Digital.

Ordem	Ponto de incidência (m)	Tempo (ns)	incidência $n_1 \cdot \sin(\theta_i)$	refração $n_2 \cdot \sin(\theta_r)$
1	0	34.9509	0	1.41421
2	0,25	33.8499	0.124035	1.35145
3	0,50	32.906	0.242536	1.28037
4	0,75	32.1199	0.351123	1.2
5	1	31.4906	0.447214	1.1094
6	1,25	31.0157	0.529999	1.00774
7	1,50	30.694	0.6	0.894427
8	1,75	30.5251	0.658505	0.769231
9	2	30.51	0.707107	0.632456
10	2,25	30.6502	0.744409	0.485071
11	2,50	30.9478	0.780869	0.328798
12	2,75	31.4039	0.808736	0.166091
13	3	32.0185	0.83205	0
14	1,80	30.5098	0.668965	0.442781
15	1,90	30.4945	0.688749	0.688506
16	0,10	34.4919	0.0499346	1.39004
17	0,80	31.9816	0.371391	1.18273
18	0,90	31.7231	0.410365	1.14692

Tabela 5 – Coleta de dados da simulação referente a refração da luz, para o meio incidente $n_1 = 1$ e o meio refratado $n_2 = 2$

Figura 22 – Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3)
Fonte: o autor(aluno 01)

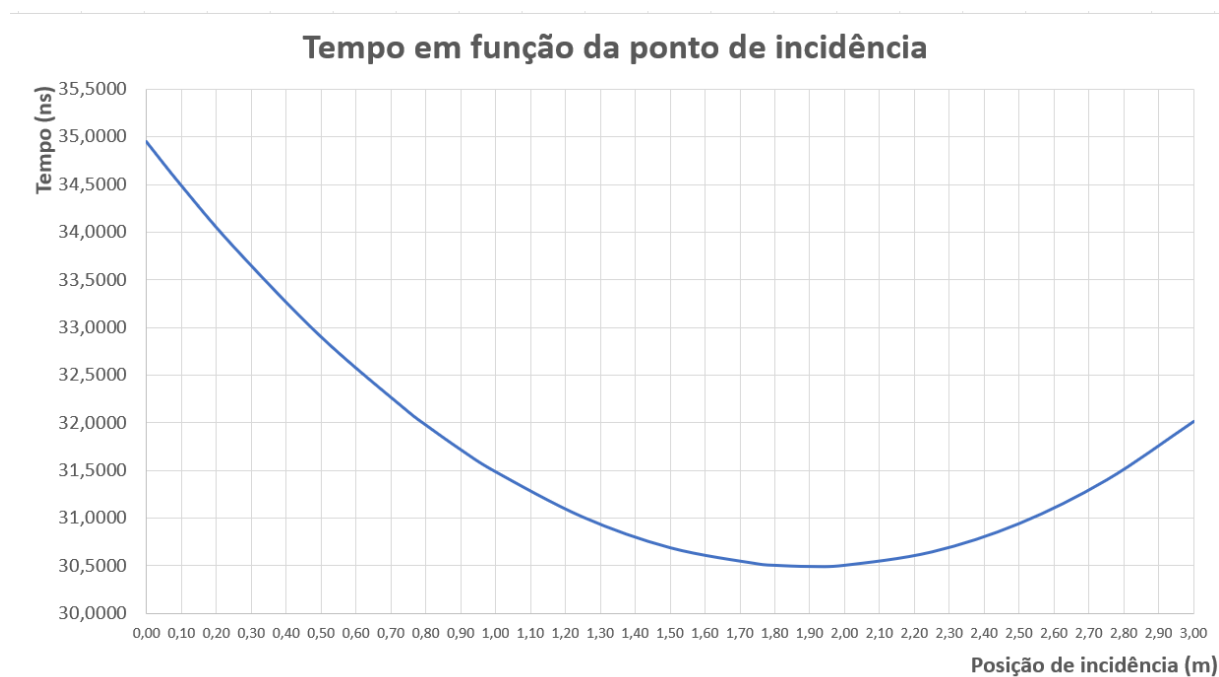


Figura 23 – Gráfico Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3 tempo x posição)
 Fonte: o autor (aluno 01)

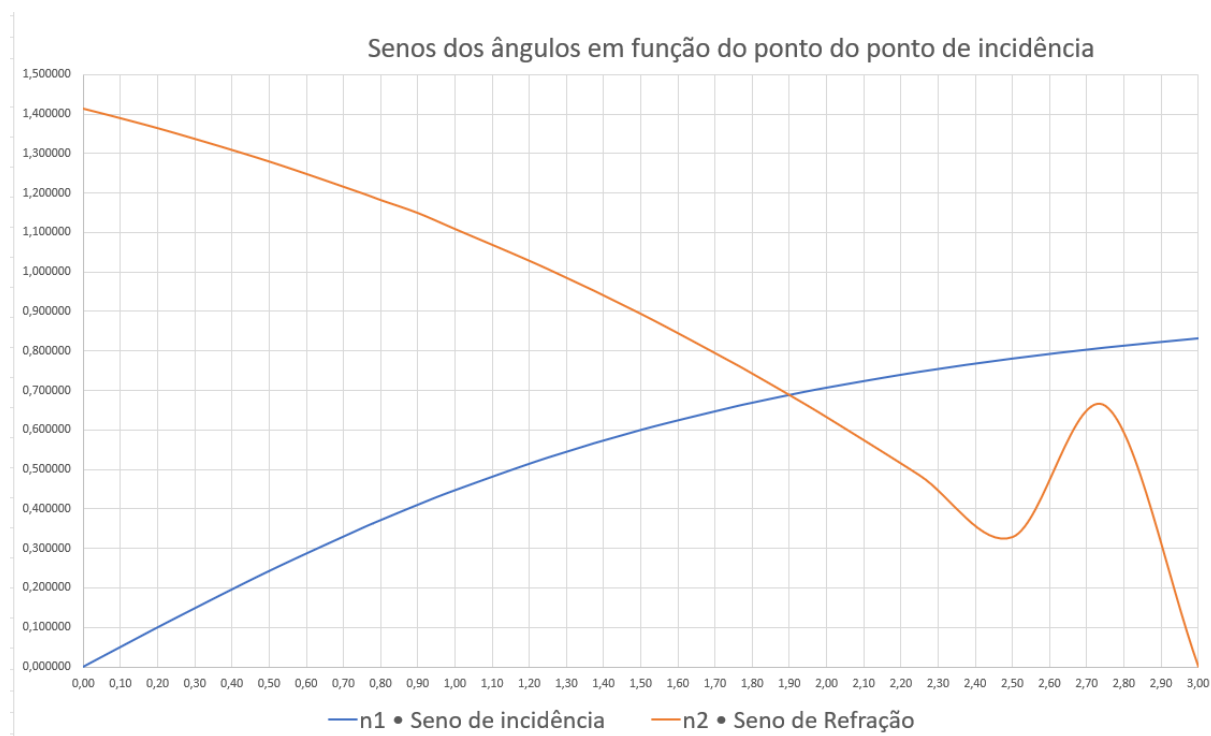


Figura 24 – Gráfico Refração: Princípio de Fermat (Atividade 1.7.3 senos e par meios x posição)
 Fonte: o autor (aluno 01)

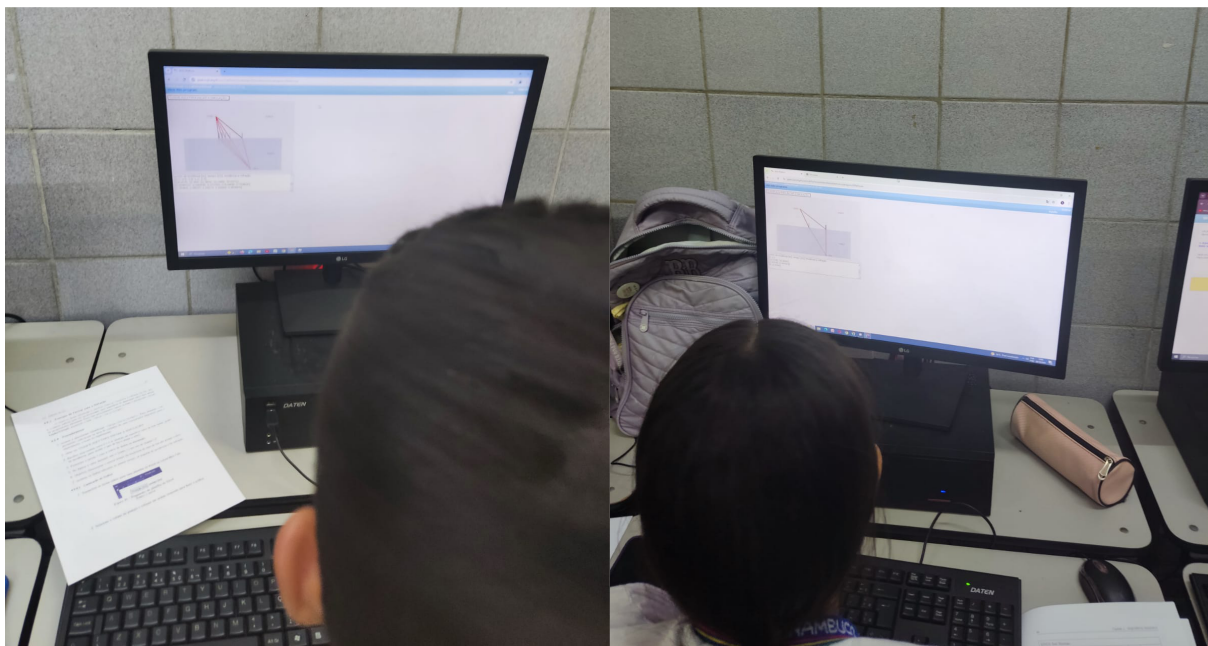


Figura 25 – Estudantes trabalhando o Princípio de Fermat na sala de informática (Atividade 1.7.3 da refração do raio de luz)
Fonte: o autor (aluno 01)

Chamamos a atenção dos estudantes com relação a coleta de dados, que o erro é inerente ao experimento. O aluno 01 que ao transcrever o dados, do computador para a tabela, no ponto de incidência 2,75 m digitou 0,66091, ao construir o gráfico observou uma descontinuidade da curva para a refração.

Referências

- ÁVILA, G. S. Cálculo das funções de uma variável. v. 1. *Grupo Gen-Editora LTC, Rio de Janeiro*, 2003. Citado na página 20.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico. *Rio de janeiro: Contraponto*, v. 314, 1996. Citado na página 8.
- CARVALHO, A. d. et al. Calor e temperatura: um ensino por investigação. *São Paulo: Editora Livraria da Física*, 2014. Citado na página 25.
- CARVALHO, A. M. P. d. A coleção "ideias em ação" nasceu do trabalho...[apresentação da coleção]. *Ensino de Física*, 2010. Citado na página 8.

Apêndices

Anexos

O GlowScript

Do Python ao GlowScript

Python é uma linguagem de programação de alto nível criada por Guido van Rossum, nascido na Holanda em 1956, e lançada pela primeira vez em 1991. O objetivo principal de van Rossum ao criar Python era desenvolver uma linguagem que fosse fácil de aprender e usar, especialmente para pessoas que não são programadores profissionais, como físicos, médicos, entre outros profissionais. O nome "Python" foi inspirado no grupo humorístico britânico Monty Python, e não na cobra píton.

Python se destaca por sua simplicidade e legibilidade, permitindo que os programadores escrevam código de maneira mais intuitiva e eficiente. Apesar de sua versatilidade em muitas áreas da programação, Python não foi inicialmente projetado para design gráfico. No entanto, ao longo dos anos, diversas bibliotecas e *frameworks* foram desenvolvidas para estender suas capacidades em áreas como desenvolvimento web, ciência de dados, inteligência artificial, automação, e até mesmo design gráfico e visualização de dados.

Em 1998, David Scherer entrou na universidade como calouro e se inscreveu em uma das aulas de física introdutórias que utilizava a linguagem de programação cT. Embora a cT oferecesse um ambiente de programação relativamente fácil para gráficos 2D, Scherer, com a ajuda de Steve Spicklemire, Ruth Chabay, Bruce Sherwood, Jonathan Brandmeyer, Matt Craig e John Coady, criou o Visual, um módulo para Python que permitia a criação de gráficos em 3D. Este módulo passou a ser chamado de VPython.

Em 2011, David Scherer e Bruce Sherwood iniciaram o desenvolvimento do GlowScript, um ambiente de programação baseado em navegador, inspirado no VPython clássico. O GlowScript permitia que os usuários escrevessem programas em VPython que poderiam ser executados diretamente em um navegador, eliminando a necessidade de instalação de software adicional no computador. Em 2015, com a introdução do compilador RapydScript, desenvolvido por Alex Tsepkov, tornou-se possível traduzir Python para JavaScript, permitindo que os programas VPython no GlowScript fossem executados em navegadores de forma eficiente e sem complicações.

fonte: <<https://brucesherwood.net/?p=87>>

O VPython é uma poderosa extensão para Python que permite realizar cálculos de álgebra vetorial, além de criar objetos e gráficos em 3D em cenas tridimensionais. Esta ferramenta é especialmente útil para estudantes e profissionais em áreas como física, engenharia e matemática, pois facilita a visualização e a manipulação de conceitos complexos em um ambiente visualmente intuitivo.

Com VPython, é possível criar e manipular diversos tipos de objetos tridimensio-

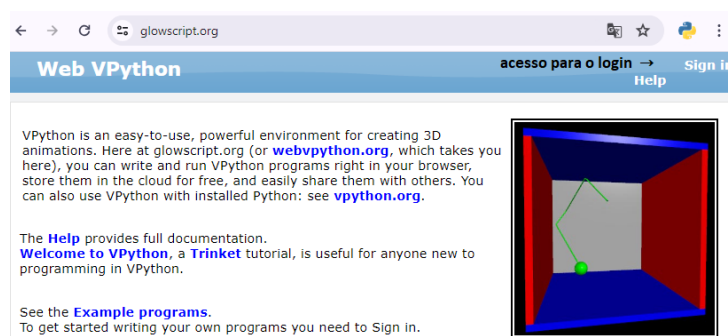
nais, como esferas, caixas, cones e setas, além de visualizar movimentos e interações entre esses objetos em tempo real. A capacidade de realizar cálculos de álgebra vetorial integrada ao ambiente gráfico torna o VPython uma ferramenta poderosa para a educação e pesquisa, permitindo uma compreensão mais profunda e intuitiva de fenômenos físicos e matemáticos.

.1 GlowScript na Plataforma WEB

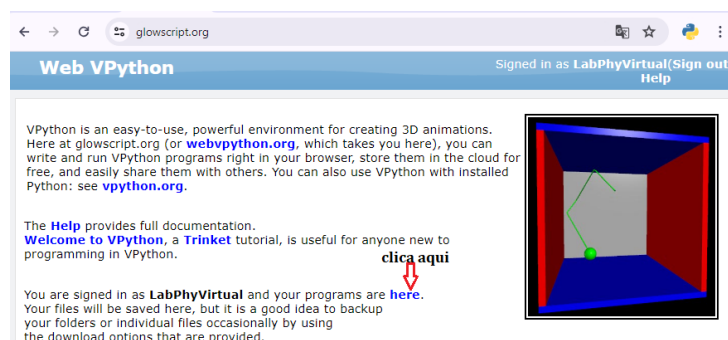
O objetivo deste anexo é fornecer ao usuário, de forma introdutória, as principais sintaxes da linguagem de programação Python e do módulo VPython na plataforma GlowScript.

Vamos iniciar uma sequência de passos para acessar a plataforma do GlowScript.

1. criar uma conta no Google, pois o GlowScript só é autenticada com sua conta do Google.
2. acessar a <https://www.glowscript.org/>



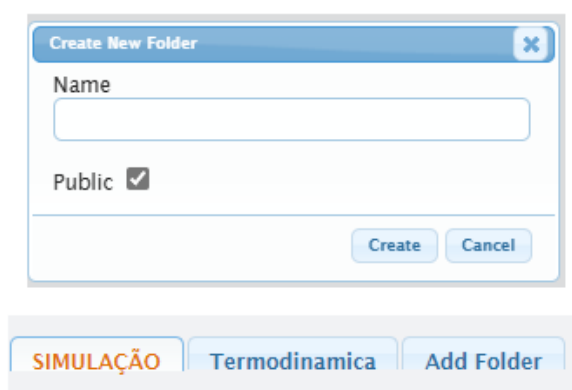
3. após o login você verá um link



clique no link para acessar o IDE (Integrated Development Environment) que no nosso idioma significa, ambiente de desenvolvimento integrado. .

4. Criando pastas e arquivos.

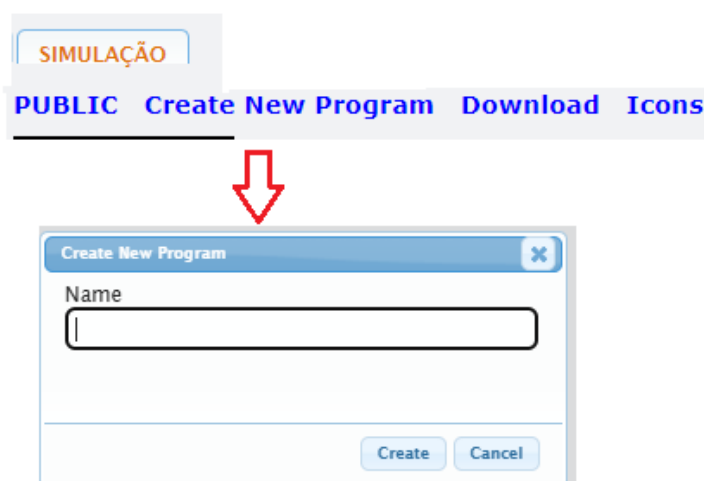
Depois de fazer login e seguir o link para seus programas, você estará no GlowScript IDE. Clique no add Folder guia para criar uma nova pasta. Uma janela pop-up aparece como mostrado abaixo.



Dependendo se você deseja compartilhar seu programa com outras pessoas, marque o público ou privado, verificando ou desmarcando a caixa de seleção Público . Com o nome da pasta destacado laranja (mostrando que você está na pasta).

5. Criando novo Programas.

Na pasta criada anteriormente, clique em Create New Program (sugiro que mantenha a plataforma no idioma original, entretanto, você pode escolher o português) e nomeie o programa iniciando ou algo apropriado.



Nomeia o programa e clica em Create

6. INICIANDO UM PROGRAMA: DECLARAÇÕES DE CONFIGURAÇÃO

O console a aberto para inserir o código.



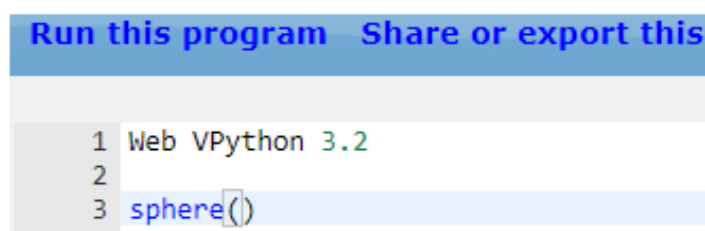
```
iniciando by LabPhyVirtual 2024/05/22 13:22:19
Run this program Share or export this program Download

1 Web VPython 3.2
2 |
```

Todo programa GlowScript começa com esta instrução de configuração. Ele diz ao GlowScript que você está escrevendo o código VPython. O número da versão (3.2, em 2024), está incluído para garantir que os programas mais antigos continuem sendo executados sem erros, mesmo que o GlowScript seja atualizado para versões mais recentes.

7. CRIANDO UM OBJETO E CONTROLANDO A CENA

Como seu primeiro comando VPython, vamos fazer uma esfera. Pule uma linha para tornar seu código mais legível e, na linha 3, digite:



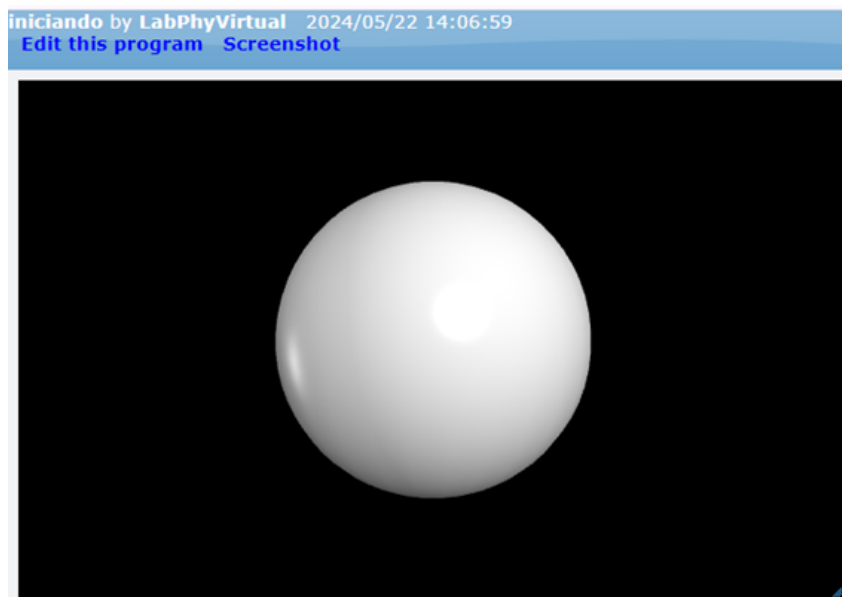
```
Run this program Share or export this

1 Web VPython 3.2
2
3 sphere()
```

Observação: Toda a sintaxe (escrita) para a execução deve ser escrita no idioma inglês, e isso é válido para todas as linguagens de programação.

Aqui está a instrução para criar um objeto (uma esfera) no GlowScript.

Execute o programa clicando Execute (Run) este programa. O GlowScript sai do modo de edição e entra no modo de execução. Você deve ver uma esfera branca em um fundo preto, como mostrado abaixo. Isso é chamado de cena.



Por padrão, a esfera está no centro da cena e a câmera (seu ponto de visão) está olhando diretamente para o centro.

Se você estiver em um computador e tiver um mouse de dois botões, mantenha pressionados os dois botões do mouse e mova o mouse para frente e para trás para fazer a câmera se mover mais perto ou mais longe do centro da cena, ou use o scroll. Em um Mac, mantenha pressionada a tecla Option e o botão do mouse enquanto move o mouse para frente e para trás. Isso é como você faz zoom em VPython. Uma roda de rolagem também aumenta o zoom.

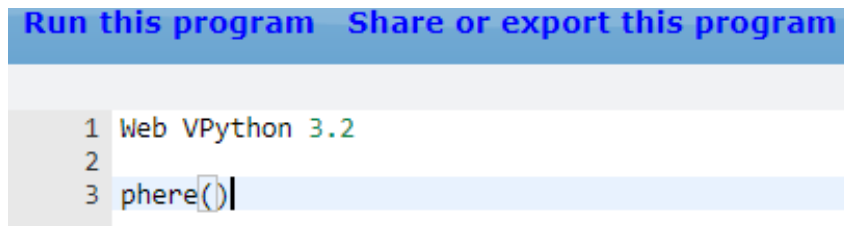
Mantenha pressionado o botão direito do mouse e mova o mouse para fazer a câmera girar em torno da cena, sempre olhando para o centro. Em um Mac, para girar a visualização, mantenha pressionada a tecla Control enquanto clica e arrasta o mouse. Isso é como você gira a cena em VPython (Tecnicamente, é a câmera que está girando). Por ser uma esfera, você não notará uma mudança significativa, exceto na iluminação.

O sistema de coordenadas no VPython é definido com a direção x positiva à direita e à esquerda negativa, a direção y positiva apontando para cima em direção à borda superior do monitor e à apontando para baixo negativa, e a direção z positiva saindo da tela em sua direção e entrando no monitor negativa. Você pode girar a visualização da câmera para fazer com que esses eixos apontem em outras direções em relação à câmera.

8. MENSAGENS DE ERRO: CRIANDO E CORRIGINDO UM ERRO

O GlowScript informa quando há um erro de sintaxe no seu programa. (Erros lógicos

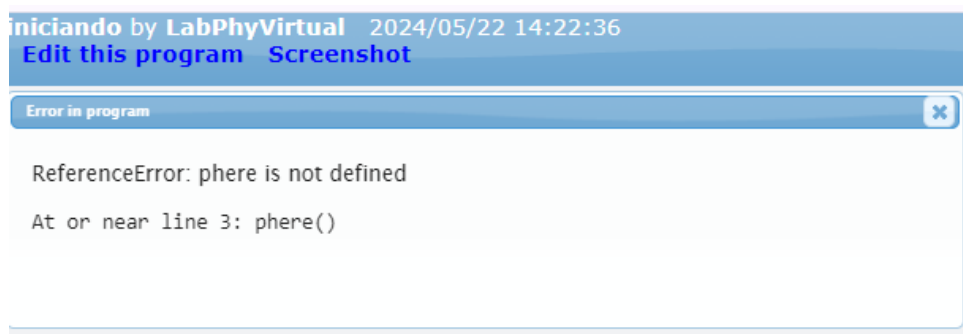
são muito mais difíceis de corrigir!) Para ver um exemplo de mensagem de erro, tente cometer um erro de ortografia.



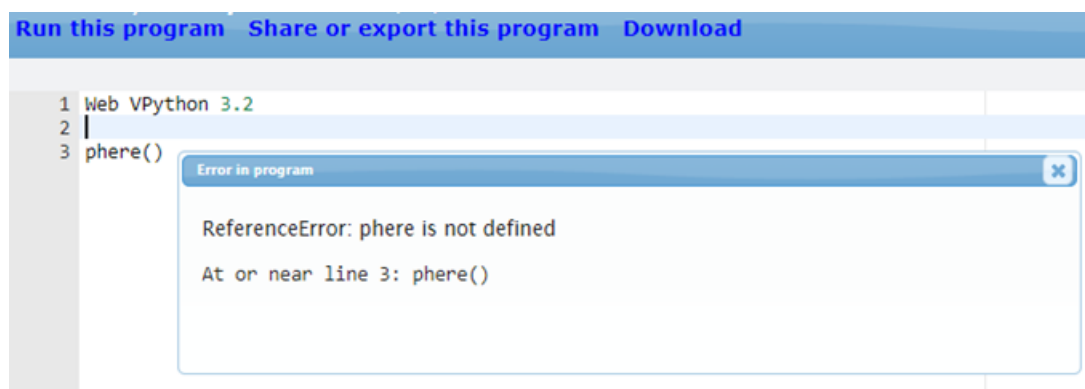
The screenshot shows a code editor with a blue header bar containing the text "Run this program" and "Share or export this program". Below the header, the code is as follows:

```
1 Web VPython 3.2
2
3 phere()
```

Quando você clica em Run

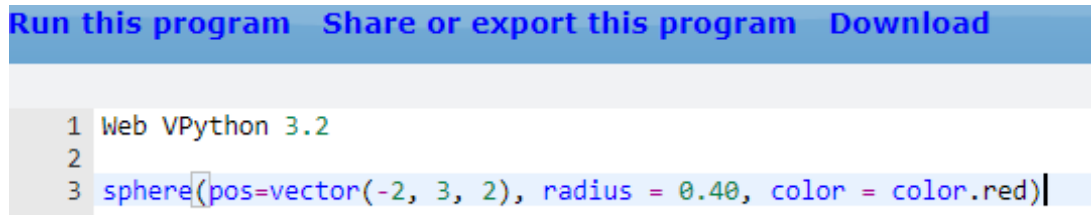


Você clica em Edit para corrigir o programa e clica no X para fechar a mensagem



9. ALTERANDO ATRIBUTOS (POSIÇÃO, TAMANHO, COR, FORMA, ETC.) DE UM OBJETO

Agora vamos dar à esfera fornecer atributos a "sphere" uma posição no espaço e um tamanho (raio) e uma cor, aterrando a linha 3 no console.



Ao digitar o valores decimais, use o "ponto (.)" em vez de vírgula (,)"

Vector pode ser abreviado por `vec(x, y, z)` atributo de posição, para o atributo de cores podemos também usar o vector para representar, `vec(0.5, 1, 0.6)` por exemplo, Os números representam o sistema de cores do RGB (vermelho, verde, azul) e cada cor pode ser representada entre 0 e 1.

O VPython ajusta automaticamente o zoom da câmera para que todos os objetos apareçam na janela. Por causa dessa autoescala, os números para o `pos` (posição) e `radius` (raio) podem estar em qualquer conjunto consistente de unidades, como metros, centímetros, polegadas, etc. Por exemplo, o seguinte código representa uma esfera com um raio de 0,20 metros na posição `<2, 4, 0>` metros.

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

.2 Simulação para o Princípio de Fermat

.2.1 Reflexão da Luz

O objetivo desta simulação é verificar o princípio de Fermat ("A Natureza sempre atua pelo caminho mais curto), para a reflexão da luz. Nesta simulação os estudante irão coletar dados fornecidos durante o evento, tais como, ângulo de incidência (localização exata onde o feixe de luz incide na superfície refletora.), ângulo de reflexão, ponto de incidência e tempo decorrido entre a fonte o receptor, passando pelo ponto de incidência, preenchendo a tabela (1)

```
scene.title = "Reflexão da luz no Espelho Plano\n"
f1_pos = vec(-1.5, 2, 0) # localização da fonte
fonte_pos = vec(-2.0, 2, 0)
p2_pos = vec(1.50, 3, 0)
piso_pos = pos=vec(0, -0.05, 0)
c = 0.3 # velocidade do raio de luz 0.3x10**9 m/s
anima = 1000000 # taxa de animação
piso_E = label(pos = vec(0, -0.4, 0), text = 'espelho', box=False)
```

```
espelho = label(pos = vec(0, -0.7, 0), text = 'comprimento 3.0 m', box=False)

f1 = sphere(pos = f1_pos, radius=0.07, color=color.yellow)
fonte = label(pos = fonte_pos, text = 'fonte', box=False)
p2=sphere(pos = p2_pos, radius=0.07, color=color.blue)
pisso = box(pos = piso_pos, size=vec(3.5, 0.1, 0.5))
raioluz=sphere(pos=f1_pos, radius=0.02, color=color.yellow,
make_trail=True)

def botao_resposta(b):
    raioluz.make_trail=False
    raioluz.pos = f1_pos
    raioluz.make_trail=True
    p=float(input('DIGITE UM PONTO NO ESPELHO PARA OBTER A
REFLEXÃO DA LUZ, ENTRE 0.2 a 2.9 m:'))

    if p > 0.2 and p<2.9:
        pontopiso=vec(f1_pos.x + p,0,0)

    else:
        print('ESCOLHA OUTRO VALOR')

    alvo = pontopiso-f1.pos
    raioluz.v = c*norm(alvo)
    raio=label(pos = vec(-2.2, 1.0, 0), text = 'raio de Luz', box=False)
    theta_i=acos(-raioluz.v.y/c)

    t=0
    dt=0.00001
    while raioluz.pos.y>=0:
        rate(anima)
        raioluz.pos = raioluz.pos + raioluz.v*dt
        t=t+dt

    alvo = p2.pos-pontopiso
    raioluz.v=c*norm(alvo)

    #calculo do angulo de reflexão
    theta_r=acos(raioluz.v.y/c)
```

```

Legenda_reflexao = label(pos =p2_pos+vec(1.,0,0), text = 'alvo', box=False)

while raioluz.pos.y<=p2.pos.y:
    rate(anima)
    raioluz.pos=raioluz.pos+raioluz.v*dt
    t=t+dt

Normal = box(pos=vec(pontopiso), size=vec(0.01, 1,0.5), opacity=0.5)

print('Ângulo (i) = {:.4f}'.format(theta_i*180/pi),'r'
      |' , 'Ângulo (r) = {:.4f}'.format(theta_r*180/pi),'r'|
      ', 'posição = {:.2f}'.format(p),'m|' , 'Tempo',t,'ns' )

button(bind = botao_resposta, pos=scene.title_anchor,
text='CLIQUE AQUI PARA INICIAR A SIMULAÇÃO.' )

```

.2.2 Refração da Luz

O objetivo desta simulação é verificar o princípio de Fermat ("A Natureza sempre atua pelo caminho mais curto), aplicado à refração. Nesta simulação os estudante irão coletar dados fornecidos durante o evento, tais como, ângulo de incidência (localização exata onde o feixe de luz incide na interfase dos meios), ponto de incidência, o ângulo de refração e o tempo decorrido entre a fonte o alvo (receptor), preenchendo a tabela (3)

```

scene.userzoom=False
scene.background = color.gray(0.9)
f1_pos = vec(-1.5,2,0) # localização da fonte
fonte_pos = vec(-2.0, 2, 0)
p2_pos = vec(1.5, -3, 0)
piso_pos = pos=vec(0, -1.50, 0)

c = 0.3 # velocidade do raio de luz no vácuo
n1 = 1.0
n2 = 2.0

anima = 100000000 # taxa de animação
meio1 = label(pos = vec(3.3, 2.0,0), text = 'meio1 ', color=color.red,
box=False, opacity=0.1)
#n1t = label(pos = vec(3.3, 1.6,0), text = 'n1 = 1', color=color.red,

```

```

box=False, opacity=0.1)
meio2 = label(pos = vec(3.4, -1.5,0), text = 'meio2 ', color=color.red,
box=False, opacity=0.1)
#n2t = label(pos = vec(3.4, -2,0), text = 'n2 = 2', color=color.red,
box=False, opacity=0.1)

f1 = sphere(pos = f1_pos, radius=0.07, color=color.yellow)
fonte = label(pos = fonte_pos, text = 'fonte',color=color.red, box=False)
p2=sphere(pos = p2_pos, radius=0.07, color=color.blue)

alvo_2 = label(pos = vec(2.0, -3.0,0), text = 'alvo',
color=color.red, box=False,opacity=0.1)

pisso = box(pos = piso_pos, size=vec(8.5, 3, 0.5), opacity=0.5 )
g1=gcurve(color=color.red)

foton=sphere(pos=f1_pos+vec(0.07,0,0), radius=0.02, color=color.red,
make_trail=True)
listp=[]
listt=[]
x=listp
y=listt
def botao_resposta(b):

    foton.make_trail=False
    foton.pos = f1_pos
    foton.make_trail=True

    p=float(input('ESCOLHA UM PONTO DE INCIDÊNCIA ENTRE OS DOIS MEIOS'))

    pontopiso=vec(f1_pos.x + p,0,0)

    listp.append(p)

    raioluz = norm(pontopiso-f1.pos)

    print('índice de refração meio incidente x seno de incidência = ',raioluz.x)

    t=0

```



```
dt=0.000001

while foton.pos.y>=0:
    rate(anima)
    foton.pos = foton.pos + (c/n1)*raioluz*dt
    t=t+dt

raioluzr = -norm(pontopiso-p2.pos)
print('Índice de refração meio refratado x seno da refração = ', raioluzr.x*2)
while foton.pos.y>=p2.pos.y:
    rate(anima)
    foton.pos = foton.pos + (c/n2)*raioluzr*dt
    t=t+dt

Normal = box(pos=vec(pontopiso), size=vec(0.01, 1,0.5), opacity=0.5)
print('posição e tempo')
listt.append(t)
print(listp)

print(listt)
g1.plot('posição',data=[[x,y]])
n1t = label(pos = vec(3.3, 1.6,0), text = 'n1 = 1', color=color.red,
box=False, opacity=0.1)
n2t = label(pos = vec(3.4, -2,0), text = 'n2 = 2', color=color.red,
box=False, opacity=0.1)
button(bind = botao_resposta, pos=scene.title_anchor,
text='CLIQUE AQUI PARA INICIAR A SIMULAÇÃO.' )
```