

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPGF
ensino de física

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

Gabriel Roberto Garcia Levinski
Gérson Kniphoff da Cruz



volume 43

Conhecendo o Arco Íris

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 43

GABRIEL ROBERTO GARCIA LEVINSKI
GÉRSO N KNIPHOF F DA CRUZ

Conhecendo o Arco Íris

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

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
VICE-REITOR

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

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

Colegiado

Prof. Dr. Paulo César Facin (Coordenador)

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Vice-Coodenador*)

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)

Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Titular*)

Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (*Suplente*)

Prof. Dr. Julio Flemming Neto (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ
ppgef.sites.uepg.br

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

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

Ficha catalográfica



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

PREFÁCIO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

COMO FUNCIONA ESTE MATERIAL?	10
FENÔMENOS ÓPTICOS	11
A LUZ DO SOL E A GOTA DE CHUVA	16
EXPLORANDO ALTERNATIVAS	19
RÉGUA E TRANSFERIDOR	26
REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ	29
EXPLORANDO (novas) ALTERNATIVAS	37
DISPERSÃO DA LUZ BRANCA	40
A FORMAÇÃO DO ARCO-ÍRIS	43
QUESTIONÁRIO FINAL	48
FUNDAMENTAÇÃO DO MATERIAL	50
PLANOS DE AULA	54
GABARITO	78
SLIDES	79

Em **azul**, os capítulos exclusivos que fazem parte do **manual do professor**.

Caro leitor,

Este material se propõe a ser muito mais do que o seu próprio nome sugere. Conhecer o arco-íris é algo que julgamos ser importante, mas acreditamos que o caminho para atingir este objetivo é ainda mais.

Dominar conceitos como a reflexão, a refração e a dispersão da luz branca são apenas algumas das etapas deste processo. Estes surgem como fundamentação para entender como se forma o belo arco que aparece nos céus vez ou outra.

Mas vamos além: queremos construir estes conceitos a partir da experimentação, da simulação e da discussão a respeito de seus princípios e leis. Com isso, estamos determinados a reproduzir o trabalho de um cientista em seu laboratório, passando pelo reconhecimento do fenômeno, elaboração de hipóteses e realização de testes para confirmá-las ou não.

“Conhecendo o arco-íris” está organizado em fascículos que serão distribuídos aos poucos. Será sua missão reunir cada um destes capítulos e seguir a sequência até que seja atingida a coerência do corpo de conhecimentos que queremos dominar. Nós, autores do material, buscamos oferecer uma estrutura que tenha como diretriz simplificar o conteúdo ao mesmo tempo que permite ao leitor avançar em seus estudos.

Mas este não é um caminho de mão única. Para que tudo isso funcione, é necessário que você tenha predisposição para aprender, isto é, tenha vontade de explorar as alternativas que surgirem no meio do processo.

É importante que você vislumbre que, por mais que esse material seja uma composição de pequenos capítulos, o resultado final deverá ser muito mais do que a simples soma das partes.

Gabriel Roberto Garcia Levinski
Gerson Kniphoff da Cruz

COMO FUNCIONA ESTE MATERIAL?

“Conhecendo o arco-íris” é composto por 9 fascículos que serão distribuídos semanalmente. A Parte 01, por exemplo, está prevista para ser entregue na primeira aula, enquanto que a Parte 02 será disponibilizada aos estudantes no terceiro encontro. Esta dinâmica se repetirá até o desfecho deste material.

À medida que você for recebendo os fascículos, compile-os em uma pasta. Isso será importante para fazer consultas no futuro.

Cada capítulo conta com uma estrutura diferente. Enquanto alguns deles focam na exposição de conteúdos, outros estão voltados para a prática experimental, trazendo roteiros e questionamentos a serem respondidos a medida que os procedimentos são realizados.

Algumas atividades se repetem nos fascículos. Sobre elas, listamos as mais importantes:

REFLITA & RESPONDA

Esta seção será voltada para que o estudante possa expor, a partir da escrita, suas conclusões a respeito de um experimento, de uma simulação ou de uma análise de imagens. São estas respostas que, no fim do processo, irão indicar a evolução do domínio do conteúdo por parte do leitor.

EXERCÍCIOS

Neste tópico o estudante irá ter contato com exercícios de fixação. Estes servem para que o leitor reconheça a importância de alguns termos científicos utilizados no estudo da formação do arco-íris. O gabarito destes exercícios estará em posse do professor.

Como dito anteriormente, este material traz o uso de algumas simulações como estratégia de aprendizado. Para acessá-las, faremos uso de **QR Codes**.



Para ler o código ao lado, sugerimos que você baixe o aplicativo “Leitor QR”, disponível em lojas como a Play Store. Em seguida, escaneie-o apontando a câmera para a imagem toda vez que ela aparecer.

PARTE

01

FENÔMENOS ÓPTICOS

Nosso objetivo é estudar uma série de conceitos da óptica geométrica através do belo fenômeno da formação do arco-íris. Mas antes de chegarmos lá, precisamos tomar consciência do que você já sabe sobre esse importante ramo da física que trata do estudo da luz.

ATIVIDADE I

Para isso, vamos avaliar algumas imagens! Observe-as no detalhe e responda às perguntas sobre cada uma delas.

IMAGEM 01

Figura 1



Fonte: o autor.

O que você observa na imagem ao lado?

IMAGEM 02

Figura 2



Fonte:

<<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-dispersao-luz-branca.htm>>

Descreva o que você observa na imagem ao lado.

IMAGEM 03	
<p style="text-align: center;">Figura 3</p>  <p style="text-align: center;">Fonte: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/opiniaio/noticia/2017/05/duplo-arco-iris-em-canoas-9797633.html></p>	<p>O que você observa na imagem ao lado? Descreva-a e responda: como ocorre este fenômeno?</p>

REFLITA	&	RESPONDA
----------------	--------------	-----------------

Qual é a relação que as imagens 01, 02 e 03 têm entre si? Identifique suas semelhanças.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ATIVIDADE II

Na imagem 01, você pôde observar que quando passa de um meio para o outro (da água para o ar, neste caso), a luz sofre um desvio angular. É por conta disso que percebemos o objeto aparentemente “quebrado”.

Este acontecimento é consequência do fenômeno da **refração da luz**. Para começarmos a estudá-lo, vamos usar o simulador “Desvio da luz”, produzido pelo PhET Colorado e que pode ser acessado pelo QR Code a seguir.

Figura 4: Simulador “Desvio da Luz” do PhET Colorado

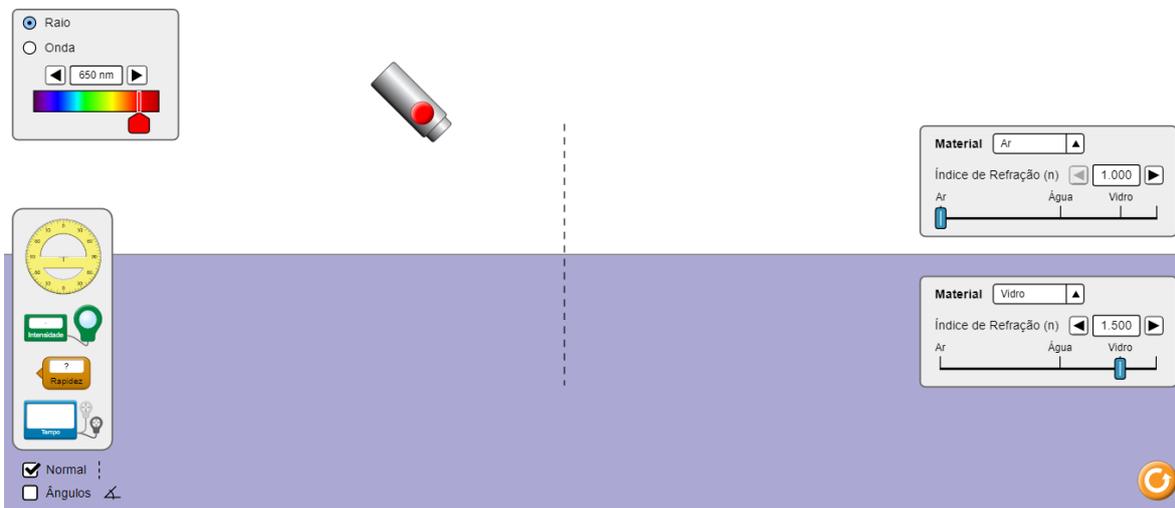


https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_pt_BR.html

Com o uso deste simulador, vamos construir alguns conceitos que serão aproveitados para o entendimento de como o arco-íris é formado. Para tanto, siga as seguintes recomendações.

1. Clique na opção “Mais Ferramentas”. A tela que irá aparecer será a seguinte:

Figura 5: Interface do simulador “Desvio da Luz”.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/bending-light>

2. Clique sobre o botão vermelho do *laser*.

Nas linhas abaixo, descreva o que você está vendo.

.....

.....

.....

.....

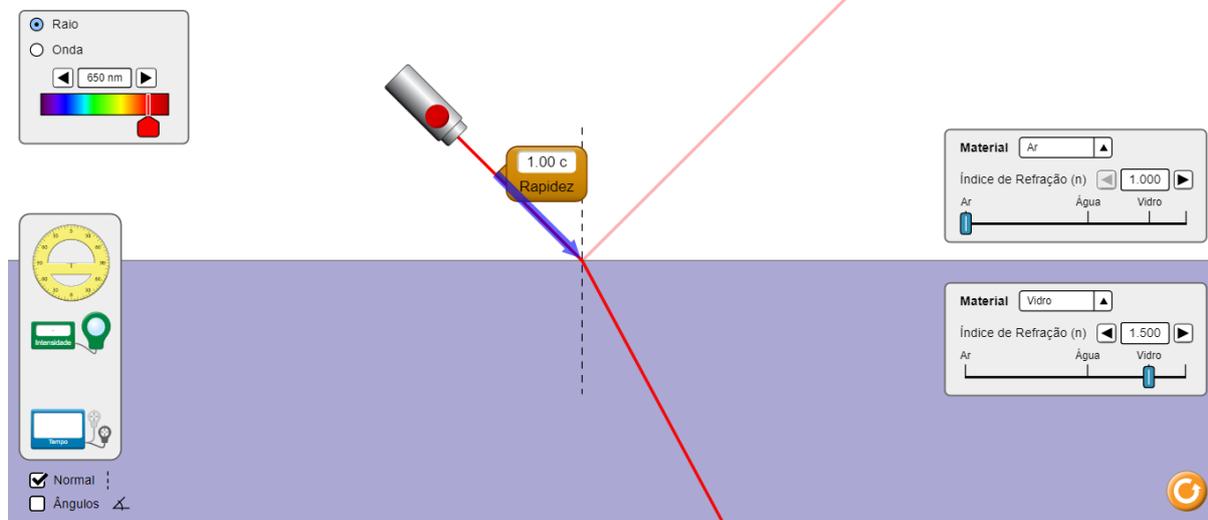
3. No canto inferior esquerdo, clique sobre a opção “Ângulos”.

4. Em seguida, varie a posição do *laser*, arrastando-o. No espaço abaixo, faça um desenho simplificado daquilo que você vê, anotando os ângulos exibidos.



5. À esquerda você pode verificar a possibilidade de algumas ferramentas, dentre elas um transferidor, um medidor de intensidade e outro de velocidade. Selecione o medidor de velocidade e arraste até os raios de luz, como indicado abaixo.

Figura 6: Explorando fenômenos ópticos a partir do simulador “Desvio da luz”.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/bending-light>

Meça a velocidade de propagação da luz de todos os três raios: o que chega pelo ar, o que sai pelo ar e o que atravessa o vidro. Anote os resultados e escreva sua conclusão.

.....

.....

.....

.....

6. Use o medidor de intensidade para coletar estes dados a respeito dos três raios anteriormente citados. O que ocorre com essa intensidade?

.....
.....

REFLITA	&	RESPONDA
----------------	--------------	-----------------

Com base no simulador e naquilo que você escreveu anteriormente, escreva um pequeno texto sobre o fenômeno simulado.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

PARTE**02****A LUZ DO SOL E A GOTA
DE CHUVA**

Como vimos no capítulo 01, o arco-íris é resultado de uma série de fenômenos físicos. A refração e a reflexão da luz são alguns exemplos do que ocorre para que seja possível ver o belíssimo espetáculo nos céus.

Muito se fala sobre o que é necessário para que o arco-íris apareça, porém normalmente o que nos informam é incompleto e, por conta disso, nos deixam cheios de dúvidas. É necessário que haja chuva? É necessário que haja luz solar? Há mesmo um baú de ouro no fim do arco-íris?

Algumas destas dúvidas e um pouco mais começarão a ser respondidas agora.

Antes disso, porém, vamos fazer a leitura crítica de um artigo cujo objetivo é tentar explicar como ocorre a formação do arco-íris. Com a análise deste texto, você começará a se familiarizar com alguns termos que são muito importantes no estudo da óptica geométrica.

Leia o texto duas vezes. Na segunda, grife as informações que julgar mais relevantes e transcreva-as em seu caderno.

COMO OCORRE A FORMAÇÃO DO ARCO-ÍRIS?

Adaptado de <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/arco-iris>

Figura 7: Arco-íris primário.



Fonte: o autor.

A formação do arco-íris ocorre quando uma luz branca é interceptada por uma gotícula de água. Quando ocorre a interceptação uma parte da luz solar é refratada para dentro da gota, refletida em seu interior e refratada novamente para fora da gota, formando o espectro de cores.

Considerando que a luz branca é, na realidade, a mistura de várias cores, é possível compreender porque ela faz aparecer o espectro de cores ao atravessar uma superfície líquida. Este fenômeno chama-se dispersão da luz branca.

Além de ocorrer na natureza, o fenômeno do arco-íris pode ser reproduzido através da refração de luz por um prisma de vidro. A refração é o processo de desvio do feixe de luz ao passar de um meio material para outro. Os meios transparentes e translúcidos, meios materiais capazes de propagar luz, apresentam um índice de refração que varia de acordo com suas características.

Ao atravessar do meio material ar para o meio material água, a luz passa pelo processo de refração, uma vez que o índice de refração de ambos os meios possuem valores diferentes. Isso faz com que a velocidade da luz seja diferente nos dois. Dessa forma, as gotas de chuva funcionam como um prisma natural, pois elas também possuem seu índice de refração.

Disponível integralmente em:
<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/arco-iris>. Acesso em 01/10/2021.

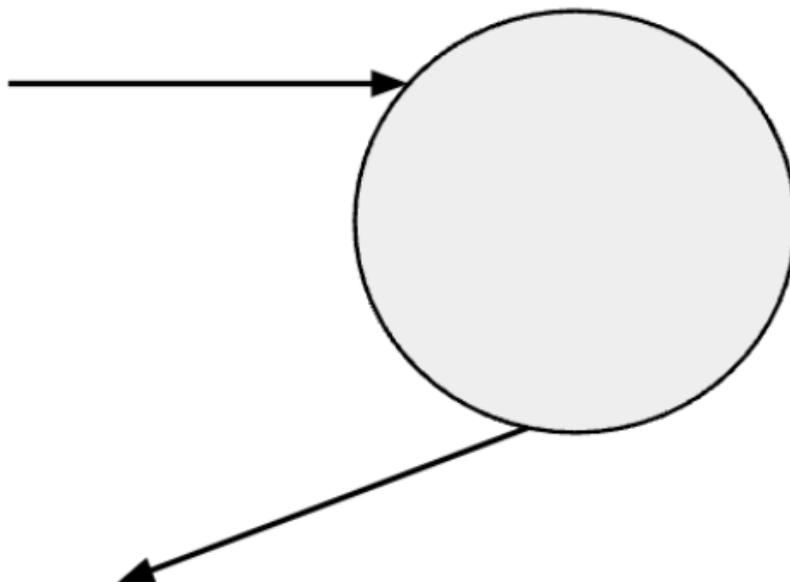
Com a leitura do texto acima, você já conhece alguns termos importantes que fazem parte da explicação do surgimento do arco-íris.

Já sabemos, por exemplo, que os fenômenos de reflexão e refração da luz estão presentes em nosso estudo. Mas não é apenas isso que já temos conhecimento.

Há a necessidade de haver gotas de chuva no céu que recebam a luz proveniente do Sol. Com base nessa informação, vamos passar para a próxima atividade.

ATIVIDADE III

Abaixo você pode observar o desenho de uma gota de chuva. A luz solar chega nela por cima e sai por baixo. **Use sua imaginação** e desenhe a trajetória de um raio de luz quando ela passa pela gota.



Até agora, estamos apenas supondo (a partir de algumas informações que lemos no artigo) como a luz se comporta dentro da gota para que o arco-íris se forme.

A partir do próximo capítulo, focaremos nossos esforços em construir conceitos - principalmente a respeito da reflexão e da refração. Já tivemos contato com estes termos e nosso próximo objetivo será compreendê-los. Depois disso, iremos relacioná-los com o fenômeno do arco-íris.

PARTE

03

**EXPLORANDO
ALTERNATIVAS**

É hora de colocar a mão na massa!

Neste capítulo, vamos fazer um experimento que visa identificar os principais fenômenos relacionados com a formação do arco-íris e quais são suas propriedades.

O objetivo é que, após a prática, você perceba que os mesmos processos que ocorrem rotineiramente na vida cotidiana são aqueles que permitem explicar a formação deste belíssimo fenômeno.

Para este experimento, vamos precisar dos seguintes materiais:

- Folhas de papel sulfite tamanho A4;
- Estilete;
- Tesoura;
- Régua de 30 cm de comprimento;
- EVA “tatame” de dimensões 50x50x1 cm;
- Copo de vidro cilíndrico de diâmetro igual a 5,3 cm;
- Caneta *laser pointer* preferencialmente verde;
- Alfinetes de cabeça;
- Água;
- Fita adesiva “Durex”;
- Canetas e lápis.

Siga os passos descritos abaixo e, logo na sequência, responda aos questionamentos sobre a prática.

Figura 8: EVA “tatame” e estilete.



Fonte: o autor.

Use uma folha de papel A4 como molde para recortar um pedaço do EVA “tatame”. Com o correto - e cuidadoso - manuseio do estilete, o resultado será semelhante ao que está representado acima.

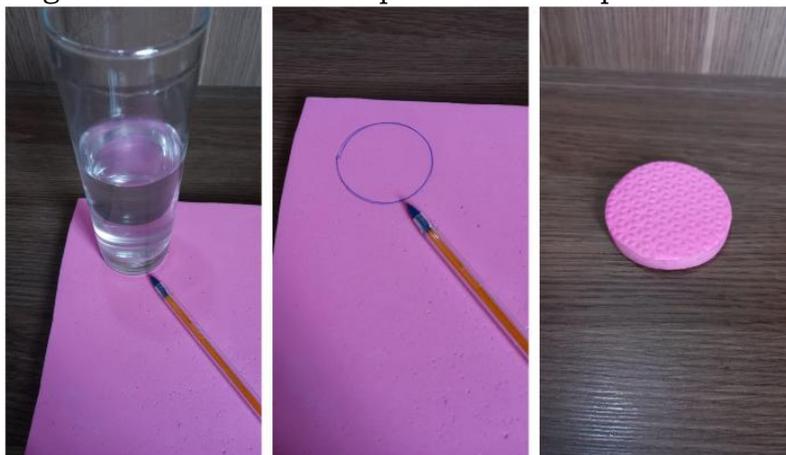
Figura 9: Base e *laser pointer*.



Fonte: o autor.

Com o uso de pedaços de EVA e alfinetes, construa o suporte ilustrado. Ele servirá como base do *laser pointer* durante a execução do experimento.

Figura 10: Procedimento para vedar o copo cilíndrico.



Fonte: o autor.

Use o diâmetro do copo para marcar a base em outro pedaço de EVA. Com a marcação feita, utilize cuidadosamente o estilete para confeccionar um círculo com o mesmo tamanho da boca do copo.

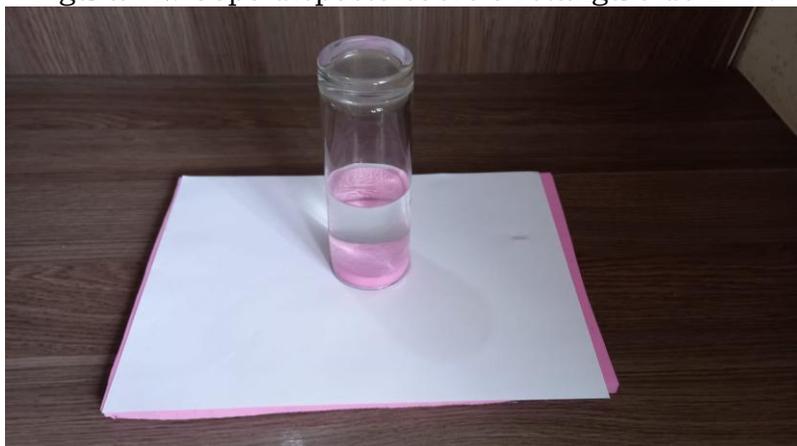
Figura 11: Copo com água devidamente vedado.



Fonte: o autor.

Encha $\frac{2}{3}$ do copo com água e tampe-o com o círculo de EVA produzido na etapa anterior. Vire o recipiente sobre uma pia e verifique se o conteúdo não vaza. Caso haja vazamento, utilize uma fita veda rosca.

Figura 12: Copo disposto sobre o retângulo de EVA.



Fonte: o autor.

Posicione uma folha de papel sobre o retângulo de EVA. Acima dela, em seu centro, coloque o copo com água virado para baixo. Após isso, circule com uma caneta a circunferência do copo.

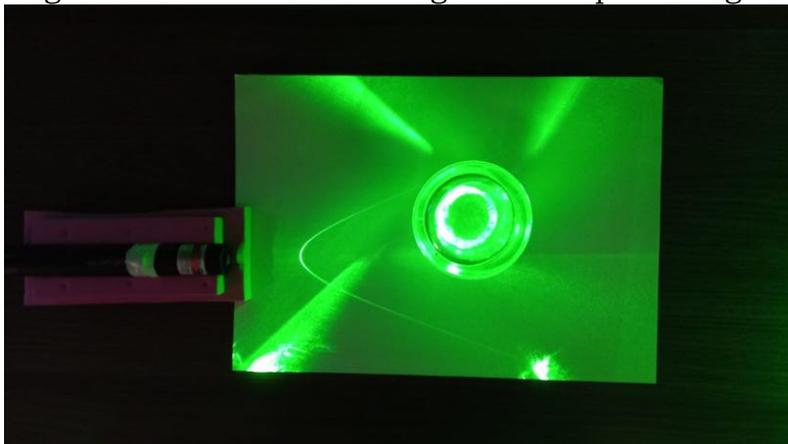
Figura 13: Montagem do aparato experimental.



Fonte: o autor.

Coloque o *laser pointer* sobre a base. Use a fita adesiva para manter o botão de ativação do *laser* ligado. Cuidese para não mirar o feixe nos seus olhos e/ou de seus colegas.

Figura 14: Raios de luz emergindo do copo com água.



Fonte: o autor.

Ajuste a posição do *laser* e da base de modo que o feixe passe pelo centro do copo. Depois, desloque-o longitudinalmente até que os raios de luz que emergem do recipiente estejam dispostos como na imagem acima.

Figura 15: Uso de alfinetes para marcar os raios.

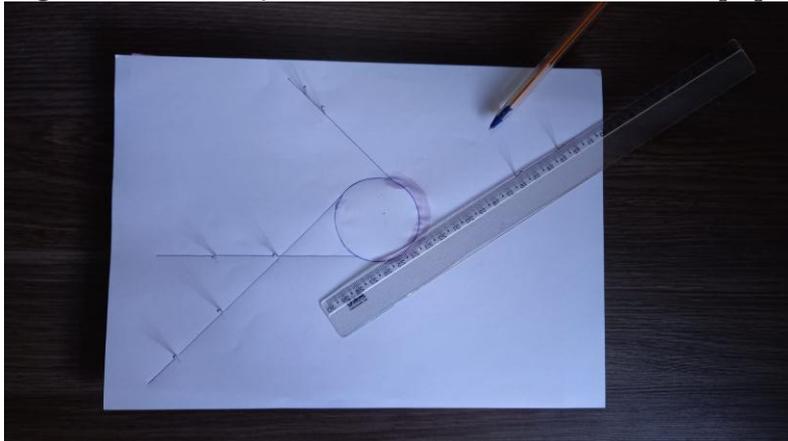


Fonte: o autor.

Utilize os alfinetes-cabeça para marcar os raios de luz: Tanto o que chega ao copo, quanto aqueles que saem dele. Para cada um destes raios, utilize dois alfinetes.

Dica: marque o raio que chega ao copo por último. Use como referência o “sumiço” dos outros feixes para marcar estes pontos.

Figura 16: Marcação dos raios de luz na folha de papel



Fonte: o autor.

Retire o copo de cima da folha de papel.

Com a régua, trace retas cujo suporte são os alfinetes espetados. O resultado é semelhante ao que está exposto na imagem.

Observe a folha de papel, com todas as marcações feitas durante a experimentação. Note que existe um raio de luz que chega até o círculo e outros que saem dele. Oriente, através de uma seta para cada reta, o sentido de propagação destes feixes.

Contudo, se há raios que entram no círculo e outros que saem, é de se perceber que também devem existir raios de luz que se propagam dentro da água. Para ilustrá-los, o processo é simples:

Insira alfinetes em todos os pontos em que os raios intersectam o perímetro da circunferência. Na sequência, posicione a régua de modo que ela fique apoiada em dois alfinetes consecutivos e use a caneta para **desenhar uma reta que ligue estas referências.**

Faça isso até que haja uma continuidade do caminho do raio de luz que chega até o círculo e aquele que sai dele.

A ideia é que após executar este experimento, você já saiba que quando a luz do *laser* incide sobre um copo com água, ela se propaga dentro do recipiente sofrendo desvios até que saia dele.

Iremos estudar estes desvios na Parte 04 deste material. Por enquanto, reflita e responda sobre o que fizemos até aqui.

REFLITA	&	RESPONDA
----------------	--------------	-----------------

O que ocorre com a luz solar quando ela incide sobre uma gota de chuva?

.....

.....

.....

.....

PARTE

04

RÉGUA E
TRANSFERIDOR

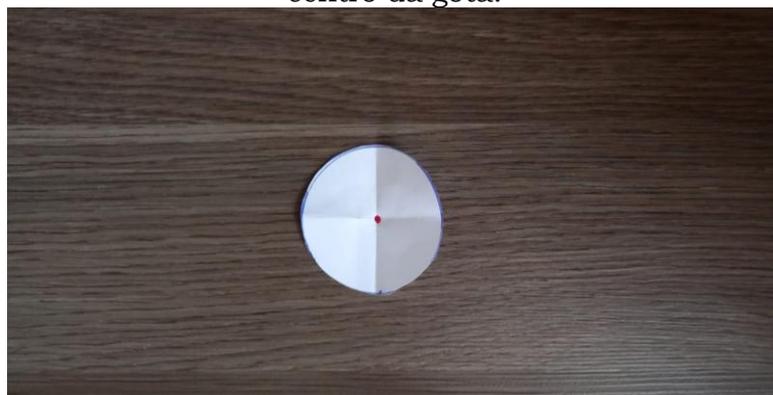
Neste momento, vamos aproveitar aquilo que produzimos experimentalmente no encontro passado e ir além. É necessário que você tenha à disposição a folha em que foram feitas as marcações do círculo do copo e os raios de luz que entram e saem dele.

Além disso, tenha em mãos as ferramentas da seguinte lista:

- Transferidor;
- Régua;
- Tesoura;
- Folhas de papel sulfite.

A primeira etapa de nossa análise irá consistir em reconhecer as leis por trás dos fenômenos da reflexão e refração da luz. Para tanto, siga as etapas que seguem.

Figura 17: Círculo de papel para a marcação do centro da gota.

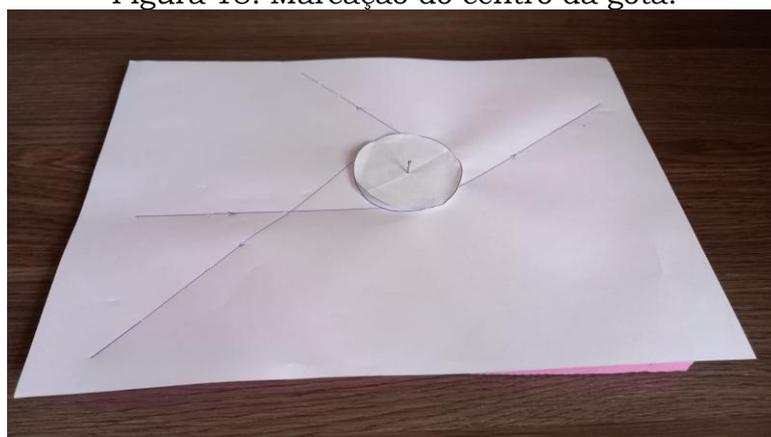


Fonte: o autor.

Em uma folha de papel, contorne novamente o copo utilizado na prática anterior. Em seguida, use uma tesoura para cortar um círculo. Dobre-o duas vezes e marque o centro com uma caneta. O resultado será como o que está representado acima.

Este círculo de papel nos servirá para marcar uma reta de referência que será conhecida como **reta normal**.

Figura 18: Marcação do centro da gota.



Fonte: o autor.

Posicione o círculo de papel sobre o outro desenhado na folha da atividade anterior. Com um alfinete, espete o centro. Depois, desmonte o que acabou de fazer.

Neste momento, iremos apelar para um conhecimento antigo de geometria. Esta área da matemática nos diz que toda reta que passa tanto pelo centro de um círculo quanto por sua borda, é perpendicular à circunferência. Esta é justamente a propriedade da reta normal.

Figura 19: Marcação das retas normais.



Fonte: o autor.

Trace uma reta pontilhada que passe pelo centro marcado do círculo e o primeiro ponto de refração. Esta é a reta normal.

Com este parâmetro desenhado, vamos passar à medição de alguns ângulos importantes. O ângulo formado entre o raio incidente e a normal é o ângulo de incidência. Use o transferidor e anote este valor.

Utilize o mesmo material para medir o ângulo formado entre a normal e o primeiro raio refratado para dentro da gota. Este é nosso ângulo de refração. Anote o valor encontrado.

O ângulo de incidência é igual ao ângulo de refração? O que ocorre com o raio de luz quando ele penetra a água?

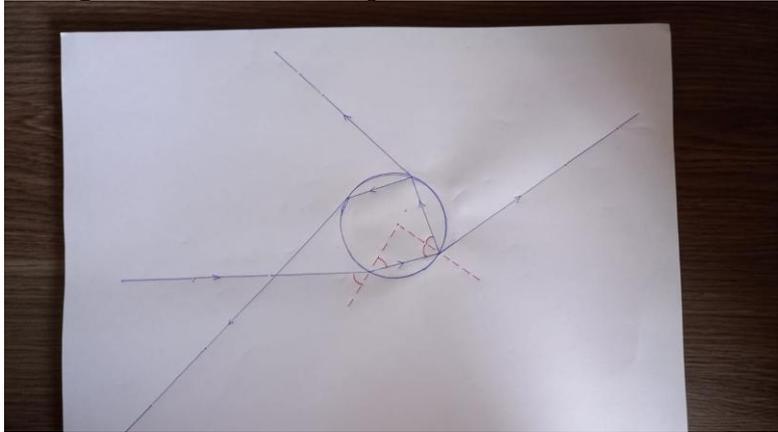
.....

.....

.....

Vamos voltar o foco para a primeira reflexão interna da luz. Identifique-a e marque a reta normal no ponto de incidência.

Figura 20: Análise da primeira reflexão interna.



Fonte: o autor.

Use o transferidor para obter o ângulo de incidência (formado entre o raio que incide naquele ponto e a normal) e o ângulo de reflexão (entre o raio refletido e a mesma normal).

A partir da última medição realizada, qual conclusão podemos tirar a respeito dos ângulos de incidência e reflexão?

.....

.....

.....

.....

PARTE

05

REFLEXÃO E REFRAÇÃO

DA LUZ

Há uma série de fenômenos físicos relacionados com a formação do arco-íris. Neste primeiro momento, vamos ressaltar dois deles: a reflexão e a refração da luz. Além deles, há a dispersão da luz branca, que será estudada mais adiante quando abandonarmos o *laser* de luz verde para dar espaço a uma lanterna de luz branca.

Vamos começar pelo fenômeno mais simples: a reflexão.

Reflexão da luz

A reflexão da luz é um dos fenômenos ópticos mais conhecidos do nosso dia-a-dia. Isso porque sabemos que quando estamos de frente a um espelho, é justamente a reflexão que nos permite ver a nós mesmos. Mas não é necessário que haja um espelho para haver reflexão. Uma lâmina de água, por exemplo, já é o suficiente para que possamos nos observar.

Figura 21: Reflexão em um espelho plano.

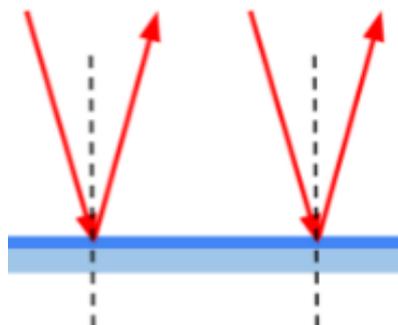


Fonte: o autor.

Quando a luz se propaga no ar e encontra o que chamamos de superfície refletora, ela “ricocheteia”, continuando no mesmo meio mas sofrendo um desvio angular com relação a sua propagação original.

Existem duas formas de reflexão: a primeira delas é a **especular**, também conhecida como regular. É esta que acontece no espelho e ela é caracterizada pelo fato de que os raios refletidos (que “saem” da superfície refletora) são todos paralelos.

Figura 22: Reflexão especular dos raios de luz.

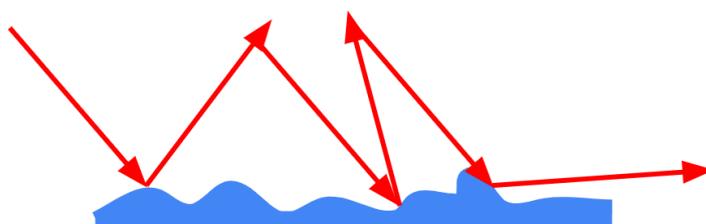


Fonte: o autor.

Contudo há também a reflexão **difusa**. E por mais que seja contraintuitivo, este tipo de reflexão é muito importante para que vejamos tudo o que está ao nosso redor.

Na difusa, os raios refletidos não são paralelos e o resultado disso é que não enxergamos o nosso reflexo nestas superfícies. Você só pode estar lendo este livro pois a luz chega até ele e reflete difusamente.

Figura 23: Reflexão difusa dos raios de luz.



Fonte: o autor.

A polidez da superfície é o fator que define se a reflexão será especular ou difusa.

Para o estudo da reflexão, temos de estar cientes de alguns nomes importantes e que serão repetidos inúmeras vezes daqui em diante. A ilustração abaixo representa um raio de luz que incide sobre uma superfície refletora. Este raio será chamado de **incidente**. Já aquele que emerge dela será denominado de **raio refletido**.

Mas além destes raios, existe outra reta à qual dedicaremos especial atenção: trata-se da **reta normal**. Já falamos sobre ela nos experimentos realizados anteriormente.

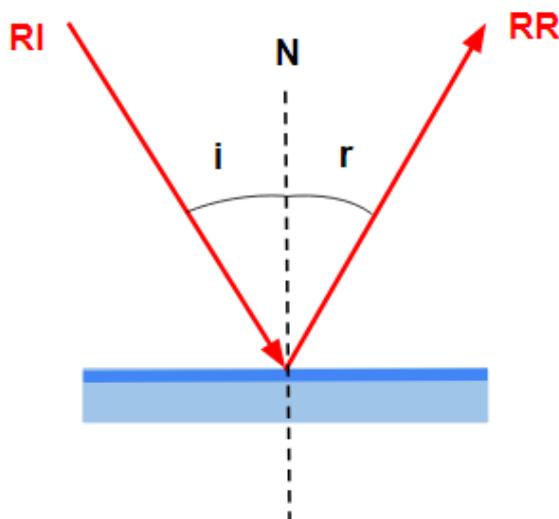
A “normal” é uma reta que sempre forma 90° com a superfície refletora e servirá de referência para a medição de ângulos muito importantes para o estudo da

reflexão. É importante frisar que a normal não tem realidade física e é apenas um instrumento que nos será muito útil no futuro.

O **ângulo de incidência** é formado entre o raio incidente e a reta normal. Já o **ângulo de reflexão** vai da reta normal até o raio refletido.

No desenho abaixo é possível reconhecer cada um destes componentes.

Figura 24: Raio incidente, refletido, reta normal e ângulos de incidência e reflexão.



Fonte: o autor.

Com estes nomes em mente, vamos passar às duas **Leis da Reflexão**.

O raio incidente, o raio refletido e a reta normal são coplanares;

e

O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

As duas leis da reflexão já foram experimentadas por nós na prática prevista para as Partes 03 e 04 deste material didático. Dizer que estes raios são coplanares é afirmar que tanto o raio incidente quanto o refletido e a reta normal pertencem ao mesmo plano bidimensional.

E isso é verdade!

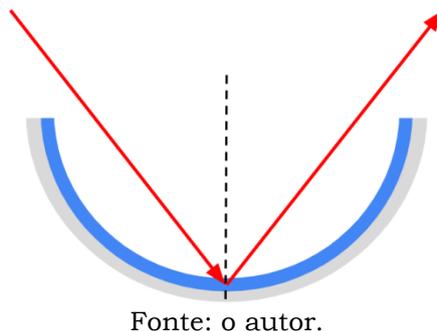
A partir do momento em que definimos o plano que contém RI e N, necessariamente o RR deverá estar nele.

Com relação à outra lei da reflexão não restam muitas dúvidas a respeito de seu significado. Se elas ainda persistirem, podemos resolvê-lo de uma maneira muito simples: basta desenhar a normal à superfície do corpo em um dos pontos de incidência da luz e medir tais ângulos com um transferidor.

Já fizemos isso no fascículo anterior.

Convém fazer uma observação importante: a reflexão não ocorre apenas em superfícies planas. Vimos no próprio experimento que é perfeitamente possível que uma reflexão ocorra em superfícies encurvadas, como a do copo com água.

Figura 25: Reflexão da luz em uma superfície curva.



Refração da luz

Já sabemos que quando um raio de luz incide sobre uma superfície dita refletora, irá ocorrer o fenômeno da reflexão.

Contudo, este não é o único fenômeno óptico existente. Olhe pelo vidro da janela mais próxima: além do seu próprio reflexo - menos intenso - você também percebe o que está do outro lado. Isso pois a luz proveniente dos objetos que estão no exterior atravessa o vidro e chega até você.

Quando a luz incide obliquamente na superfície de separação entre dois meios, ela sofre um desvio angular ao passar para o outro lado e, por consequência, altera o valor de sua velocidade de propagação. Neste caso, dizemos que ocorre o fenômeno da **refração**. Podemos citar outros inúmeros exemplos!

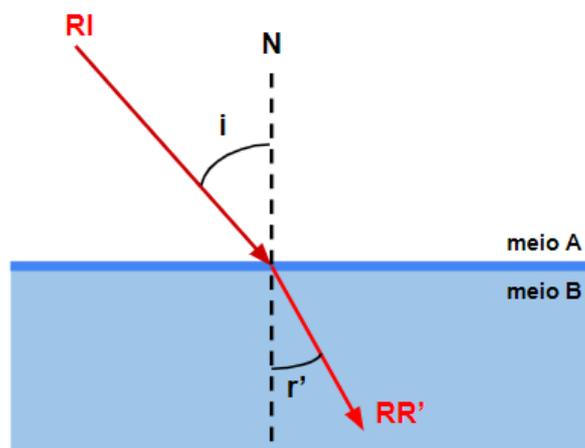
Em um dia ensolarado, você percebe que há alguém submerso dentro de uma piscina. Se é possível observá-la, é porque a luz que parte dela atravessa da água para o ar e chega até seus olhos. Ao transitar da água para o ar, a luz mudou de meio e alterou o valor velocidade de sua velocidade de propagação.

Na Atividade I da Parte 01 deste material didático, tivemos contato com a imagem de um rodo de piscina parcialmente submerso. Foi possível observar o que muitos chamam de “ilusão de óptica”: para quem observa apressado, pode parecer que o instrumento está quebrado.

Contudo, não há nada danificado. O que ocorre é que, em decorrência da refração, a luz sofre um desvio angular e por isso surge a impressão de que a parte imersa do rodo está deslocada para cima.

A figura 26 ilustrada abaixo mostra a forma como a luz se comporta ao passar de um meio A para um meio B, sofrendo o desvio angular mencionado anteriormente. Neste caso, está ocorrendo a refração da luz.

Figura 26: Representação esquemática do fenômeno da refração da luz.



Fonte: o autor.

Observe que a imagem acima contém raios, retas e ângulos importantes para o estudo da refração. Assim como fizemos anteriormente, vamos nomear os principais componentes que iremos estudar.

O raio que chega até a interface de separação entre os dois meios é chamado de **incidente** (RI). Já aquele que “atravessa” para o outro lado será chamado de **raio refratado** (RR'). A **reta normal N** é perpendicular à superfície, enquanto que os **ângulos de incidência i e refração r'** são medidos desde a normal até os raios incidente e refratado, respectivamente.

Em cada meio a luz se propaga com uma velocidade diferente. No vácuo e no ar, por exemplo, ela atinge as maiores velocidades possíveis. Contudo, quando nos referimos à água, ao vidro e ao plástico, essa velocidade é menor.

A tabela abaixo exprime a velocidade de propagação da luz em alguns dos meios mais estudados em física.

Quadro 4.1: Velocidade de propagação da luz em meios materiais conhecidos.

Meio	Velocidade da luz (m/s)
Ar	299.702.547
Água	225.407.863
Álcool etílico	220.435.631
Vidro	199.861.638
Diamante	123.881.180

Fonte: o autor.

Em virtude destas discrepâncias, definimos uma grandeza física denominada **índice de refração** do meio. Este valor será específico para cada meio e não é difícil calculá-lo.

Para isso, usamos a seguinte equação:

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

Onde:

n: Índice de refração do meio;

c: Velocidade da luz no vácuo (em m/s);

v: Velocidade da luz no meio considerado (em m/s).

Note que estamos dividindo m/s por m/s. Por conta disso, o índice de refração é uma grandeza adimensional e não apresenta unidade de medida.

Vamos calcular o índice de refração do vácuo?

Como a velocidade de propagação da luz no vácuo é a própria velocidade da luz no vácuo, notamos que $v = c$. Desta forma, o índice de refração n será dado pelo quociente c/c . Ou seja, **o índice de refração do vácuo é igual a 1**.

Este valor é importante e aparece com muita recorrência nos exercícios.

O índice n do ar é de aproximadamente 1,0003. Por conta disso, é comum nos referirmos a esse valor apenas como sendo 1 também.

Tal como a reflexão, a refração também segue leis que regem este fenômeno. Vamos conhecê-las e, na sequência, discuti-las.

O raio incidente, o raio refratado e a reta normal são coplanares;

e

Lei de Snell-Descartes¹:

$$n_A \text{sen}(i) = n_B \text{sen}(r')$$

Como a primeira das leis sugere, os raios incidente, refratado e a reta normal pertencem ao mesmo plano. É uma situação semelhante à da reflexão da luz: se o raio incidente e a normal definem um plano, necessariamente o refratado estará no mesmo.

Do ponto de vista prático, isso é um facilitador pois permitiu que trabalhássemos apenas em duas dimensões ao invés de três.

¹ Willebrord Snellius (1580-1626) e René Descartes (1596-1650) propuseram a esta lei da refração em 1621.

A outra lei, por sua vez, é um pouco mais complexa e exige nossa atenção por um pouco mais de tempo. Trata-se da Lei de Snell-Descartes e ela procura relacionar os índices de refração dos dois meios e os ângulos de incidência e refração. Dito de outra forma, esta lei permite com que saibamos qual será o desvio do raio de luz desde que conheçamos os meios nos quais ele transita e a forma como ele chega à interface de separação.

n_A e n_B são os índices de refração. Podem ser do ar e da água, por exemplo.

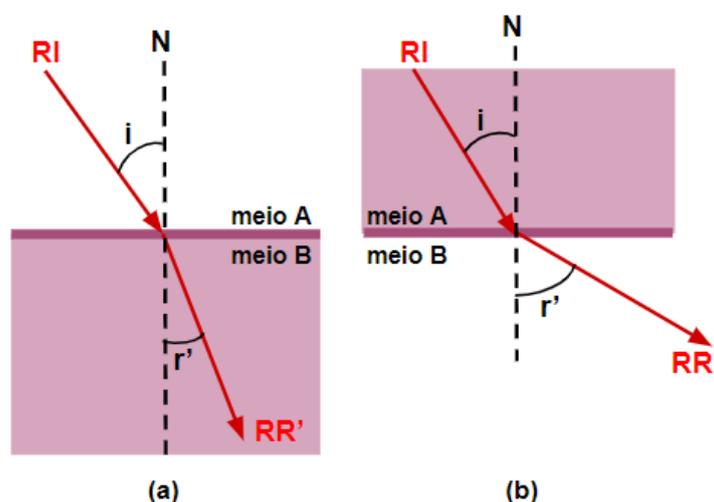
Já i e r' são os ângulos de incidência e refração. Para o cálculo decorrente da lei de Snell-Descartes, necessitamos dos valores dos senos desses ângulos. Estes podem ser obtidos em uma calculadora científica ou então nas antigas tabelas das funções trigonométricas.

Da mesma forma como ocorre na reflexão, a refração também ocorre em superfícies curvas. E você já sabe disso! Basta lembrar de nosso experimento em que o raio de luz proveniente do *laser* passava do ar para a água e sofria o desvio angular previsto pela lei de Snell-Descartes.

Se a luz passar de um meio de menor índice de refração (chamado de menos refringente) para outro de maior índice de refração (mais refringente), dizemos que o raio refratado se aproxima da normal.

Já se o raio vem de um meio mais refringente para outro menos refringente, observamos que o refratado se afasta da normal. Estas observações estão representadas na figura 27 abaixo e podem ser confirmadas no simulador “Desvio da Luz”, utilizado anteriormente.

Figura 27: Representação da refração da luz em dois casos. Em (a) a luz vai do meio menos refringente para o mais refringente. Já em (b) ocorre o inverso.



Fonte: o autor.

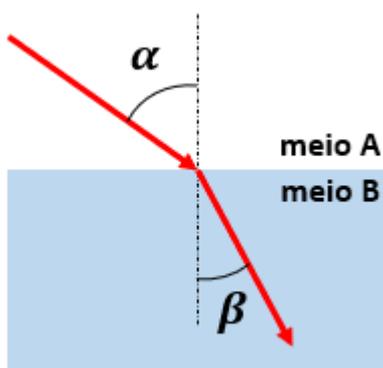
EXERCÍCIOS

1) O ângulo formado entre o raio incidente e uma superfície refletora é de 22° . Assinale a alternativa que corresponde ao ângulo de reflexão (formado com relação à reta normal).

- a) 68° ;
- b) 45° ;
- c) 22° ;
- d) 15° .

2) A velocidade de um raio de luz em um meio especial é de $1,2 \cdot 10^8$ m/s. Sabendo-se que a velocidade da luz no vácuo vale $3 \cdot 10^8$ m/s, quanto vale o índice de refração deste meio?

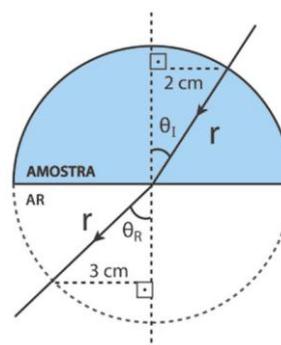
3) A figura abaixo representa a refração sofrida por um raio de luz quando ele passa de um meio A ($n_A = 1$) para um meio B.



Considerando que $\text{sen } \alpha = 0,6$ e $\text{sen } \beta = 0,4$, determine o índice de refração do meio B.

4) (Fatec-SP - Adaptado) Durante um ensaio com uma amostra de um

material transparente e homogêneo, um aluno do Curso de Materiais da Fatec precisa determinar de que material a amostra é constituída. Para isso, ele utiliza o princípio da refração, fazendo incidir sobre uma amostra semicircular, de raio r , um feixe de laser monocromático, conforme a figura.



MATERIAL	n
ar	1,00
resina	1,50
policarbonato	1,59
cristal dopado	1,60
cristal de titânio	1,71
cristal de lantânio	1,80

Utilizando os dados da figura e as informações apresentadas na tabela de referência, podemos concluir corretamente que o material da amostra é

- a) cristal de lantânio.
- b) cristal de titânio.
- c) cristal dopado.
- d) resina.

PARTE	EXPLORANDO (novas)
06	ALTERNATIVAS

Neste capítulo vamos refazer o experimento que dedicamos atenção na Parte 03 deste produto didático. Repetiremos alguns dos mesmos processos, mas com algumas diferenças importantes: a mais flagrante é o uso de uma lanterna de luz branca, em substituição ao *laser* de luz verde.

Em virtude disso, sugerimos que parte da prática seja executada em um ambiente escuro. Este cuidado deve facilitar a identificação dos feixes de luz que nos serão úteis para a realização do experimento.

Tenha em mãos os seguintes materiais:

- Folhas de papel sulfite tamanho A4;
- Estilete;
- Tesoura;
- Régua de 30 cm de comprimento;
- EVA “tatame” de dimensões 50x50x1 cm;
- Copo de vidro cilíndrico de diâmetro igual a 5,3 cm;
- Lanterna de luz **branca**;
- Alfinetes de cabeça;
- Água;
- Fita adesiva “Durex”;
- Canetas e lápis.

É possível perceber, logo a partir da análise dos materiais requisitados, que alguns dos processos serão idênticos aos realizados no experimento descrito na Parte 03.

Por exemplo: o copo com água vedado com um círculo de EVA terá a mesma função da prática anterior. O pedaço retangular de EVA recortado a partir das dimensões de uma folha sulfite, *idem*. Desta forma, é prudente utilizar as mesmas preparações.

Siga cada uma das etapas descritas abaixo. Tente recordar daquilo que já foi executado e fazer cada procedimento com sua equipe. Em caso de dúvidas persistentes, chame seu professor.

1. Disponha uma folha de papel sulfite sobre a base retangular de EVA;

2. Posicione sobre ela o copo com água vedado voltado para baixo. Utilize uma caneta para marcar a circunferência do copo na folha de papel;
Um detalhe que pode fazer a diferença em seu experimento é a colagem de uma tira de papel preto em torno do copo, limitando uma pequena região para a passagem da luz da lanterna.
3. Coloque a lanterna de luz branca em uma das extremidades do pedaço retangular de EVA e ligue-a. Você deverá observar o aparecimento de raios de luz coloridos emergindo do copo;
Caso não seja possível realizar esta observação, mova o copo sutilmente sem tirá-lo de sua marcação na folha de papel.
4. Insira dois alfinetes para marcar a direção de cada um dos raios de luz coloridos;
5. Faça uso de um obstáculo - pode ser outro retângulo de EVA - para interromper os raios de luz provenientes da lanterna e que incidem sobre o copo. Movimente tal obstáculo até que o feixe luminoso colorido desapareça;
6. Na sombra deste obstáculo sobre a folha, insira dois alfinetes para marcar esta direção;
7. Na outra extremidade da folha é possível perceber que há uma sombra dos alfinetes que indicam o feixe de luz incidente. Marque esta sombra com o alinhamento de outros dois alfinetes;
8. Com todas estas marcações feitas, já é possível retirar o copo de cima da folha de papel.

Antes de continuarmos, responda a duas pequenas perguntas:

Quem o copo com água está representando neste experimento?	Quem a luz da lanterna está representando neste experimento?

Com todas as preparações executadas, vamos passar para a tarefa de completar o desenho. Já fizemos um processo semelhante na Parte 03 deste material;

9. Marque o centro do círculo. Procedimento parecido já foi utilizado no passado, quando foi usado outro círculo de papel - de mesmo diâmetro do copo - e um alfinete;
10. Com uma régua apoiada sobre os alfinetes que representam o feixe incidente, marque esta direção utilizando uma caneta. Indique o sentido da incidência com uma seta;

11. Marque também a direção dos raios de luz que saem do copo. Indique o sentido com uma seta;
12. Espete alfinetes nos pontos em que ocorre a intersecção das retas com o círculo;
13. Em seguida, use a régua para traçar a direção de propagação da luz dentro da água;
14. Do centro do círculo até o primeiro ponto de intersecção do raio incidente com a circunferência, trace a reta normal (pontilhada);
15. Utilize o transferidor para medir os ângulos de incidência e refração. Anote estes valores no espaço abaixo:

Ângulo de incidência (i)	Ângulo de refração (r')

16. Use o transferidor para medir o ângulo de desvio sofrido pelo raio de luz ao passar pelo círculo. Registre este dado no campo abaixo:

Δ

No procedimento 15 você obteve os ângulos de incidência e refração. Uma vez que já conhecemos o índice de refração do ar, basta que utilizemos a lei de Snell-Descartes para calcular o índice de refração da água. Use o espaço abaixo para fazer este cálculo.

--

PARTE

07

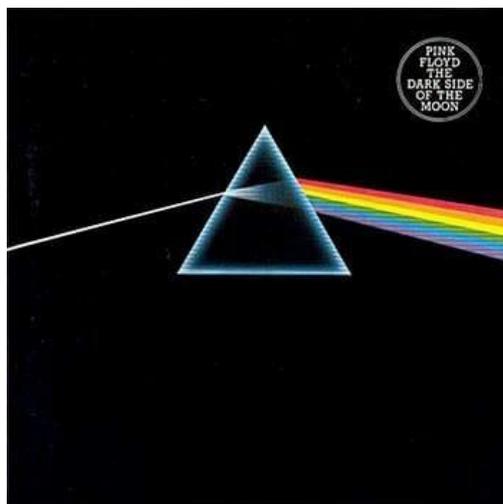
DISPERSÃO DA LUZ BRANCA

Na Parte 06 tivemos contato com um fenômeno no mínimo interessante: o feixe de luz branca que chegou até o copo saiu dele na forma de feixes de luz colorida. Esse fenômeno chama-se **dispersão da luz branca** e, neste capítulo, nos dedicaremos a estudá-lo.

A dispersão não é algo estranho. É até muito comum!

Em dias ensolarados é possível observar a formação desta faixa colorida quando a luz do Sol (que é branca) passa por uma janela, por exemplo. Além disso, os fãs do rock conhecem este fenômeno da capa do disco *The Dark Side of the Moon*, da banda britânica Pink Floyd, lançado em 1973.

Figura 28: Capa do disco “The Dark Side of the Moon”, da banda Pink Floyd.



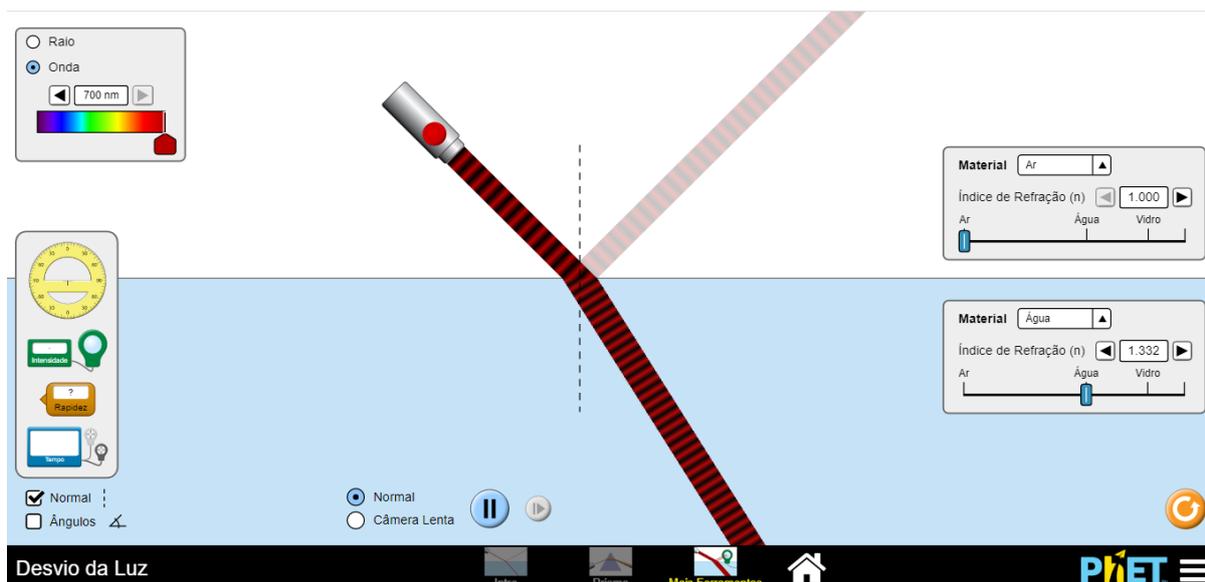
Fonte: <<https://www.culturagenial.com/the-dark-side-of-the-moon-pink-floyd>>

Para compreender um pouco mais sobre isso, vamos utilizar novamente o simulador “Desvio da Luz”.

Entre no *software* e selecione a opção “Mais Ferramentas”. No canto superior esquerdo, marque a opção “onda” e, em seguida, desloque o marcador para 700 nm.

Utilize como materiais de análise o ar e a água.

Figura 29: Usando o simulador “Desvio da Luz” para verificar a refração sofrida por um raio de luz vermelha.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/bending-light>

No canto inferior esquerdo, selecione a opção “Ângulos”. Registre, no espaço abaixo, o valor dos ângulos de incidência e refração;

Comprimento de onda	Ângulo de incidência (i)	Ângulo de refração (r')
700 nm (vermelho)		

Depois de anotar estas informações, altere o seletor para o comprimento de onda de 380 nm (violeta). Registre estes dados nos campos abaixo:

Comprimento de onda	Ângulo de incidência (i)	Ângulo de refração (r')
380 nm (violeta)		

Use a Lei de Snell-Descartes para determinar o índice de refração da água tanto para a luz vermelha quanto para a cor violeta.

Índice de refração para a água (luz vermelha)	Índice de refração para a água (luz violeta)
---	--

Utilize os valores obtidos no exercício anterior para responder à seguinte pergunta.

REFLITA	&	RESPONDA
----------------	--------------	-----------------

Sabemos que o branco é a composição de todas as cores. Quando a luz solar (que é branca) incide sobre uma gota de chuva, todas as suas componentes irão refratar da mesma forma? Qual é a consequência disso? Justifique sua resposta.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

PARTE

08

A FORMAÇÃO DO ARCO-ÍRIS

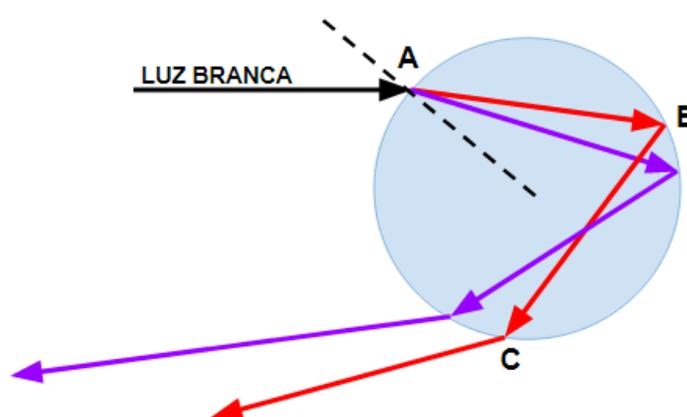
Estamos quase terminando nosso estudo. Neste momento, temos como objetivo juntar todo o conhecimento que já construímos - a respeito de luz, reflexão, refração e dispersão - com o plano de fundo que nos acompanha desde o início: a formação do arco-íris.

Para tanto, vamos retornar um pouco no passado. No desfecho da Parte 07, vimos que o índice de refração de um material muda a depender da luz que incide sobre ele. A consequência disso é que cores de luz diferentes desviam com ângulos de refração diferentes.

Desta forma, você pôde concluir que quando a luz branca incide sobre a água, cada uma de suas componentes se desvia com um ângulo distinto. O resultado disso é o que chamamos de dispersão: a luz branca “se divide” nas cores do arco-íris.

É justamente isso o que ocorre quando a luz do Sol encontra as gotas que caem do céu em um dia de chuva. A ilustração abaixo é simplificada: ela se restringe apenas aos dois extremos do espectro da luz visível, o vermelho e o violeta. As outras cores intermediárias foram ocultadas para não poluir demais o desenho.

Figura 30: Representação esquemática do comportamento de um raio de luz branca que incide sobre uma gota de chuva esférica.

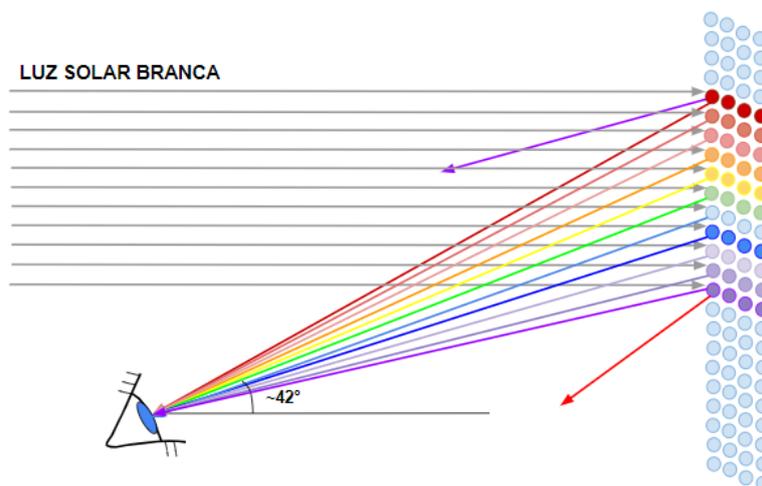


Fonte: o autor.

Observe que o raio de luz vermelha desvia mais do que o violeta na primeira refração. Você já havia chegado a esta conclusão no fim da Parte 07 deste material didático.

É evidente que um arco-íris não se forma a partir de apenas uma gota. O que vemos do céu é resultado combinado do mesmo processo em diversas gotículas de água. Observe a ilustração abaixo.

Figura 31: Observador percebe os raios de luz provenientes das gotas de chuva.

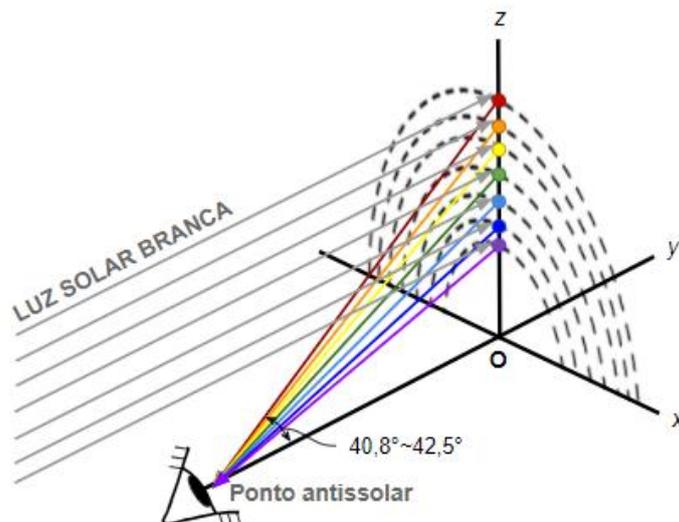


Fonte: o autor.

O observador é representado pelo olho posicionado na horizontal. Note que as gotas de cima são percebidas em vermelho pois é nesta cor que os raios que emergem dela chegam ao olho do indivíduo. Em compensação, as gotas de baixo são notadas na cor violeta pelo mesmo motivo. As gotas intermediárias são percebidas nas outras cores do espectro.

A ilustração demonstra que para o arco-íris ser notado pelo observador, é necessário que ele esteja posicionado de tal maneira que o ângulo de desvio com relação à horizontal (mesma direção dos raios de luz incidentes) esteja no intervalo entre $40,8^\circ$ e $42,5^\circ$.

Figura 32: Percepção do arco-íris para um observador posicionado no ponto antissolar.



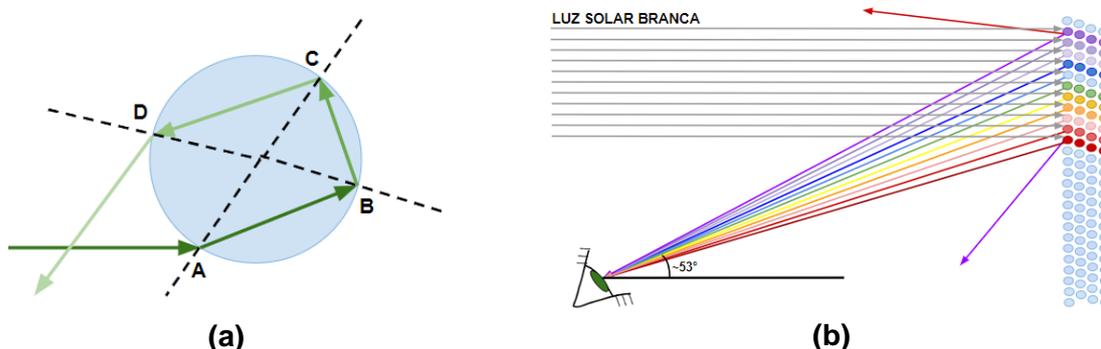
Fonte: o autor.

O ponto em que os raios coloridos chegam ao olho do observador é chamado de antissolar. Este ponto é o vértice do cone definido pelo arco-íris.

Volte até a Atividade I da Parte 01 deste material didático. A imagem III mostra não apenas um, mas dois arco-íris. Um deles, mais interno, é também o mais intenso. Já o de fora é menos intenso e tem as cores invertidas com relação ao primeiro.

Isso ocorre em virtude de mais uma reflexão interna na gota de chuva, fazendo com que o caminho da luz dentro da água continue, mesmo com menos intensidade. Na próxima refração para fora da gota, haverá as mesmas condições para a formação de um segundo arco-íris que denominamos de **secundário**.

Figura 33: Arco-íris secundário. (a) Comportamento dos raios de luz no interior da gota; (b) Percepção do observador do arco-íris secundário.



Fonte: o autor.

Para que seja visualizado pelo observador, o ângulo que o feixe colorido forma com a horizontal deve estar entre o intervalo de $50,1^\circ$ a $53,2^\circ$.

É importante ressaltar que o raio de luz continua sendo refletido dentro da gota. Logo, existem arco-íris terciários, quaternários e etc. Contudo, em virtude de

que a cada reflexão o feixe perde intensidade, dificilmente estes podem ser observados.

EXERCÍCIOS

1) Os fenômenos envolvidos na formação do arco-íris são:

- Reflexão, refração e ressonância;
- Refração, dispersão e reverberação;
- Reflexão, refração e dispersão;
- Difração, remoção e polarização.

2) Quando um feixe de luz branca incide sobre uma gota de chuva,

- a componente violeta desvia mais que a vermelha;
- a componente vermelha desvia mais que a violeta;
- todas as componentes refratam da mesma maneira;
- as componentes só serão separadas na próxima refração, da água para o ar.

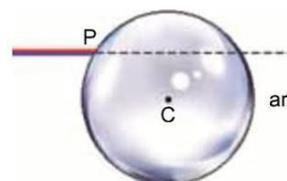
3) (UFJF-MG) O arco-íris é causado pela dispersão da luz do Sol que sofre refração e reflexão pelas gotas de chuva (aproximadamente esféricas). Quando você vê um arco-íris, o Sol está:

- na sua frente.
- entre você e o arco-íris.
- em algum lugar atrás do arco-íris.
- atrás de você.
- em qualquer lugar, pois não importa a posição do Sol.

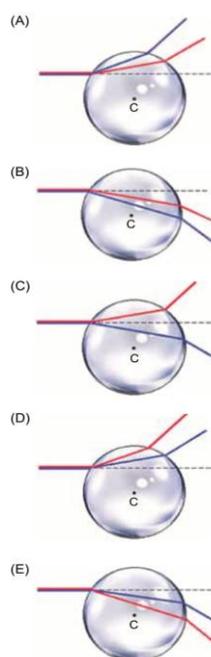
4) (FAMERP 2017) Dois raios de luz monocromáticos provenientes do ar,

um azul e o outro vermelho, incidem no ponto P da superfície de uma esfera maciça de centro C, paralelos um ao outro, na direção da linha tracejada indicada na figura.

A esfera é feita de vidro transparente e homogêneo.



Se o índice de refração absoluto do vidro é maior para a cor azul do que para a vermelha e se não houve reflexão total dentro da esfera, a figura que representa corretamente a trajetória desses raios desde a sua incidência no ponto P até a sua emergência da esfera está indicada em

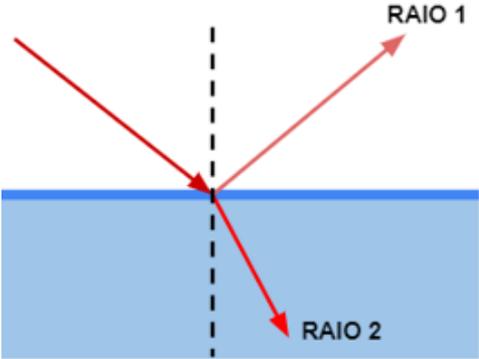


PARTE

09

QUESTIONÁRIO FINAL

1) Observe a imagem abaixo. Ela ilustra dois fenômenos ópticos que ocorrem ao mesmo tempo.

<p>Figura 34: Fenômenos ópticos.</p>  <p>Fonte: o autor.</p>	<p>a) Qual é o nome do fenômeno que originou o raio 1?</p> <p>() Reflexão () Refração</p> <p>b) Qual é o nome do fenômeno que originou o raio 2?</p> <p>() Reflexão () Refração</p>
--	---

2) Use **todas as linhas** abaixo para descrever o que ocorre no fenômeno da **refração** da luz.

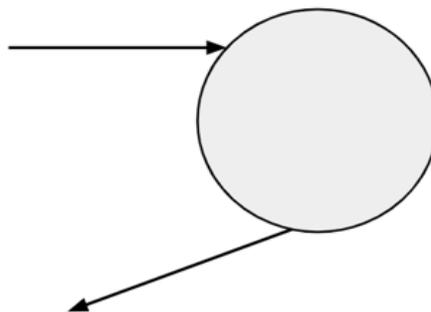
.....

.....

.....

.....

3) A ilustração abaixo representa uma gota de chuva que recebe a luz branca proveniente do Sol. Use seus conhecimentos e desenhe a trajetória da luz quando ela passa pela água.



4) Use **todas as linhas a seguir** e descreva a ilustração que você completou na questão 3.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5) Calcule o índice de refração do meio B abaixo.

Figura 35: Feixe de luz atravessa do meio A para o B.

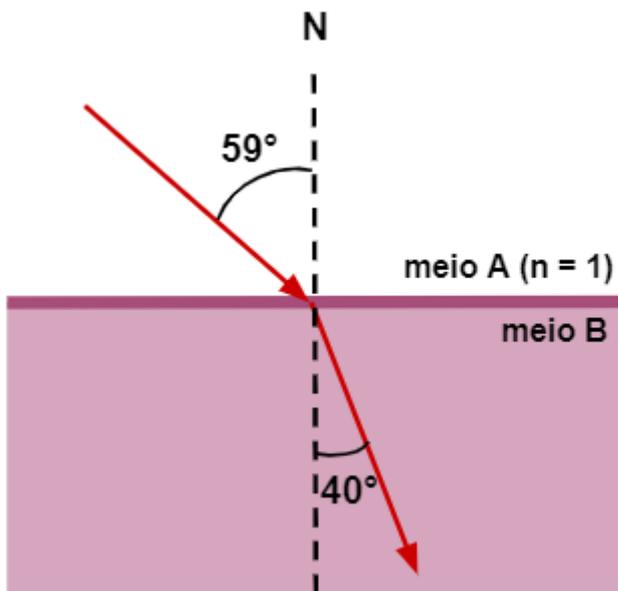


TABELA DE SENOS

α	Seno	α	Seno
40°	0,643	55°	0,819
41°	0,656	56°	0,829
42°	0,669	57°	0,839
43°	0,682	58°	0,848
44°	0,694	59°	0,857
45°	0,707	60°	0,866
46°	0,719	61°	0,877
47°	0,731	62°	0,875
48°	0,743	63°	0,891
49°	0,755	64°	0,899
50°	0,766	65°	0,906
51°	0,777	66°	0,914
52°	0,788	67°	0,921
53°	0,799	68°	0,927
54°	0,809	69°	0,934

Fonte: o autor.

Use este espaço para a realização dos seus cálculos:

APÊNDICE	FUNDAMENTAÇÃO DO MATERIAL
I	

Temos plena consciência de como é o ambiente em sala de aula. Com muita frequência, entramos, fazemos a chamada e explicamos o conteúdo até o sinal bater. Se der tempo, fazemos exercícios e os corrigimos antes de nos despedirmos.

Como professores, até temos noção, pelo nível de participação dos nossos estudantes durante a aula, se a turma compreendeu o que foi dito ou não. Contudo, é muito difícil ter certeza se todos os alunos aprenderam a matéria da mesma forma. Sendo um pouco mais pessimista, sem uma avaliação muito bem estruturada, não temos como saber nem se houve aprendizagem.

Como explicar o mesmo conteúdo, da mesma forma, para alunos que são tão diferentes entre si? Cada um tem um ritmo distinto, da mesma forma que a particularidade de como percebem a matéria raramente se repete. Este é um problema antigo e que exige urgência em ser superado.

A disciplina de física é uma das que mais “castigam” nossos estudantes. Além de exigir grande abstração por parte deles para entender a teoria, é também uma área do conhecimento que se utiliza da matemática como principal linguagem para descrever os fenômenos naturais. Para ela, elaborar uma estratégia diferente para alcançar todos os estudantes é algo necessário e que buscamos propor neste material didático.

Já deixamos claro, logo de começo, que tentaremos fugir do que normalmente é conhecido como “aula tradicional”. Em nossa proposição, o professor perderá o papel de protagonista único do processo educativo e se juntará ao aluno, guiando-o através dos conhecimentos.

“Conhecendo o arco-íris” tem fundamentação teórica que reflete duas teorias principais. Uma delas é a Teoria da Instrução de Jerome Bruner. A outra, por sua vez, é a da Criação do Conhecimento Real Exterior, de Gerson K. Cruz. Dedicaremos alguns parágrafos para que o leitor conheça, em linhas gerais, as características mais evidentes de cada uma delas. Na sequência, faremos comparações que evidenciam as semelhanças entre as teorias. São justamente estes pontos em comum que justificam a existência deste material.

Para Bruner, o que se busca é o crescimento intelectual (2006, p. 19). Ele será expresso pela capacidade que o aluno tem de progredir entre formas de representação de um conhecimento. Mas quais formas são essas?

A representação ativa diz respeito ao manuseio de objetos, ao contato direto do aluno com aquilo que está sendo estudado. Na sequência, surge a representação icônica. Nela, o estudante traduz o conhecimento na forma de imagens e não precisa mais manipular o ambiente. Operações mentais já podem ser realizadas para a resolução de problemas.

A terceira representação, por sua vez, é a simbólica. Ela é a mais importante pois reflete o auge da forma como o indivíduo domina o conhecimento. Nela há um avanço tão expressivo que o aluno já está familiarizado e faz uso de símbolos que são específicos daquele conhecimento (Moreira, 1999, p. 84).

É importante perceber que para alcançar o nível das representações simbólicas, faz-se necessário que o indivíduo domine bem as formas anteriores (ativa e icônica). Assim, a escola deve oportunizar experiências que façam com que os estudantes evoluam de forma em forma até alcançar o crescimento intelectual almejado.

Bruner é conhecido, entre outras coisas, por ser o pai da “aprendizagem por descoberta”. Esta estratégia se notabiliza por tentar simular, dentro do ambiente de sala de aula, o trabalho do cientista em seu laboratório. Lá, ele faz uso do método científico que o obriga a reconhecer um fenômeno, elaborar hipóteses, testá-las e confirmá-las (2008, p. 88).

Nesse contexto, o aluno teria função semelhante. Ele entraria em contato com um fenômeno através de seus sentidos e elaboraria uma explicação. Através da prática experimental, esta hipótese seria testada e analisada a partir dos dados coletados. Contudo, para que uma hipótese seja boa, o estudante tem de dominar bem como representar o conhecimento estudado, manipulando seus símbolos e comunicando para os outros as suas descobertas.

A Teoria da Criação do Conhecimento Real Exterior vai em um sentido muito parecido quando destaca a importância da emissão de hipóteses no processo de aprendizagem. Gerson K. Cruz evidencia a existência de três tipos de conhecimento: do inconsciente, da mente e real exterior.

O primeiro deles é um conhecimento real e permanente, isto é, é um conhecimento que está armazenado no inconsciente e pode ser recuperado. Contudo, só temos acesso a ele quando o transportamos para a mente. Nesta fase, o

conhecimento será virtual e temporário. É justamente nesse transporte que reside o ato de pensar: para poder utilizar uma informação, o indivíduo deve ativar seus mecanismos de busca para resgatar o conhecimento de seu inconsciente e manipulá-lo (2016, p. 61). Aprender, para esta teoria, significa justamente saber realizar a busca no inconsciente.

Os mecanismos de busca aos quais nos referimos anteriormente podem ser variados: uma simples pergunta que se faça ao inconsciente já pode ser suficiente para trazer à tona algumas informações. Contudo, Gerson K. Cruz afirma que o principal mecanismo que temos à disposição é a emissão de hipóteses que fazemos quando nos defrontamos de um problema desafiador (2016, p. 144).

Estas hipóteses serão emitidas à medida que o inconsciente manda para a mente as informações armazenadas lá, o que faz com que um problema desafiador seja uma forma extremamente efetiva de ativar nossos mecanismos de busca.

Já é possível notar que ambas as teorias colocam a emissão de hipóteses em um papel central no aprendizado. Segundo Cruz, são elas que permitem que os conhecimentos aprendidos e guardados em nosso inconsciente possam ser manipulados. Todavia, emitir uma boa hipótese só será possível se o indivíduo dominar bem as formas de representação de Bruner.

Mas quais são as mudanças que temos de fazer em sala de aula para que as diretrizes dadas por essas teorias sejam, de fato, implementadas?

A Teoria da Instrução de Bruner apresenta a vantagem de ser, segundo o próprio autor (2006, p. 51), “prescritiva” e “normativa”. Isso pois apresenta uma série de características que são indispensáveis para a prática didática: há de se ter predisposições (motivação), estrutura, sequência e reforçamento.

Para Bruner, o ambiente de exploração de alternativas deve ser motivador. Ademais, o professor deve ajustar a estrutura e a sequência da prática para que o estudante evolua por entre os modos de representação. Ao final, o aluno deve ser recompensado por sua evolução. Contudo, o autor afirma que é preferível que tal recompensa seja intrínseca, isto é, que o estudante se sinta feliz por ter alcançado certa competência (BRUNER, 2008, p. 97).

Tanto para Bruner quanto para Cruz, o papel do professor é bastante semelhante: é ele quem irá oportunizar a experiência de o aluno entrar em contato com um corpo de conhecimentos (através de um problema desafiador) e emitir suas hipóteses. Será um guia que facilitará a aprendizagem por descoberta (BRUNER, 2008, p. 104), auxiliando o estudante a incorporar e manipular formas de

representações mais refinadas. Ele é o agente que irá direcionar o aluno em sua investigação (CRUZ, 2016, p. 153).

Isso tudo deverá ser feito em um cenário preparado para a investigação científica. Desta forma, defendemos a transformação da sala de aula em um “ambiente de aprendizagem”. Este local deve ajudar os estudantes a focar suas atenções apenas no estudo e na investigação e, sobretudo, propiciar a troca de informações entre os colegas (GAUTÉRIO; RODRIGUES, 2013, p. 614).

É condição para a existência de um ambiente de aprendizagem que haja ferramentas para que os alunos explorem as alternativas, testem suas hipóteses e confirmem ou não suas teorias. O conceito deste cenário que busca romper com a sala de aula tradicional cai como uma luva nos preceitos da aprendizagem por descoberta defendida por Bruner.

O material “Conhecendo o arco-íris” está alinhado com aquilo que há de mais importante nas teorias descritas nos parágrafos acima. Focamos em oferecer um conjunto de fascículos com estrutura e sequência pensadas para, gradualmente, o aluno evoluir em seus modos de representação do conhecimento. Além disso, oferece momentos específicos em que os estudantes terão de lançar mão de hipóteses antes de prosseguir em seus estudos.

Nas páginas deste produto educacional, você professor irá encontrar práticas experimentais e computacionais que buscam não apenas fazer com que o aluno confirme suas teorias sobre o arco-íris, mas também oportunizem momentos em que o vocabulário científico e o uso dos símbolos inerentes a esse estudo serão de grande importância.

Será principalmente o uso deste vocabulário e sistema de símbolos que servirá de material para avaliarmos se os modos de representação estão sendo ou não incorporados.

Os planos de aula para cada uma das partes deste material apresentam encaminhamentos pensados no sentido de direcionar a prática até o completo domínio dos conhecimentos, habilidades e competências que julgamos relevantes neste estudo. Contudo, a depender da sua realidade, você professor tem liberdade de fazer adaptações na forma como os fascículos serão utilizados.

Para mais detalhes sobre as teorias que fundamentam “Conhecendo o arco-íris”, recomendamos a consulta à dissertação a qual este produto educacional se relaciona. Além dela, os livros e artigos referenciados são leitura obrigatória para quem desejar ter noção global a respeito de nossa fundamentação teórica.

APÊNDICE	
II	PLANOS DE AULA

PLANO DE AULA	
PARTE 01	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	2 hora/aula (100 min.)
Assunto:	
Refração, refração e dispersão.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar imagens e ilustrações a partir da observação; • Identificar relações entre grandezas físicas utilizando um simulador computacional. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Constatar a diferença entre os fenômenos de reflexão e refração da luz; • Elaborar sínteses escritas a partir da observação de fenômenos ópticos ilustrados e simulados. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>A aula tem início com a apresentação da proposta aos estudantes, enfatizando o uso do fascículo e combinando como as atividades irão se desenvolver. Após todas as dúvidas serem sanadas, o professor deve explicar a intencionalidade do projeto, destacando que ele propõe uma abordagem de tópicos de óptica através do estudo do fenômeno do arco-íris.</p> <p>Esta etapa de preparação se encerra com a entrega do fascículo “Parte 01” a todos os estudantes.</p> <p>Em seguida, com o uso do projetor multimídia, os alunos serão convidados a observar as três imagens da “Atividade I” e responder as perguntas relacionadas a cada uma delas e ao “Refleta & responda”. Cerca de 5 minutos é tempo suficiente para que seja feita a análise de cada imagem.</p> <p>Na “Atividade II”, os alunos devem acessar o simulador “Desvio da Luz”, produzido pelo PhET Colorado. O recomendável é que se utilize uma sala de informática para o uso do programa. Entretanto, se não houver esta disponibilidade, os estudantes podem utilizar o celular. A simulação é produzida em HTML5 e não deve haver dificuldade em rodar em <i>smartphones</i>. Para acessá-lo, é necessário apenas que o aluno leia o QR Code disponível.</p> <p>A atividade tem continuidade seguindo as instruções do material didático e o estudante deve responder a todas as perguntas a partir de suas próprias conclusões.</p>	

Avaliação:

Esta primeira parte traz diversas perguntas a respeito de fenômenos ópticos conhecidos do dia-a-dia. Além delas, faz questionamentos acerca de conhecimentos que podem ser construídos com o uso do simulador proposto. Desta forma, estas respostas podem ser utilizadas como instrumento de avaliação diagnóstica.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 01 do material “Conhecendo o arco-íris”, projetor multimídia, computadores (notebooks ou desktop) ou celular *smartphone* e materiais para anotação: caderno, lápis e caneta.

Bibliografia:

MENEZES, Luana Paula Goulart de *et al.* Um olhar científico para o arco-íris. **Revista Pontes**, Paranaíba, v. 6, p. 96-110, 10 nov. 2019.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Na apresentação da proposta, o professor deve deixar claro que está se criando na sala de aula um “ambiente de aprendizagem”. As carteiras podem ser dispostas de modo a formar duplas ou trios, desde que estes estejam comprometidos com a realização das atividades;
- Na Atividade I, os estudantes devem ser incentivados a utilizar suas próprias palavras para descrever as imagens e dar explicações sobre elas. O material recolhido aqui servirá de parâmetro, no fim da implementação do projeto, para conferir se a estratégia empregada logrou êxito ou não;
- Nesta mesma atividade, os alunos terão de emitir hipóteses sobre os fenômenos observados no material. Em virtude do pouco contato com os assuntos estudados (e com suas formas de representação), espera-se que tais hipóteses não tenham ainda o fundamento desejado;
- O simulador da Atividade II deverá ser usado conforme estabelece o roteiro disponibilizado no fascículo. Contudo, o professor deve deixar claro que o estudante tem liberdade para explorar outras funcionalidades do programa;
- Logo no início da Atividade II, é **imprescindível** que o docente comente sobre as limitações do simulador. Ele deve deixar claro que se trata de um programa computacional simplificado que pode não representar a realidade em sua totalidade;
- Não é recomendável que o professor faça comentários que induzam o aluno a responder as perguntas da forma correta. Nesta etapa, ele deve deixar que o aluno preencha os questionamentos de sua maneira. Este cuidado deve ser tomado principalmente nas questões que exigem do aluno alguma explicação e/ou formulação de hipóteses;

- As atividades serão corrigidas somente na aula posterior.

PLANO DE AULA	
PARTE 02	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	1 hora/aula (50 min.)
Assunto:	
Reflexão, refração e dispersão.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar e criticar um artigo de ciências veiculado em um portal da internet; • Propor um modelo explicativo para um fenômeno físico e comunicá-lo através de uma ilustração. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer algumas das principais características dos fenômenos da reflexão e da refração da luz. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>O início deste encontro se dará com a síntese dos conhecimentos construídos na aula anterior. O professor deve dialogar com os estudantes sobre os encaminhamentos da Parte 01 e obter deles respostas simplificadas para algumas perguntas que foram feitas. Trata-se apenas de uma conversa em que os estudantes darão explicações sobre como acreditam que se forma o arco-íris.</p> <p>Após este primeiro momento, os alunos devem receber o fascículo Parte 02. Nele, irão realizar a leitura de um texto de ciências cujo objetivo é explicar sobre a formação de um arco-íris. O professor deve pedir para que sejam feitas duas leituras: uma primeira mais rápida e outra com o marca-texto nas mãos, grifando as informações mais relevantes. Estes dados devem ser transcritos no caderno.</p> <p>Para o fechamento da aula, os estudantes são solicitados a realizar a Atividade III. Nela, devem desenhar o que presumem ser o caminho de um raio de luz proveniente do Sol dentro de uma gota de chuva.</p>	
Avaliação:	
<p>A avaliação desta aula deve ser feita em dois momentos: a primeira delas no início do encontro, quando da retomada dos conteúdos vistos anteriormente. Será abordagem oral, mas muito importante para que o processo possa continuar. Este é um momento em que os estudantes vão verbalizar suas conjecturas. A segunda, por sua vez, se dará ao fim da aula, com os desenhos da Atividade III. Se ele estiver atento à leitura do texto</p>	

proposto, há uma tendência maior de que ele seja um tanto mais certo em sua ilustração.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 02, marca-texto e instrumentos de anotação: lápis, borracha, caneta e caderno.

Bibliografia:

MENEZES, Luana Paula Goulart de *et al.* Um olhar científico para o arco-íris. **Revista Pontes**, Paranavaí, v. 6, p. 96-110, 10 nov. 2019.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV**: Ótica e física moderna. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Neste encontro o estudante começará a ter contato com os nomes dos fenômenos físicos por trás do arco-íris. Ainda não é o momento de se entrar em detalhes específicos sobre cada um deles;
- Na Atividade III, o professor não deve dar pistas sobre como é o desenho da gota de chuva. Ele também não deve dizer se a ilustração está correta ou não;
- O aluno mais atento tende a traduzir algumas informações do artigo lido em seu desenho. Todavia, como o estudante ainda não teve contato direto com o fenômeno, manuseando-o em um experimento, neste momento não se espera que suas hipóteses sejam bem fundamentadas.
- Os conceitos só serão aprimorados nas aulas posteriores. Desta forma, não há a necessidade de se realizar correções ao fim do encontro.

PLANO DE AULA	
PARTE 03	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	2 hora/aula (100 min.)
Assunto:	
Formação do arco-íris.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Organizar, sistematizar e executar uma prática experimental proposta; • Reconhecer, a partir de um experimento, os padrões observáveis em um fenômeno físico. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Constatar, experimentalmente, a forma como os fenômenos ópticos se relacionam para a formação do arco-íris; • Descrever, utilizando o vocabulário cientificamente aceito, o comportamento de um raio de luz dentro de uma gota de chuva; 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>A aula tem início com a entrega do fascículo Parte 03 para os estudantes. Neste, cada equipe irá encontrar um roteiro para uma prática experimental que tem como objetivo familiarizar os alunos com os fenômenos ópticos que ocorrem quando uma gota de chuva é interceptada por um raio de luz. Neste primeiro momento, o raio de luz será proveniente de um <i>laser pointer</i> verde. Entretanto, é prudente o professor deixar claro que no futuro a mesma prática será executada, mas desta vez com uma lanterna de luz branca. É prudente que haja um alerta, por parte do docente, dos cuidados no manuseio da luz laser, já que ela pode causar danos à visão se for manipulada incorretamente. A sala de aula deve ser previamente preparada com os materiais que também estão listados no roteiro.</p> <p>Os grupos devem seguir os procedimentos dos experimentos com base nas descrições e imagens disponíveis, enquanto o professor e o monitor (se houver) caminham pela sala para auxiliar nas dúvidas.</p> <p>A análise deve ter por base as seguintes etapas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Preparação: recorte do EVA para a base de experimentação e vedação do copo, construção do suporte para o <i>laser</i> e preparação do copo com água. 2. Experimentação: posicionamento do copo sobre a base e do <i>laser</i> sobre o suporte, realização do experimento com marcação dos raios de luz com os alfinetes e utilização da régua para desenhá-los. 	

Após os grupos executarem as duas etapas, cada aluno deve responder ao "Reflita & responda" individualmente.

O tempo sugerido para a execução da etapa 1 (preparação) é de uma aula. A segunda aula deve ser destinada para o cumprimento da etapa 2 e da resposta ao questionamento.

Avaliação:

A forma como os alunos se comportam quando instados a seguir o roteiro é um ponto de atenção no quesito avaliação. O professor deve se atentar se eles são capazes de seguir cada um dos procedimentos, interpretando as descrições e relacionando-as com as imagens. A resposta ao "Reflita & responda" nesta etapa já pode ser considerada como um primeiro parâmetro de que o estudante está internalizando os nomes dos fenômenos e a forma como eles se combinam na formação do arco-íris.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 03, projetor multimídia, materiais para registro: caneta, lápis, borracha e caderno, e material para experimentação listado no fascículo.

Bibliografia:

MENEZES, Luana Paula Goulart de *et al.* Um olhar científico para o arco-íris. **Revista Pontes**, Paranavaí, v. 6, p. 96-110, 10 nov. 2019.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- O professor deve permitir que os estudantes manuseiem os materiais até que consigam realizar o que é pedido pelo roteiro. É necessário que os próprios alunos interpretem os procedimentos, tendo em vista que um dos nossos objetivos é fazer com que eles se familiarizem com os fenômenos;
- Uma vez que a prática envolve o uso de um feixe colimado de luz, é necessário avisar os estudantes a respeito do perigo em mirar o *laser* no próprio olho ou de um colega;
- Esta deverá ser a primeira vez que os alunos irão manusear o experimento e ter contato com a reflexão e a refração. Após o domínio deste primeiro modo de representação, poderemos esperar melhores hipóteses no futuro;
- Antes de serem solicitados a responder ao "Reflita & responda", é interessante que o professor provoque os alunos acerca de seus resultados. Apontar para o raio refratado para dentro da gota e perguntar "Como é o nome desse fenômeno mesmo?" e "o que está acontecendo com a luz nesse ponto?" são boas pedidas;
- Por mais que não sejam utilizados nesta aula, a presença de transferidores no ambiente de aprendizagem pode ser um bom fator de incentivo para as atividades que serão executadas futuramente.

PLANO DE AULA	
PARTE 04	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	1 hora/aula (50 min.)
Assunto:	
Reflexão e refração aplicadas ao fenômeno do arco-íris.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Observar padrões e elaborar modelos que expliquem um fenômeno físico explorado em uma prática experimental; • Utilizar a linguagem científica adequada, clara e objetiva, para se referir a conceitos físicos. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar a prática experimental executada durante a aplicação da Parte 03; • Constatar a validade das leis da reflexão e refração a partir da prática experimental; 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>A sala deve ser novamente disposta como um ambiente de aprendizagem. Neste cenário, os estudantes serão organizados nas mesmas equipes da Parte 03. Sobre suas mesas, materiais como papel, régua, alfinetes, transferidor, lápis e caneta são imprescindíveis. O professor deve pedir para que os alunos sigam com cuidado as etapas descritas no material. As equipes devem executar, de maneira sequencial, a marcação do centro da gota circular, traçar a reta normal no primeiro ponto de incidência da luz com a circunferência, medir e anotar os ângulos de incidência e refração.</p> <p>Para encerrar, outra medição estará voltada para confirmar uma das leis da reflexão. No ponto da primeira reflexão da luz na superfície interna da gota, os alunos irão marcar a reta normal e usar o transferidor para obter o valor dos ângulos de incidência e reflexão. Se o experimento foi feito de forma adequada, os referidos ângulos devem ser iguais.</p> <p>Uma discussão deve ser feita com toda a turma ao fim do encontro, procurando evidenciar a validade das leis físicas estudadas e sanar possíveis dúvidas que ainda existam sobre os temas.</p> <p>Ao final da aula, o professor deve recolher a folha com os ângulos marcados.</p>	

Avaliação:

Os dados encontrados pelos alunos durante a medição podem ser utilizados como forma de avaliar se os procedimentos foram feitos de maneira adequada. Contudo, é seu envolvimento nas discussões que evidencia se os conceitos estão sendo corretamente incorporados. O início de um uso assertivo do vocabulário científico para se referir às retas, ângulos, leis e princípios estudados é o que se objetiva encontrar ao fim deste encontro.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 04, folha com os dados coletados na Parte 03, transferidor, régua, caneta, lápis, borracha, celular para pesquisa e/ou tabela de senos.

Bibliografia:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 406 p.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Esta prática vem no sentido de mostrar aos estudantes, a partir do uso de números, as leis da reflexão e dados que permitam, no futuro, compreender a refração;
- É sempre prudente que o professor transite entre as mesas e se certifique de que o uso do transferidor está sendo feito de maneira adequada. A reta utilizada como referência para medição com este instrumento também deve ser a correta;
- Durante as conversas com os grupos, o docente deve prezar para o uso correto do vocabulário científico. Perguntar “como é o nome desse raio?”, “Qual é o nome desse ângulo?” e “qual é o valor do ângulo de refração?” são questionamentos importantes para que o aluno também se comunique através desses códigos;
- Em atividades posteriores, os estudantes deverão realizar um experimento parecido com aquele que foi executado. Contudo, o roteiro virá com menor número de ilustrações e mais descrições que se valham da simbologia e dos nomes que estamos tratando. Por isso da necessidade de se ater a este detalhe;
- Caso as equipes não alcancem resultados satisfatórios, cabe ao professor discutir possíveis motivos que impactaram nos erros experimentais.

PLANO DE AULA	
PARTE 05	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	4 hora/aula (200 min.)
Assunto:	
Reflexão e refração da luz.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecer a importância e interpretar o papel das grandezas físicas no modelo teórico que explica dado fenômeno; • Compreender leis e teorias físicas, associando-as com a prática; • Comunicar-se a partir do sistema de códigos e símbolos adequado. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Formular as leis da reflexão e da refração da luz; • Calcular o índice de refração da água a partir de dados coletados na prática experimental. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>Os momentos desta aula estarão voltados para o estudo acerca dos fenômenos ópticos da reflexão e da refração da luz. Os estudantes já tiveram contato com eles tanto em outros momentos da vida, quanto no experimento que veio com os fascículos Parte 03 e 04.</p> <p>Antes de distribuir o novo capítulo para os estudantes, é missão do professor lembrar os alunos do que está sendo feito e as conclusões obtidas por eles no encontro anterior. Suas contribuições devem ser incentivadas e anotadas na lousa.</p> <p>Após este primeiro momento, o fascículo Parte 05 deve ser entregue para todos os alunos, que serão solicitados a fazer a leitura a respeito da reflexão da luz e as leis que guiam este fenômeno. É prudente que os estudantes usem seus marca-textos para destacar as principais ideias.</p> <p>Após a leitura, haverá o momento de uma aula expositiva dialogada sobre o mesmo tema. Para tanto, o docente pode fazer uso dos <i>slides</i> sugeridos no apêndice IV. É prudente que durante a conversa com os alunos sejam feitas referências sobre o experimento executado na prática anterior.</p> <p>O mesmo processo será repetido para a refração da luz. A leitura do texto presente no fascículo será sucedida pela exposição dos principais tópicos deste assunto - principalmente aqueles que envolvem cálculo, como o do índice de refração de um meio e a lei de Snell-Descartes.</p>	

Encerrada a exposição, o docente deve devolver aos alunos seus trabalhos dos encontros anteriores (a ilustração da gota, com os ângulos marcados) e construir uma tabela na lousa para anotar os resultados obtidos.

Equipe	i	sen(i)	r'	sen(r')	n(ar)	n(água)
01						
02						
03						
04						

Nela, cada equipe pode expor seus dados. Com o uso apropriado da Lei de Snell-Descartes, espera-se que o índice de refração da água calculado pelos grupos esteja em torno de 1,33.

Para finalizar, os alunos deverão realizar uma bateria de exercícios tanto sobre reflexão quanto sobre refração da luz. Eles podem sentar em equipes e realizar a resolução de maneira colaborativa.

Avaliação:

A participação dos alunos durante as discussões é um ponto de atenção muito importante. Neste momento da aplicação do conjunto de fascículos eles já devem saber descrever os fenômenos de reflexão e refração e, por este motivo, espera-se deles mais empenho durante a conversa com o professor.

As respostas aos exercícios presentes no fim da Parte 05 também exprimem se o conjunto de códigos matemáticos estudados durante estas aulas foram devidamente incorporados pelos estudantes.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 05, projetor multimídia e material para registros: caderno, caneta, lápis, borracha e marca-texto.

Bibliografia:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 406 p.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: Ótica, relatividade, física quântica**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1998. 437 p. v. 4.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Durante o momento destinado à leitura, o professor deve se esforçar para manter o ambiente em silêncio e cobrar dos estudantes o apego à definição dos conceitos estudados;
- Mesmo com essa cobrança, é prudente tranquilizar os alunos a respeito de que os detalhes mais complicados serão explicados adiante;
- Comentários sobre os experimentos devem ser feitos enquanto a teoria é explicada. Quando estas contribuições partirem dos próprios alunos, é salutar aproveitar as palavras dos estudantes para fazer correções ou enfatizar conceitos relevantes que estão sendo, aos poucos, incorporados por eles;
- Este é um momento bastante importante para que os alunos evoluam do manuseio dos objetos de conhecimento (via experimentação) para o uso de imagens que os representem. Além disso, a incorporação de códigos que fazem parte da simbologia deste estudo já começa a aparecer;
- O uso dos *slides* é recomendável, porém anotações na lousa são incentivadas. Alguns dos cálculos presentes no estudo da refração podem causar desconforto para parte dos estudantes e, por conta disso, exigem análise mais detalhada;
- No momento destinado para a aplicação da Lei de Snell-Descartes é importante que os estudantes compreendam o uso da equação matemática, substituindo os dados assertivamente;
- A explicação do professor não precisa contemplar necessariamente toda a matéria presente neste fascículo, mas sim apenas aquilo que for mais importante para o prosseguimento das atividades;
- Enquanto os grupos respondem aos exercícios, o professor pode escutar as dúvidas e direcionar o caminho para a resolução se aproveitando das ideias dos alunos. Mas não deve, em nenhuma hipótese, dar a resposta;
- Os alunos podem participar ativamente da correção dos exercícios, fazendo uso da lousa se sentirem confiantes para isso. Um debate entre os grupos a respeito das justificativas de suas respostas é o que se deseja.

PLANO DE AULA	
PARTE 06	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	2 hora/aula (100 min.)
Assunto:	
Reflexão e refração aplicadas ao fenômeno do arco-íris.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Propor modelos que busquem explicar a existência de um fenômeno físico; • Compreender roteiros experimentais que façam uso de códigos e nomenclaturas próprias do objeto de estudo. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar o ângulo de desvio do raio de luz para a formação do arco-íris; • Executar novamente a prática da Parte 03 com um número reduzido de detalhes no roteiro. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>O encontro se inicia com a entrega do fascículo Parte 06 para os estudantes, que mais uma vez estarão reunidos em grupos. Suas bancadas deverão estar previamente preparadas com o material que será utilizado neste novo experimento.</p> <p>Na realidade, não se trata de um “novo experimento”, mas sim de uma revisita àquilo que já foi feito na Parte 03. Desta vez, contudo, o <i>laser</i> de luz verde dá lugar à lanterna de luz branca que representará os feixes provenientes do Sol. Além desta adaptação, nota-se pela leitura do fascículo que as descrições das etapas são mais simplificadas e não possuem imagens.</p> <p>O desenrolar da aula ocorrerá de acordo com o que é pontuado no roteiro; tão logo, o professor deve pedir atenção dos grupos em cada um dos momentos do experimento. As equipes poderão aproveitar parte dos materiais confeccionados na prática anterior. Sequencialmente, os alunos irão dispor a lanterna de frente ao copo, identificar os feixes coloridos na folha de papel, marcar estes e o raio incidente com alfinetes, traçar retas normais e medir os ângulos de interesse com o transferidor. Todas estas etapas são semelhantes ao que já foi visto no passado.</p> <p>Entretanto, há aqui um detalhe a mais. Com base nas descrições do fascículo, os grupos também terão de medir o desvio sofrido pelo raio de luz que representa o arco-íris primário.</p> <p>Há espaço para que os alunos executem novamente o cálculo do índice de refração da água. Basta que se utilize a lei de Snell-Descartes.</p>	

Após todas as medidas serem realizadas, o professor deve realizar uma discussão sobre as principais dificuldades enfrentadas pelos grupos durante o experimento, a relação dos fenômenos de refração e reflexão com a formação do arco-íris e o ângulo para que ele possa ser visualizado.

Avaliação:

A facilidade com que os integrantes dos grupos executam o experimento é um bom indicativo de que os alunos estão atingindo os objetivos projetados para eles. Tendo em vista que a prática traz poucas novidades com relação ao que já foi executado, um bom rendimento neste momento pode significar que as etapas, símbolos e nomes estão sendo incorporados. Com a ausência de imagens nas descrições das etapas e maior empenho para se entender o que está escrito no roteiro, o aluno que conseguir cumprir suas tarefas dá indícios de que está evoluindo em suas formas de representação do conhecimento.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 06, materiais para registro: caneta, lápis, borracha e caderno, e material para experimentação listado no fascículo.

Bibliografia:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física:** eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 406 p.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV:** Ótica e física moderna. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Desta vez os alunos deverão estar mais livres para executar o experimento. O professor deve apenas acompanhar o trabalho e evitar que erros muito graves coloquem em risco toda a coleta de dados;
- As descrições das etapas no fascículo estão mais simplificadas e há uma justificativa para isso. Neste momento, já esperamos que os estudantes conheçam os termos corretos e lembrem dos procedimentos semelhantes que já foram feitos no passado;
- O cálculo do índice de refração através da Lei de Snell-Descartes é outro exemplo da ausência de dicas do material. Observe que o campo destinado para esta determinação não traz mais a equação necessária. Novamente, é o aluno quem deve lembrar da expressão matemática (ou onde consulta-la) e como utilizá-la;
- Os grupos deverão entrar em consenso sobre o método empregado para se obter o desvio sofrido pelo raio de luz ao passar pela gota. O professor deve deixar com que os estudantes testem alternativas para medir este ângulo;
- Na discussão final, o docente deve deixar com que os estudantes produzam hipóteses a respeito do desvio Δ e do porquê a luz branca se decompõe. Para

comunicar suas hipóteses, espera-se que os estudantes façam uso do vocabulário científico aprendido.

PLANO DE AULA	
PARTE 07	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	1 hora/aula (50 min.)
Assunto:	
Dispersão da luz branca.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Analisar, a partir do controle de variáveis em uma simulação, a influência de um fator sobre um fenômeno físico; • Conceber e utilizar modelos físicos, generalizando padrões observáveis. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Constatar, a partir de uma simulação, os motivos para a ocorrência da dispersão da luz branca; • Comunicar suas conclusões sobre o fenômeno da dispersão fazendo uso do vocabulário científico. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>Este encontro é planejado para ser feito em uma sala de informática. Caso não haja a disponibilidade deste cenário, o professor pode abrir a possibilidade de os estudantes utilizarem seus celulares e disponibilizar acesso à internet.</p> <p>Logo após entregar o fascículo Parte 07, o docente deve questionar se os alunos já viram o fenômeno da dispersão em algum lugar que não na formação do arco-íris. Após breve discussão inicial, os grupos serão solicitados a entrar no simulador “Desvio da Luz”, conhecido desde a Parte 01.</p> <p>Nele, terão de seguir as etapas descritas. Elas contemplam, sequencialmente, a marcação do ângulo de refração para as cores vermelha e violeta e a utilização da Lei de Snell-Descartes para o cálculo do índice de refração da água para estas duas cores do espectro visível.</p> <p>De posse desses dados, os estudantes poderão concluir que o índice de refração do meio muda se a cor do raio de luz mudar; isto é, o desvio angular sofrido pelo vermelho e pelo violeta é diferente.</p> <p>A aula se encerra com o tempo para que se preencha, individualmente, o “Refleta & responda”. O que os alunos escreverem neste campo servirá de base para o início do próximo encontro.</p>	

Avaliação:

Não esperamos que os alunos tenham muita dificuldade em realizar as tarefas propostas neste momento. Tendo em vista que eles já conhecem o *software* e já incorporaram os principais conceitos do estudo da refração, as respostas aos campos e questionamentos do fascículo devem sair naturalmente. A forma como se expressam no “Refleta & responda” dá novos indícios da familiarização com estes conhecimentos.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 07, computador e/ou celular com acesso à internet, materiais para registros: caderno, caneta, lápis e borracha.

Bibliografia:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 406 p.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

Observação:

- Esta aula é bastante simples, mas muito importante na sequência que desejamos dar no entendimento dos alunos a respeito do arco-íris. Não é possível explicar este fenômeno sem compreender como e o porquê ocorre a dispersão da luz do Sol;
- No final do encontro relativo à Parte 06, os alunos tiveram que conceber hipóteses sobre a dispersão da luz branca. É conveniente, durante o contato com os grupos, verificar se as alternativas propostas por eles se confirmaram ou não;
- Seguindo de maneira correta o que é trazido pelo fascículo, os estudantes não devem ter dificuldade nem em manusear o *software*, tampouco em concluir sobre as causas que fazem a luz branca se decompor nas cores do arco-íris. É função do docente andar por entre os grupos, auxiliando na utilização do simulador e observando a forma como os alunos se referem aos raios, ângulos e demais conceitos;
- É bastante interessante perceber as relações que os próprios alunos vão fazendo a respeito da prática com o simulador e a formação do arco-íris. Frases do tipo “então é por isso que o arco-íris se forma?” devem ser comemoradas;
- O próximo encontro servirá para reunião de tudo o que foi visto para a explicação clássica sobre a formação do fenômeno. Desta forma, não há a necessidade de se encerrar esta aula com uma síntese dos conteúdos.

PLANO DE AULA	
PARTE 08	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	1 hora/aula (50 min.)
Assunto:	
A formação do arco-íris.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar conceitos físicos para explicar um fenômeno observável; • Conceber e generalizar modelos que buscam explicar um fenômeno; • Fazer uso do sistema de símbolos e códigos adequados. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer os princípios que fundamentam a formação dos arco-íris primário e secundário; • Resolver exercícios de fixação sobre os temas estudados. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>Nesta última aula teórica, vamos juntar todo o conhecimento construído até aqui. Nada visto neste encontro será novidade para os estudantes que acompanharam todas as etapas anteriores e cumpriram as atividades propostas. O professor deve entregar o fascículo Parte 08 para todos os alunos e iniciar a discussão a respeito do “Refleta & Responda” da aula passada. O diálogo deve girar em torno do desvio diferente sofrido pelas componentes vermelha e violeta de um raio de luz branca, cujo resultado é o que chamamos de dispersão. Perguntas como “o vermelho e o violeta desviam da mesma forma?”, “o índice de refração é o mesmo para diferentes cores?” e “quem desvia mais quando a luz encontra a água? A vermelha ou a violeta?” são bons exemplos de como pode ser conduzida essa conversa.</p> <p>Com o uso do <i>datashow</i> para projetar os <i>slides</i> disponíveis no apêndice IV, uma aula expositiva dialogada se desenrolará. O docente deve mostrar que quando a luz do Sol intercepta uma gota de chuva, vermelho e violeta desviam de maneiras distintas, o que resulta na formação do feixe colorido.</p> <p>Em seguida, será mostrado para os estudantes que a forma como o arco-íris primário é percebido por um observador é um resultado combinado da dispersão em diversas gotas. E para que seja notado, o desvio sofrido pelos raios deverá estar em um intervalo específico.</p>	

Para terminar a teoria, o arco-íris secundário será o centro das discussões. Fazendo associações com os experimentos e com aquilo que acabou de ser visto, deve ser fácil e rápido explicar este segundo arco visualizado nos céus.

Nos últimos momentos da aula, os alunos serão convidados a fazer quatro exercícios de múltipla-escolha dispostos no fascículo.

Avaliação:

Como foi dito na seção “Encaminhamentos”, esta aula será apenas a reunião formal de todos os conceitos vistos até aqui. Desta forma, a exposição do professor deverá contar com a participação ativa dos estudantes, contribuindo com respostas aos questionamentos do docente. Não há previsão, para esta Parte 08, de questões abertas que permitam os alunos demonstrar seu vocabulário científico que a esta altura já deve estar consolidado. Contudo, há alguns exercícios de múltipla-escolha que servem para reforçar os conceitos e destacar suas importâncias.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 08, projetor multimídia, lousa, giz e material para registro: lápis, caneta, borracha e caderno.

Bibliografia:

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008. 420 p. v. 4.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MENEZES, Luana Paula Goulart de *et al.* Um olhar científico para o arco-íris. **Revista Pontes**, Paranavaí, v. 6, p. 96-110, 10 nov. 2019.

FLYNN, C. **What makes a rainbow? An explanation of atmospheric optical phenomena**. 2016. Disponível em: <https://blog.metservice.com/atmospheric-optics>. Acesso em: 11 março 2021.

Observação:

- Há a previsão de apenas uma aula para este fechamento teórico. Contudo, fica a cargo do professor decidir se há a necessidade de mais minutos para completar os conteúdos;
- Os alunos devem ter liberdade para contribuir com a aula, fazendo comentários pertinentes durante a exposição do professor. Isso deve ser incentivado. Os estudantes conhecem o conteúdo e, neste momento, terão apenas de conectar os conceitos com o auxílio do docente;
- É pertinente pedir para que os estudantes leiam suas próprias respostas ao “Reflita & Responda” da Parte 07 antes de iniciar a aula. A conversa inicial com

o professor também servirá para que os alunos tentem comunicar, verbalmente, a forma como acreditam que a dispersão ocorre dentro da gota;

- O arco-íris secundário pode ser explicado de maneira mais simplificada. O docente deve cuidar apenas com que o fato de que o feixe colorido perde intensidade na segunda reflexão interna e inverte suas cores seja bem compreendido pelos alunos;
- Ao final da aula, professor informa aos estudantes que no próximo encontro será realizado um questionário de verificação.

PLANO DE AULA	
PARTE 09	
Disciplina	FÍSICA
Carga Horária	1 hora/aula (50 min.)
Assunto:	
(Avaliação) Reflexão, refração, dispersão, formação do arco-íris primário e secundário.	
Competências e Habilidades:	
<ul style="list-style-type: none"> • Compreender enunciados que envolvam símbolos particulares do objeto de estudo; • Propor modelos explicativos e comunicá-los a partir do vocabulário cientificamente aceito; • Utilizar leis e teorias da física. 	
Objetivo(s):	
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar sínteses escritas sobre a refração da luz e a formação do arco-íris; • Representar com ilustrações o comportamento de um raio de luz dentro de uma gota de chuva; • Determinar o índice de refração de um meio valendo-se da Lei de Snell-Descartes. 	
Encaminhamentos da aula:	
<p>Conforme combinado na aula anterior, o professor deve entregar o fascículo Parte 09 que contém cinco questões sobre todos os conteúdos estudados com a aplicação deste produto educacional. Os alunos devem realizar a avaliação individualmente e sem consulta e o papel do docente será restrito a controlar o silêncio do ambiente.</p> <p>As questões propostas estão relacionadas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) à identificação dos fenômenos de reflexão e refração a partir de uma ilustração; 2) à descrição de aspectos gerais do fenômeno da refração da luz; 3) à ilustração de como a luz solar se comporta quando intercepta uma gota de chuva; 4) à descrição do comportamento ilustrado na questão 3; 5) ao cálculo do índice de refração de um meio através da lei de Snell-Descartes. <p>Após o tempo de aula ser esgotado, a atividade deve ser recolhida e o período de aplicação do material estará oficialmente encerrado.</p>	
Avaliação:	
O questionário proposto destaca em suas questões os principais tópicos estudados durante a aplicação do produto educacional. Observar se é correta a forma como o aluno	

se refere a cada fenômeno e os descreve é o principal parâmetro desta avaliação. O uso das equações matemáticas que permeiam o estudo dos fenômenos ópticos também é um ponto de análise importante. Maiores detalhes sobre cada uma das questões serão expostos na seção “observação”.

Recursos didáticos:

Fascículo Parte 09, caneta, lápis, borracha e calculadora.

Bibliografia:

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 406 p.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL, MEC, Base Nacional Comum Curricular – BNCC, versão aprovada pelo CNE, novembro de 2017. Disponível em:

<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/02/bncc-20dez-site.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2020.

Observação:

- Para que os alunos possam dedicar mais tempo para as questões conceituais, exibindo mais de seu vocabulário científico, recomenda-se que seja permitido o uso de calculadora para a realização desta atividade;
- Caso queira, é de livre escolha ao docente escrever a lei de Snell-Descartes na lousa;
- Os pontos listados abaixo permitem que o professor realize sua análise de cada uma das questões desta atividade.
 - 1) Após realizar os experimentos em etapas anteriores, esta questão é uma alusão à representação icônica de Bruner. A correlação da imagem com o nome do fenômeno não o define completamente, mas já é um passo importante a ser dado no objetivo de se dominar um conhecimento. Por mais que seja um problema muito simples, é comum que nos primeiros encontros os estudantes confundam reflexão e refração. Neste momento, isso já não pode ser mais recorrente;
 - 2) Por sua vez, esta questão já apresenta a necessidade de o aluno lançar mão de um sistema de símbolos para descrever o que ocorre no fenômeno da refração da luz. Ao respondê-la a contento, o estudante demonstra ter atingido o último nível de representação de um conhecimento para Bruner, o simbólico;
 - 3) O problema trazido pela questão 3 exigirá que o estudante ative seus procedimentos de busca para resgatar de seu inconsciente a forma como o raio de luz se comporta ao incidir sobre a gota de chuva. Ao fazer a ilustração, o indivíduo transforma o seu conhecimento em real e exterior,

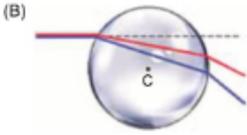
que pode ser acessado por ele ou por terceiros no futuro. É isso o que apregoa a teoria da Criação do Conhecimento Real Exterior, de Cruz;

- 4) Para responder à pergunta 4, o estudante terá de ativar seu procedimento de busca por meio de uma pergunta realizada por ele mesmo: o que está acontecendo com o raio de luz? Além disso, é mais uma oportunidade de o aluno mostrar seu Poder Efetivo, conectando assuntos que durante parte da aplicação do produto foram vistos de maneira dissociada;
- 5) Mais uma vez o estudante terá de usar a representação simbólica para resolver a questão. Ao efetuar o cálculo de maneira correta, o aluno demonstra domínio de mais este nível de representação.

APÊNDICE	<h1>GABARITO</h1>
<h1>III</h1>	

Segue o gabarito dos Exercícios de fixação encontrados nas Partes 05 e 08 deste material.

PARTE 05			
1	2	3	4
a) 68°	2,5	1,5	d) resina

PARTE 08			
1	2	3	4
c) Reflexão, refração e dispersão;	b) a componente vermelha desvia mais que a violeta;	d) atrás de você.	(B) 

APÊNDICE	SLIDES
IV	



Acesse os *slides* dispostos abaixo através do *QR Code* ao lado. Ou então utilize o link: <https://bitly.com/RkPqU>

CONHECENDO O ARCO-ÍRIS

Transparências para acompanhamento das aulas

Gabriel Roberto Garcia Levinski (autor)
Gerson Kniphoff da Cruz (orientador)

PARTE 01

PARTE 01**ATIVIDADE I**

[IMAGEM 01] O que você observa na imagem acima? Como você explicaria este fenômeno?



[IMAGEM 02] Descreva o que você observa na imagem acima.

3

PARTE 01**ATIVIDADE I**

[IMAGEM 03] Descreva a imagem acima e explique como ocorre este fenômeno.

4

PARTE 03

5

PARTE 03

MÃO NA MASSA!



6

PARTE 03

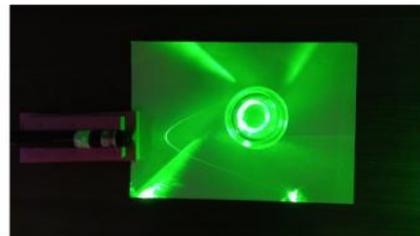
MÃO NA MASSA!



7

PARTE 03

MÃO NA MASSA!



8

PARTE 03**MÃO NA MASSA!**

9

PARTE 05

10

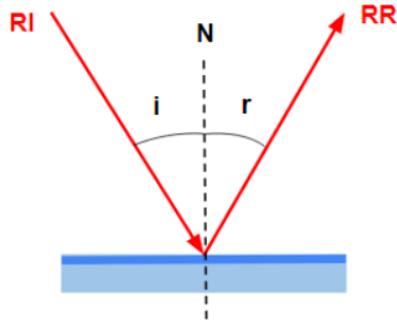
PARTE 05**REFLEXÃO DA LUZ**

Disponível em:
<https://maestroviviale.com/reflexao-da-luz-elementos-leis-e-aplicacoes/>

11

PARTE 05

LEIS DA REFLEXÃO



O raio incidente, o raio refletido e a reta normal são coplanares

O ângulo de incidência e o ângulo de reflexão são iguais.

RI: Raio incidente | RR: Raio refletido | N: Normal | i: Ângulo de incidência | r: Ângulo de reflexão

12

PARTE 05

REFRAÇÃO DA LUZ



A **refração** é o fenômeno que ocorre quando a luz muda de meio e, por consequência, sua **velocidade de propagação se altera**

Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/refracao-da-luz/>

13

PARTE 05

ÍNDICE DE REFRAÇÃO

A velocidade da luz muda a depender do meio em que ela se propaga:

Meio	Velocidade da luz (m/s)
Ar	299.702.547
Água	225.407.863
Álcool etílico	220.435.631
Vidro	199.861.638
Diamante	123.881.180

O índice de refração n é definido como:

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

Onde:

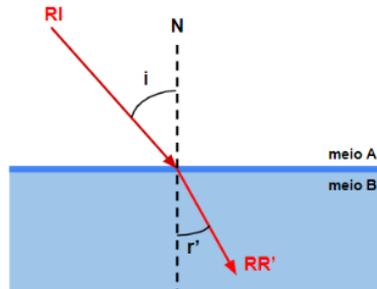
c : velocidade da luz no vácuo;

v : velocidade da luz no meio estudado.

14

PARTE 05

LEIS DA REFRAÇÃO



O raio incidente, o raio refratado e a reta normal são coplanares

Os índices de refração dos meios A e B e os ângulos de incidência e refração se relacionam pela **Lei de Snell-Descartes**.
 $n_A \cdot \text{sen}(i) = n_B \cdot \text{sen}(r')$

RI: Raio incidente | RR: Raio refratado | N: Normal | i: Ângulo de incidência | r': Ângulo de refração 15

PARTE 07

16

PARTE 07

DISPERSÃO DA LUZ BRANCA



A cor branca é a composição ("soma") de todas as cores



O desvio sofrido pelos raios de luz é diferente para as cores do espectro visível.



O branco se decompõe nas cores do arco-íris.

Disponível em: <https://www.infoescola.com/optica/dispersao-da-luz/>

17

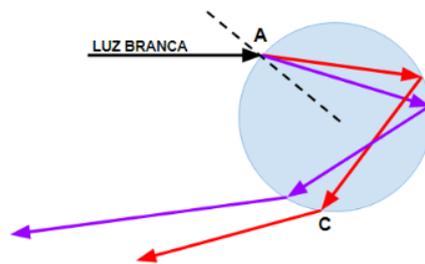
PARTE 08

18

PARTE 08

FORMAÇÃO DO ARCO-ÍRIS

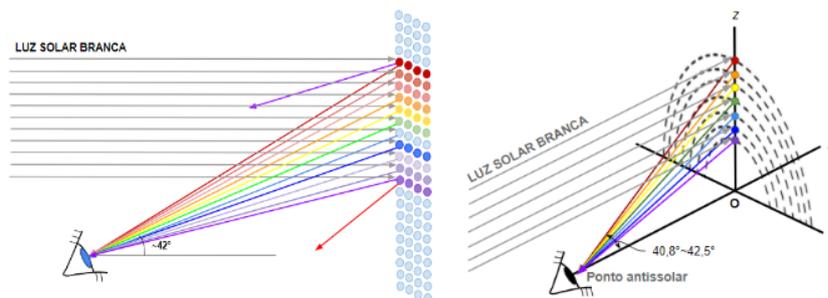
Quando a luz proveniente do Sol chega à gota de chuva, ocorre a dispersão da luz branca



19

PARTE 08

FORMAÇÃO DO ARCO-ÍRIS



O ângulo de visualização do arco-íris primário está no intervalo de $40,8^\circ$ e $42,5^\circ$.

20

PARTE 08

ARCO-ÍRIS SECUNDÁRIO



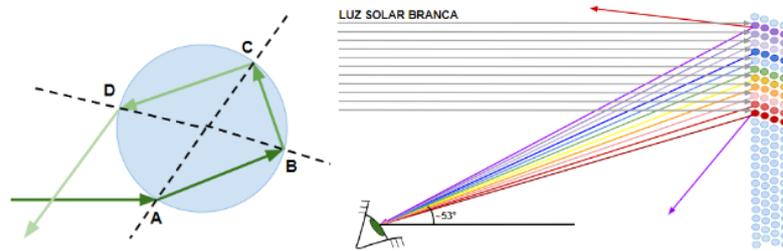
Disponível em:

<https://seara.ufc.br/pt/secoes-especiais-de-ciencia-e-tecnologia/secoes-especiais-fisica/descrevendo-o-arco-iris/>

21

PARTE 08

ARCO-ÍRIS SECUNDÁRIO



O ângulo de visualização do arco-íris secundário está no intervalo de $50,1^\circ$ e $53,2^\circ$.

22

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

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

Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

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

Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

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

Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

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

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

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

Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

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

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

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

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

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

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

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

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

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

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

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

Tomo I - Caderno do Professor

Tomo II - Caderno do Aluno

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

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

Josué Duda, André Maurício Brinatti

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

Tomo I - Caderno de Ensino

Tomo II - Caderno de Aprendizagem

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

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

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

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

Sergio Freitas, Sílvia Luiz Rutz da Silva

VOLUME 34 – **Experimentos em Eletromagnetismo**

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

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

Michel De Angelis Nunes, Sílvia Luiz Rutz Da Silva

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

André Felipe Astrogildo De Lima, Sérgio da Costa Saab

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

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

VOLUME 38 – Da Eletrização à Interação a Distância

José Felipe Hneda, André Mauricio Brinatti

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

Elisiane Campos Oliveira Albrecht, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 40 – Cinemática com uso de Planilhas Eletrônicas Excel®

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

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

Francieli Jaqueline Noll Della Vechia, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 42 – Guia de uma Aplicação PBL

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

VOLUME 43 – Conhecendo o Arco Íris

Gabriel Roberto Garcia Levinski, Gérson Kniphoff da Cruz

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

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

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

Luis Henrique Mendes De Souza, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilha Igual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPGF ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP