

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM  
DEFICIÊNCIA VISUAL**

**TELMA CORDEIRO LOPES ESSER**

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

**TELMA CORDEIRO LOPES ESSER**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

**Teaching Sequence for Teaching Optics for People with Visual Impairment**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Polo 32 MNPEF), campus Campo Mourão, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.  
Orientadora: Dra Roseli Constantino Schwerz  
Coorientador: Dr Michel Corci Batista

**CAMPO MOURÃO  
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSTA DIDÁTICA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos Propostos.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Papel do Professor.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3</b>	<b>Organização e Estrutura da Sequência Didática.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4</b>	<b>Desenvolvimento da Sequência Didática.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>Avaliação.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO.....</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>
	<b>SUPLEMENTOS.....</b>	<b>23</b>

## **1 APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A sequência didática é um produto de apoio ao professor na construção do conhecimento sobre um determinado tema, promovendo um envolvimento mais efetivo dos alunos durante as aulas. Os principais temas escolhidos para este material foram reflexão, refração e dispersão da luz, os quais foram fundamentados em métodos que permitem o desenvolvimento de diversas atividades como a leitura, observação e experimentação, além de valorizar o trabalho em equipe, propiciando um ambiente interativo e de parceria entre os alunos. Por isso o objetivo dessa metodologia é aprimorar o processo de aprendizagem de conteúdos conceituais e promover o pensamento, a reflexão, os valores e atitudes dos alunos.

## **2 PROPOSTA DIDÁTICA**

Nosso objetivo nesse trabalho é de transformar o prévio conhecimento do aluno sobre Física em uma forma de aprendizagem que tenha significado e sentido para a sua formação humana. Nesse sentido as atividades foram organizadas para que a aprendizagem de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades sobre o ensino da Física seja de forma integral, fazendo o aluno entender que o conhecimento nunca é finito e deve ser constantemente transformado.

A presente proposta foi desenvolvida para ser trabalhada em grupos. De acordo com Perpétuo; Gonçalves (2005), a dinâmica em grupo é um valioso instrumento educacional, para trabalhar o ensino-aprendizagem quando se objetiva valorizar tanto a teoria quanto a prática considerando todos os envolvidos como sujeito. Portanto quando a aprendizagem é coletiva, os alunos promovem a construção do saber em conjunto, estimulando ainda mais a capacidade criativa, a produtividade e as relações interpessoais.

Sabe-se que os alunos com deficiência visual frequentemente lutam para obter uma educação, especialmente em ciências (PASSOS, 2018). Materiais adicionais são recomendados ao ensinar ciências para pessoas com deficiência visual. A adaptação do livro didático de física para o braille é necessária, pois figuras e gráficos, às vezes, são inacessíveis para as pessoas com deficiência visual (DE SOUZA E PALMA, 2017).

Materiais táteis e gráficos audíveis podem ser usados para auxiliar o ensino de Física para estudantes que possuam deficiência visual. Pesquisa sobre ensino de disciplinas para as pessoas com deficiência visual são escassos e tem sido limitada para estudar possíveis adições individuais à sala de aula que os próprios professores precisam projetar e criar (DE SOUZA E PALMA, 2017).

## 2.1 Objetivos Propostos

Temos como principais finalidades para este produto:

- Debater sobre a natureza luz como uma onda eletromagnética;
- Trabalhar os conceitos de reflexão, refração e dispersão da luz;
- Promover o ensino inclusivo de alunos com deficiência visual.

## 2.2 Papel do Professor

O professor será aquele que conduzirá as atividades como um mediador de forma bastante ativa e participativa devendo sempre encaminhar o conteúdo de forma estruturada, organizada e compreensível para o máximo entendimento possível por parte dos alunos. Deverá auxiliar sempre que necessário, facilitando a compreensão do conteúdo e instigando o debate entre os alunos.

## 2.3 Organização e Estrutura da Sequência Didática

<b>Aula: Ondas eletromagnéticas</b>		
<b>Tipo de sequência didática:</b> Curta com metodologia de pesquisa e produto destinado ao cotidiano		
<b>Público-alvo:</b> Alunos do ensino médio com e sem deficiência visual		<b>Duração:</b> 5 aulas de 50 minutos
Momento 1	Introdução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questão inicial: O que é luz?</li> </ul>
Momento 2	Ondas transversais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Questão inicial: O que são ondas?</li> <li>• Ondas longitudinais e transversais na mola e na corda.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquete 1 – comprimento de onda e amplitude – Onda transversal.</li> <li>• Conceitos de amplitude, comprimento de onda e frequência de onda</li> </ul>
Momento 3	Tipos de ondas eletromagnéticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação das ondas do espectro eletromagnético</li> <li>• Maquete 2 – Diferentes comprimentos de onda</li> </ul>
Momento 4	Raios luminosos e introdução à reflexão e refração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situação inicial: a luz e a vitrine da loja.</li> <li>• Introdução aos fenômenos de reflexão e refração.</li> <li>• Tipos de reflexão (especular e difusa)</li> <li>• Maquete 3 – Reflexão da luz</li> <li>• Propagação e sentido dos raios luminosos refletidos</li> <li>• Maquete 4 – Raios refletidos e refratados</li> </ul>
Momento 5	Teoria e aplicação da refração	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A lei de Snell</li> <li>• Maquete 5 – refração (ar - água)</li> <li>• Maquete 6 – refração (ar - vidro)</li> <li>• Maquete 7 – refração (ar - diamante)</li> <li>• Pergunta: Comparação entre maquetes</li> <li>• Índice de refração</li> <li>• Lei da refração</li> </ul>
Momento 6	Dispersão da luz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pergunta inicial: o que é o arco-íris</li> <li>• Prismas</li> <li>• Luz branca</li> <li>• Decomposição da luz branca</li> <li>• Auto-avaliação</li> <li>• Maquete 8 – dispersão da luz</li> </ul>

**Fonte: Autoria própria (2021)**

## **2.4 Desenvolvimento da Sequência Didática**

### **MOMENTO 1**

#### **INTRODUÇÃO (Duração: 10-15 min)**

No primeiro momento o professor iniciará a aula perguntado aos alunos: o que é luz?, e os alunos devem falar as cinco primeiras palavras que vierem a cabeça (Suplemento 1). Após ouvir a resposta, os alunos sob orientação do professor irão classificá-las de acordo com grau de importância o que servirá de ponto de partida para uma discussão sobre a natureza da luz e o seu comportamento em forma de ondas.

### **MOMENTO 2**

#### **ONDAS TRANSVERSAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS (Duração: 30-40 min)**

O momento 2 será iniciado com as seguintes perguntas aos alunos: Vocês sabem o que é uma onda, no contexto da Física? Quais as características de uma onda? Após os levantamentos dos alunos, o professor irá discutir as ondas longitudinais e transversais, utilizando uma mola e uma corda, e apresentar no Modelo 1 (ver Suplemento 2) para poder explicar o que é uma onda transversal e as suas características. Na onda longitudinal, com uma mola permitirá que o aluno cego perceba de modo tátil (os demais alunos visualizam) como a perturbação se propaga no mesmo sentido da onda. Na onda transversal, o aluno cego fica com a mão sobre a corda e sente os momentos que a crista da onda, ou pulso, bate da mão dele. O professor explica o que está fazendo. Posteriormente a isto o aluno identifica como é uma onda transversal, utilizando a Maquete 1.

---

### **TEORIA – MOMENTO 2**

Ondas podem ser longitudinais ou transversais. As ondas longitudinais são aquelas que se propagam na mesma direção da vibração (perturbação), como as ondas sonoras. Já as ondas transversais são aquelas que se propagam

perpendicularmente à oscilação, como uma onda em uma corda ou onda eletromagnética, ver Maquete 1 (Suplemento 2).

As ondas transversais podem ser classificadas em ondas mecânicas e eletromagnéticas. As ondas mecânicas precisam de um meio (ar, água, corda, etc.) para se propagar já as ondas eletromagnéticas como a luz, não necessitam de um meio, ou seja, propagam-se também no vácuo.

Ondas eletromagnéticas podem ser produzidas por cargas elétricas aceleradas que emitem uma radiação em diversos comprimento de ondas. Todos os corpos aquecidos a temperatura elevada também podem emitir luz. Temos, por exemplo, o ferro de um aquecedor elétrico que se torna incandescente, de cor vermelha. No entanto, independentemente do tipo de fonte, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo na mesma velocidade  $c$ :

$$c = 2,99792458 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

Por definição as ondas apresentam um vale (ponto mais baixo) e uma crista (ponto mais alto). A amplitude da onda se dará entre a extremidade de uma crista ao eixo central enquanto a distância horizontal entre dois vales ou duas cristas consecutivas é definida como comprimento de onda. Já a frequência de onda é pode ser definida como número de comprimentos de onda completos que passam por um determinado ponto no espaço a cada segundo e sua unidade é expressa em Hertz. Se formos fazer analogia com a onda mecânica em uma corda, por exemplo, a frequência é maior quanto mais rápido movemos a extremidade da corda para cima e para baixo.

Quanto maior for a frequência, menor é o comprimento de onda, ou seja, são inversamente proporcionais. Além disso as ondas eletromagnéticas apresentam algumas características:

- São **transversais**, ou seja, a sua direção de propagação é perpendicular à perturbação
  - Propagam-se na mesma velocidade da luz
  - Sua intensidade refere-se a sua amplitude, ou seja, quanto maior sua amplitude maior a perturbação que é capaz de produzir
- São tridimensionais, ou seja, depois de produzidas as ondas eletromagnéticas se propagam em todas as direções



- Ao atravessar meios materiais (ar, água etc.) sua velocidade diminui enquanto seu comprimento de onda aumenta sem alterar sua frequência.
- 

### **MOMENTO 3**

#### **TIPOS DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS (Duração 30-40 min)**

O professor irá iniciar o Momento 3 com a apresentação verbal do que é uma onda eletromagnética e a composição do espectro eletromagnético. Aqui evidenciamos que a luz é uma onda eletromagnética como as ondas de rádio e micro-ondas, mas o que diferencia elas são suas características, como frequência e comprimento de onda. A Maquete 2 (Suplemento 2) será utilizada neste momento para comparar duas ondas de mesma amplitude, mas com diferentes comprimentos de onda. As ondas produzidas em impressora 3D permitirão que os alunos com deficiência visual as diferenciem através do tato. A impressão 3D é uma técnica em que o modelo é construído camada após camada o que permite a criação de protótipos de forma rápida e barata (SANTOS E SGANZERLA, 2018).

A partir de então, o professor deverá falar um pouco de cada faixa do espectro eletromagnético, dando ênfase ao espectro da luz visível, no qual para cada cor temos um comprimento de onda. Nesta abordagem, o professor após apresentar verbalmente o espectro visível, com todas as cores, pode questionar: Mas e a luz branca? Ela não está no espectro eletromagnético. Por quê? O aluno saberia explicar? Assim, com a explicação da composição da luz branca, o professor pode encerrar este momento.

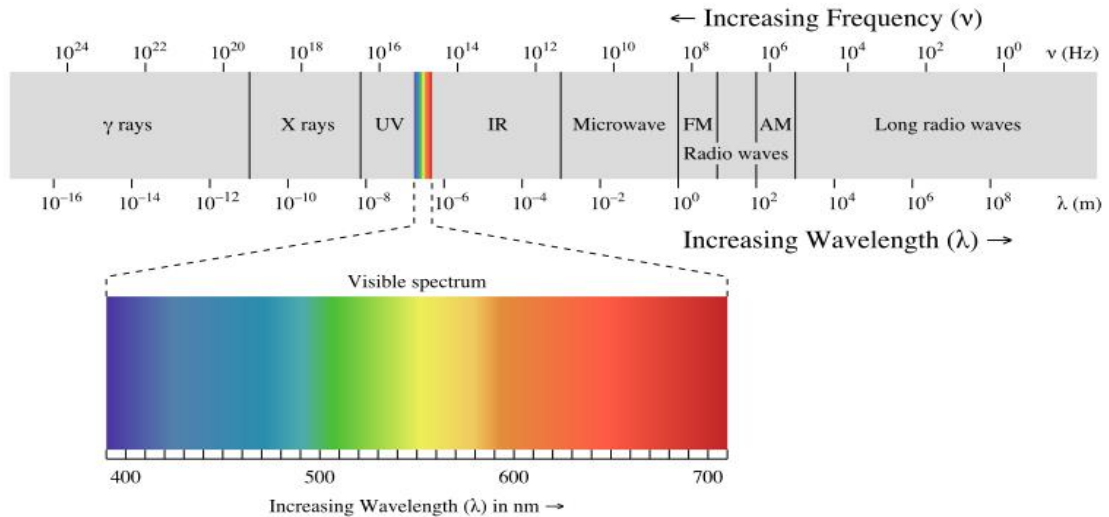
---

### **TEORIA – MOMENTO 3**

O espectro eletromagnético é composto por ondas muito pequenas, da ordem de  $10^{-16}$  m, até ondas com comprimentos de onda muito maiores, da ordem de  $10^8$  m (100 milhões de metros). A velocidade de uma onda eletromagnética no vácuo é de 300.000 km/s. Para se ter uma ideia, com esta velocidade poderíamos

sair da Terra e chegar à lua em apenas 1,25 s ou dar 8 voltas em torno da Terra em 1 s.

**Figura 1: O espectro eletromagnético.**



**Fonte: Patel, Vo, Mateo (2020, p.10)**

Ondas com diferentes comprimentos de onda, mas com amplitudes iguais, podem ser vistas na Maquete 2.

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas em radiações ionizantes e não ionizantes. Radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos do meio em que está se propagando, enquanto as ionizantes possuem energia suficiente para alterar o estado físico de um átomo através da perda de elétrons. A radiação ionizante pode causar danos à saúde humana (queimaduras, câncer, doenças congênitas etc.) e este risco aumenta com o aumento da exposição, dentre elas podemos destacar as ondas de raios X e de gama. Já as radiações não ionizantes (ondas de rádio, micro-ondas, luz solar) geralmente não causam danos à saúde, entretanto a exposição prolongada a algumas delas como a luz solar (contém raios ultravioleta) pode causar o envelhecimento e câncer de pele.

Os tipos de radiação eletromagnética são: ondas de rádio, micro-ondas, ondas infravermelhas, luz visível, radiação ultravioleta, raios X e raios gama. Alguns exemplos são dados a seguir.

Um dos menores comprimentos de onda são das micro-ondas. As micro-ondas são utilizadas desde aquecer alimentos até transmitir informações para o espaço. As micro-ondas podem ter comprimentos de onda da ordem de  $10^{-10}$  m. Os

roteadores de internet sem fio, popularmente conhecidos como Wi-fi, também utilizam micro-ondas com frequências que entre 2,4 GHz e 5,8 GHz.

Na outra extremidade do espectro, temos as ondas de rádio. As ondas de rádio, como o próprio nome diz são aquelas transmitidas por transmissões de rádio, TV e telefone celulares. As ondas de rádio têm baixos níveis de energia devido ao seu longo comprimento (103 m). São utilizadas no sensoriamento remoto, em sistemas de radar, onde liberam energia de rádio e coletam a energia de volta. Além disso são amplamente utilizadas para previsões do tempo uma vez que as ondas de rádio podem romper a atmosfera facilmente.

A radiação infravermelha, da ordem de  $10^{-8}$  m, pode ser liberada na forma de calor ou energia térmica. A radiação infravermelha é mais comumente usada em sensoriamento remoto, pois os sensores infravermelhos coletam energia térmica, fornecendo condições climáticas.

A luz visível, é a única e pequena parte do espectro eletromagnético que os humanos podem enxergar a olho nu, e varia de aproximadamente 380 nm a 740 nm. Essa parte do espectro é constituída por uma gama de cores diferentes que representam um comprimento de onda específico (Tabela abaixo).

**Tabela 1 - Cores do espectro visível**

	Violeta	Azul	Ciano	Verde	Amarelo	Laranja	Vermelho
Comprimento de onda (nm)	380-435	435-500	500-520	520-565	520-565	590-625	625-740

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Os raios ultravioletas, radiação, raios X e gama estão todos relacionados a eventos que ocorrem no espaço. A radiação UV é mais conhecida por causa de seus efeitos graves na pele do sol, levando ao câncer. Raios-X são usados para produzir imagens médicas do corpo. Os raios gama podem ser usados em quimioterapia para livrar-se de tumores no corpo, uma vez que possui um nível de energia tão alto.

Podemos notar que a luz branca não está presente no espectro. Isso porque a luz branca é na verdade a junção de todas as cores que temos no espectro visível.

#### **MOMENTO 4**

### **RAIOS LUMINOSOS E INTRODUÇÃO À REFLEXÃO E À REFRAÇÃO**

**(Duração 30-40 min)**

O professor iniciará o Momento 4 com o seguinte problema: Muitas vezes ao olharmos pelo lado de fora o vidro da vitrine de uma loja, conseguimos enxergar tudo o que está no interior facilmente. No entanto, em outros momentos, fica mais difícil e podemos ver nossa imagem refletida, como se estivéssemos em frente a um espelho. Para os alunos de modo geral, o professor pode questionar se já observaram (ou já ouviram falar, no caso do aluno cego) dessas situações e o que explicaria isso. Após os levantamentos, o professor pode explicar o fenômeno.

Em seguida o professor irá falar sobre o fenômeno de reflexão e apresentar a Maquete 03 (Suplemento 2) para os alunos explorarem. Enquanto isso o professor deverá ir explicar que embora apresente características de uma onda, o raio luminoso geralmente é representado por uma linha reta, indicando sua direção de propagação. Na Maquete 03 os raios luminosos são feitos em relevo com palitos de churrasco nos quais os alunos poderão identificar o sentido dos raios incidentes e refletidos pela ponta do palito. Após os alunos analisarem os exemplos da maquete eles serão questionados sobre a direção e propagação dos raios luminosos encerrando então o Momento 04.

Neste momento, o professor irá falar sobre a possibilidade do feixe ser parcialmente refletido e parcialmente refratado, como acontece nas vitrines das lojas, e apresentar a Maquete 4 (Suplemento 2) para auxiliar na explicação e substituir as figuras que geralmente usamos. É importante ao apresentar a Maquete 4, o professor mostrar o que é o meio 1, o meio 2, a reta normal, o feixe incidente e os feixes refletidos (que permaneceram no meio 1) e refratados (que atravessaram para o meio 2).

Na Maquete 4, poderá ser notado que parte da luz é refletida com mesmo ângulo de incidência e que o raio refratado, que atravessa o meio, não segue a mesma direção original que tinha no meio 1. O professor finalizará o Momento 5 explicando sobre a teoria do fenômeno da reflexão enquanto a parte teórica da refração será discutida no momento seguinte.

---

## TEORIA – MOMENTO 4

O modelo de raio luminoso é importante para entendermos os efeitos de reflexão e refração da luz. Geralmente quando a luz atinge uma superfície

transparente a onda é parcialmente refletida e refratada. Vamos tomar por exemplo uma janela de vidro de uma casa. Supondo que está de dia (lado externo com mais iluminação que o lado interno), a pessoa que está de fora da casa observa o reflexo de algum acontecimento no ambiente externo. Há o efeito da reflexão de luz. Por outro lado, a pessoa que está no interior da casa consegue olhar para fora e ver o mesmo ambiente, uma vez que a luz externa passa através do vidro e chega até ela. Neste caso, ocorre o efeito da refração (Figura 2).

**Figura 2: Ondas refletidas e refratadas em uma janela.**



Fonte: Young; Freedman (2016, p.23).

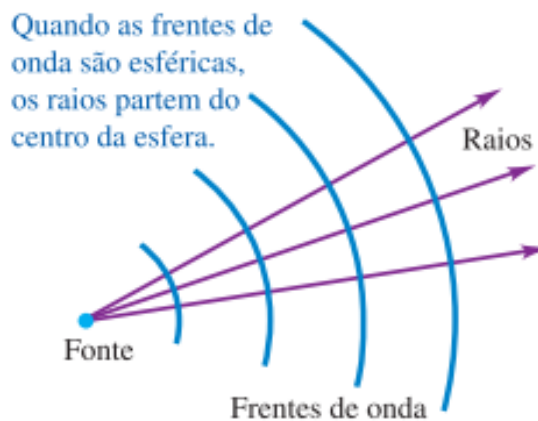
De acordo com Silva, (2013, p .25)

Consideremos um feixe luminoso que se propaga no ar e incide na superfície lisa de um bloco de vidro. É um fato conhecido que, em virtude de ser o vidro transparente, parte dessa luz penetra no bloco, mas a outra parte volta a se propagar. Dizemos que a porção do feixe que voltou a se propagar no ar sofreu reflexão, ou seja, parte da luz se refletiu ao encontrar a superfície lisa do vidro. O feixe de luz que se dirige para a superfície é denominado feixe incidente e o feixe devolvido pela superfície refletora, feixe refletido. Isto é, quando a superfície refletora é bem plana e polida, a luz incidente muda de direção, mas se mantém ordenada.

Para entender melhor sobre as a propagação de uma onda luminosa, primeiro temos que entender o conceito de frente de onda que pode ser definida como “lugar geométrico de todos os pontos adjacentes em que a fase da vibração de uma grandeza física associada com a onda e a mesma” (YOUNG; FREEDMAN,

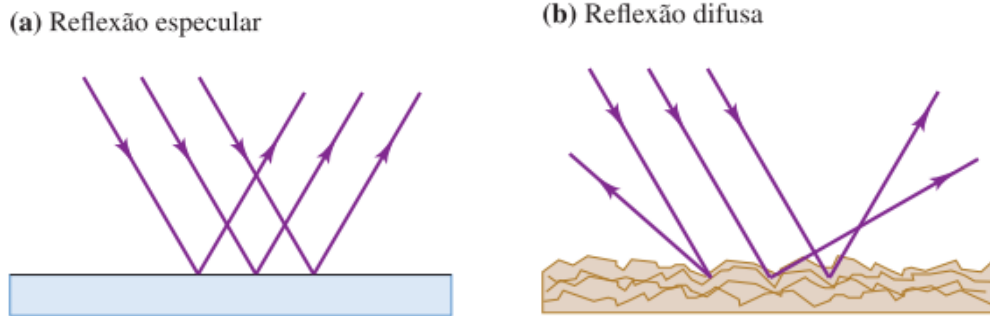
2016). Por exemplo, os círculos que se formam ao jogar uma pedra no lago são frentes de ondas. Geralmente, para representar os movimentos ondulatórios em diagramas, são desenhadas frentes de ondas ou suas seções transversais em um plano de referência. Por exemplo, ao representar ondas eletromagnéticas irradiadas por uma fonte luminosa, as frentes de ondas são desenhadas como círculos concêntricos com a fonte (Figura 3). Já para representar a direção da propagação de luz utiliza-se de raios, cuja definição é: “uma linha imaginária ao longo da direção de propagação da onda” (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

**Figura 3: Diagrama: frentes de onda e raios.**



Fonte: Young; Freedman (2016, p. 22).

As direções dos raios incidentes, refletidos e refratados em uma superfície lisa são descritos com base nos ângulos formados com a superfície do ponto de incidência, enquanto em superfícies rugosas os raios transmitidos e refletidos são espalhados em diversos ângulos. A reflexão especular é aquela que acontece em uma superfície lisa, gerando apenas um ângulo de reflexão, enquanto a reflexão difusa acontece em uma superfície rugosa com a formação de diversos ângulos de reflexão (Figura 4).

**Figura 4: Tipos de reflexão de raios.**

Fonte: Young; Freedman (2016, p.24).

Como ocorre a reflexão especular, também pode ser visto na Maquete 3.

A reflexão da luz é um fenômeno óptico em que um feixe de luz, ao incidir sobre uma superfície, retorna ao seu meio de origem. Graças a esse fenômeno conseguimos enxergar os objetos ao nosso redor, pois a luz incide sobre os corpos, que, por sua vez, refletem-na, fazendo com que os raios de luz cheguem aos nossos olhos, possibilitando, assim, a nossa visão.

As direções dos raios incidentes, refletidos e refratados em uma superfície lisa são descritos com base nos ângulos formados com a superfície do ponto de incidência (reta normal), enquanto em superfícies rugosas os raios transmitidos e refletidos são espalhados em diversos ângulos. A reflexão especular é aquela que acontece em uma superfície lisa, gerando apenas um ângulo de reflexão, enquanto a reflexão difusa acontece em uma superfície rugosa com a formação de diversos ângulos de reflexão.

A luz, no vácuo, tem uma velocidade aproximada de 300.000 km/s ou 3 milhões de metros por segundo, para ser mais preciso, 299.792.458 m/s. Para se ter ideia, com essa velocidade, poderíamos dar 8 voltas em torno da Terra em um intervalo de 1 segundo apenas! É a maior velocidade que existe. Nada é mais rápido. A velocidade da luz depende do meio por onde se propaga. No ar, é praticamente a mesma que no vácuo, mas em outros meios pode ser bem mais lenta.

Associado à velocidade da luz, temos o índice de refração ( $n$ ) que é muito importante na ótica geométrica. Ele é a razão entre a velocidade da luz no vácuo  $c$  e a velocidade da luz no material  $v$ :

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

Como a sempre se propaga mais lentamente através de um material do que no vácuo, qualquer valor de  $n$  em um material sempre será  $< 1$ , enquanto no vácuo sempre será  $= 1$ .

Exemplo 1. Sabendo que quando a luz passa por um meio (vidro) onde a sua velocidade é reduzida de  $3,0 \times 10^8$  para  $2,0 \times 10^8$  m/s. Qual será o índice de refração desse meio?

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

$$n = \frac{3,0 \times 10^8}{2,0 \times 10^8}$$

$$n = 1,5$$

O índice de refração e o ângulo de incidência da luz determinam se um feixe de luz ao viajar e incidir sobre uma superfície, reflete, se mantendo neste primeiro meio, ou refrata, atravessando o segundo meio.

Podemos resumir as conclusões dos principais estudos sobre reflexão em dois pontos (YOUNG; FREEDMAN, 2016):

- 1) Os raios incidente, refletido e refratado e a normal à superfície no ponto de incidência estão sobre um mesmo plano de incidência.
- 2) A Lei da reflexão diz que o ângulo de reflexão  $\theta_r$  é igual ao ângulo de incidência  $\theta_a$  para todos os comprimentos de onda e para qualquer material

$$\theta_r = \theta_a$$

Sobre o efeito de refração, será visto melhor a diante.

## MOMENTO 5

### TEORIA E APLICAÇÃO DA REFRAÇÃO (Duração: 20-30 min)

Antes de abordar sobre a teoria das leis da refração, o professor irá mostrar as maquetes 5, 6 e 7 (Suplemento 2) que tratam apenas o efeito de refração (sem reflexão). Essas maquetes terão uma superfície lisa (placa MDF) e rugosa (lixa) para



ilustrar sempre dois diferentes meios por exemplo ar (menos denso) e vidro (mais denso). Os alunos poderão acompanhar pelo tato a diferença nos ângulos formados em relação ao prolongamento do raio de incidência normal. Nesse momento o professor deverá indicar os feixes incidentes, os feixes refratados, a reta normal e a analogia da aspereza com índice de refração, dizendo qual representa a água, o vidro e o diamante.

Em seguida, o professor pode fazer alguns questionamentos:

- O que você observa de diferente nas três maquetes?
- Percebe alguma relação entre o índice de refração e o desvio da luz?

O professor deverá retomar alguns conceitos e explicar que na refração existe uma relação direta na mudança da velocidade da propagação e do comprimento onda, tendo a frequência como constante de proporcionalidade, ou seja, é a mesma independente do meio.

## TEORIA – MOMENTO 5

Antes (Momento 4) falamos sobre duas principais conclusões sobre os efeitos da reflexão. Agora, sobre o efeito da refração, temos um ponto a levantar: a Lei de Snell. (YOUNG; FREEDMAN, 2016):

A **lei de Snell** ou Lei da refração diz que para a luz monocromática e para um determinado par de materiais a razão entre o seno dos ângulos  $\theta_a$  e  $\theta_b$  em que os dois ângulos são medidos a partir da normal à superfície é igual ao inverso da razão entre os dois índices de refração.

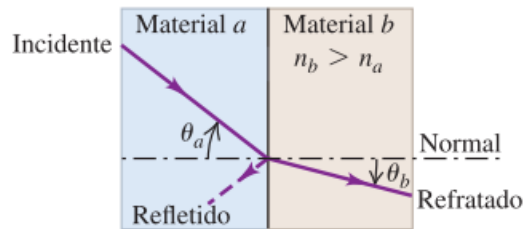
$$\frac{\text{sen}\theta_a}{\text{sen}\theta_b} = \frac{n_b}{n_a}$$

Essas equações mostram que quando um raio passa de um material *a* para o outro *b* com um índice de refração maior o raio irá se desviar aproximando-se da normal, enquanto quando um raio passa de um material *a* para outro *b* com um índice de refração menor ele irá se desviar afastando-se da normal e por fim quando

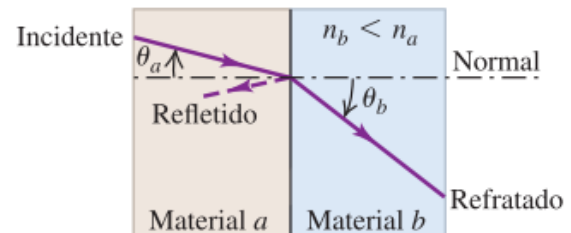
um raio passa com a mesma orientação da normal ele não irá sofrer desvio independente dos materiais (Figura 5).

**Figura 5: Reflexão e refração em três casos.**

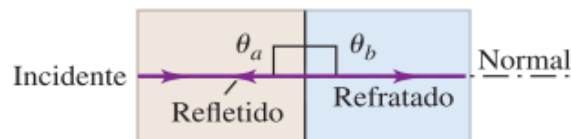
(a) Um raio entrando em um material de índice de refração *maior* se desvia aproximando-se da normal.



(b) Um raio entrando em um material de índice de refração *menor* se desvia afastando-se da normal.



(c) Um raio com a mesma orientação da normal não sofre desvio, independentemente dos materiais.



Fonte: Young; Freedman (2016, p. 25).

As leis de reflexão e refração mostram que a incidência dos raios é independente ao lado da interface, além de serem reversíveis, ou seja, seguem a mesma trajetória independente do lado, isso explica do porquê quando enxergamos os olhos de uma pessoa no espelho, ela também nos vê.

O ângulo de incidência afeta a intensidade dos raios refletidos e refratados. Por exemplo, quando a incidência é perpendicular ( $\theta_a = 0^\circ$ ) fração é próxima de 1% e irá aumentar até atingir 100% quando o ângulo de incidência  $\theta_a$  chegar  $90^\circ$ . O índice de refração também irá depender do comprimento de onda da luz, fenômeno chamado de dispersão.

O índice de refração do ar em condições normais de temperatura e pressão é próximo de 1. No caso de outros gases esse índice irá aumentar de acordo com a sua densidade. Já no caso de vidros e outros instrumentos de óptica esse índice geralmente varia entre 1,5 e 2,0 (YOUNG; FREEDMAN, 2016).

Também é importante lembrar que a frequência ( $f =$  número de ciclos por unidade de tempo) não varia quando passa de um material para o outro, uma vez que a superfície de contorno não cria nem destrói uma onda, enquanto o

comprimento de onda ( $\lambda$ ) sim, uma vez que a velocidade em um material é sempre menor que a velocidade no vácuo. Então o comprimento de onda da luz em um material ( $\lambda$ ) será igual a razão entre o comprimento de onda no vácuo ( $\lambda_0$ ) e o índice de refração do material ( $n$ ):

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Nesse sentido, quando a onda passa de um material com índice de refração maior a velocidade da onda diminui e o comprimento de onda também é comprimido, sendo o mesmo válido para o contrário quando passagem de onda ocorre em materiais com índice de refração menor, a velocidade aumenta e a onda dilata-se.

---

## **MOMENTO 6**

### **DISPERSÃO DA LUZ (25 a 35 minutos)**

O professor iniciará esse momento perguntando aos alunos se já observaram (ou já ouviram falar, no caso do aluno cego) o arco-íris e como ele se forma. Após ouvir as respostas o professor deverá explicar esse fenômeno que é um efeito visual combinado de três fatores, dois já estudados (refração e reflexão) e um terceiro: a dispersão.

Em seguida para que os alunos entendam sobre a dispersão da luz branca, será apresentada a Maquete 8 (Suplemento 2). Os alunos com deficiência visual poderão explorar através do tato como a luz branca ao passar por um prisma se decompõe. Eles poderão relacionar as distâncias e o número de miçangas com o comprimento de onda dos feixes monocromáticos dispersos pelo prisma.

Por fim o professor encerrará o Momento 6 pedindo para que os alunos reflitam sobre o conteúdo através de uma autoavaliação (Suplemento 3) do conteúdo que aprenderam na aula.

---

O prisma é um elemento óptico transparente com superfícies retas e polidas que refratam a luz. A luz branca é composta por diferentes frequências de luz, cujo índice de refração também é diferente para cada uma dessas frequências. Conseqüentemente o desvio angular da luz também é diferente para cada uma delas. O índice de refração é proporcional à frequência da luz e inversamente proporcional ao seu comprimento de onda. Portanto quando um feixe de luz branca passa por ele, podemos observar a dispersão das cores. Isso indica que a luz violeta, por exemplo, sofre um desvio angular maior do que a luz vermelha, uma vez que, para essa componente da luz, o índice de refração é maior.

O arco-íris surge quando há um grande número de gotículas de água no ar. A luz solar entra em contato com uma gotícula de água e sofrendo a primeira refração, sendo então refletida na superfície de trás e depois refratada novamente, permitindo se observar com maior clareza a decomposição das cores (Figura 6).

**Figura 6: Decomposição da luz e formação do arco-íris.**



**Fonte: Kazuhito; Fuke (2013, p.61).**

Assim, utilizando um prisma, podemos verificar que a luz branca na verdade é a junção de todas as cores, aquelas cores que vimos no espectro eletromagnético.

---

## **2.5 Avaliação**

A avaliação da aprendizagem serve como ferramenta para aprimorar a qualidade do ensino, para que os alunos possam alcançar o sucesso ao invés do fracasso (SCHON e LEDESMA, 2008). A escolha do tipo de avaliação irá determinar a formação do ser humano em um indivíduo ativo e autônomo ou em um indivíduo submisso e passivo (ALBINATI, 2011).

Para avaliar a aprendizagem nessa forma de trabalho, ela deve ser contínua e cumulativa durante todo processo de ensino. Portanto a participação e o desempenho do aluno no decorrer das atividades é o principal objeto deste tipo de avaliação. O seu caráter deve ser diversificado tanto no valor qualitativo como quantitativo do trabalho desenvolvido. Nesse sentido para que se tenha um resultado positivo para este projeto, espera-se que o professor consiga:

- Desenvolver o conteúdo de forma clara, objetiva e organizada
- Possibilitar a compreensão dos conceitos de ondas eletromagnéticas
- Analisar os conhecimentos prévios dos alunos
- Contextualizar o conteúdo possibilitando uma aprendizagem mais significativa aos alunos

Por fim recomenda-se dar a oportunidade os alunos a realizarem uma autoavaliação que servirá para que eles possam refletir sobre seu desempenho e evolução durante todo o processo de aprendizagem.

## CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO

A construção desse produto se resume em pensar uma maneira de trabalhar a física enquanto disciplina dentro das ciências, oportunizando que as pessoas com deficiência visual aprendam os principais conceitos da física.

Nesse viés, a proposta teve como objetivo desenvolver, aplicar e avaliar um material destinado ao ensino da propagação da luz para alunos com e sem deficiência visual. Portanto, foram desenvolvidas maquetes multissensoriais como recursos educacionais aplicadas ao ensino da reflexão, refração e dispersão da luz e que podem ser utilizadas por alunos com ou sem deficiência visual. Todas as atividades propostas se sustentam nas práticas experimentais das ciências na perspectiva de Vygotsky.

Espera-se que a proposta de ensino aqui apresentada oportunize uma maior interação entre o professor e o aluno e um olhar diferenciado para o processo de ensino aprendizagem de física, já que devido a aplicação da atividade ter ocorrido em meio à pandemia COVID-19, o projeto que antes pretendia aplicar o produto em sala de aula, com a participação dos demais estudantes, só pode ocorrer de forma individual com o aluno. Sendo que a mesma pode ser trabalhada tanto com os alunos com deficiência visual dentro da disciplina de física quanto com os demais alunos, pois oportuniza uma aprendizagem concreta e significativa.

A proposta está organizada em seis momentos, embora um pouco longa, cada momento consiste na aplicação de uma atividade realizada individualmente pelo professor, podendo sofrer alterações de acordo com as especificidades do aluno e sua realidade. A proposta foi implementada como descrita ao longo do texto e apresentou resultados que podem ser considerados positivos, tanto no que diz respeito a motivação, quanto a participação do aluno. No decorrer da aplicação desta proposta, mante-se uma boa interação com o aluno, fator este que oportunizou o desenvolvimento das atividades e o estabelecimento e a aprendizagem dos conceitos de física propostos.

## REFERÊNCIAS

KAZUHITO, Yamamoto; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio**. São Paulo: Saraiva, 2011, V.3.

PERPÉTUO, S. C.; GONÇALVES, A. M. **Dinâmicas de grupos na formação de lideranças**. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.

SANTOS, J. L.; SGANZERLA, M. A. R. Impressora 3D de baixo custo para auxiliar cegos e/ou baixa visão na construção de sólidos geométricos: Projeto Mark. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, Canoas, n.16 p.88-107 2018. Recuperado a partir de: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/ic/article/view/4691>. Acesso em: 17 nov. 2020

SCHON, C.K.; LEDESMA, M.R.K. **Avaliação da aprendizagem**. Programa PDE, SEED – PR, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2516-8.pdf>. Acesso em: 17 nov.2020

SILVA D. F. **Concepções alternativas de pessoas com deficiência visual sobre óptica**: uma análise fenomenológica. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática). Instituição: Universidade Estadual de Maringá-UEM, PR. 2013. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4421/1/000202526.pdf>. Acesso em 17 nov. 2020.

SOUZA, F.; PALMA, F. Proposta de um sistema de representação da reflexão da luz em um espelho esférico para alunos com deficiência visual. **Revista Areté| Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, 9, n. 20, p. 67-71, 2017. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/download/247/246/>. Acesso em 17 nov. 2020.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e física moderna**, Pearson, 2016.

WALKER, **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica** (LTC - Livros Técnicos e Científicos. Editora SA, Rio de Janeiro, 2016.

**SUPLEMENTOS**

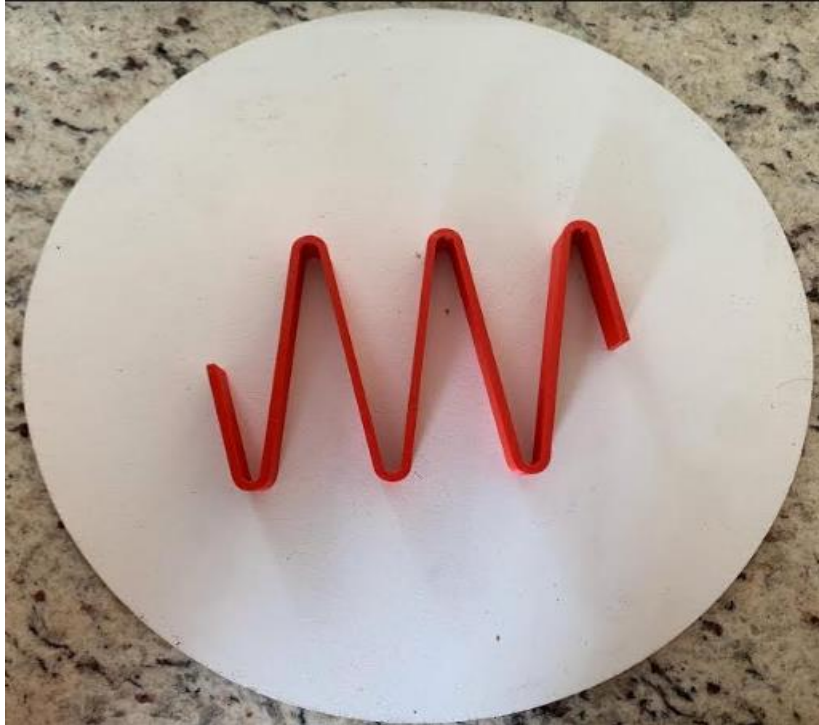




## SUPLEMENTO 2: MAQUETES

### MAQUETE 1

Figura 7: Representação didática de uma forma de onda.



Fonte: Autoria própria (2021)

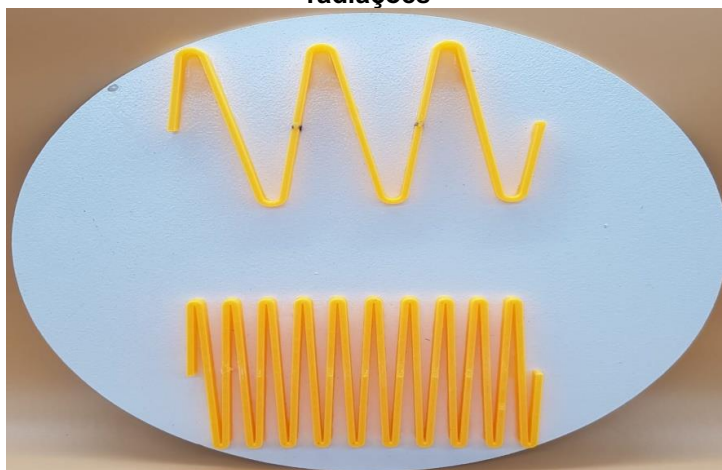
Para a construção da Maquete 1 foi utilizado uma impressora em 3D.

Para a construção do momento também foi utilizado uma mola e uma corda

Figura 8: Mola e corda utilizada para diferenciar ondas longitudinais e transversais



Fonte: Autoria própria (2021)

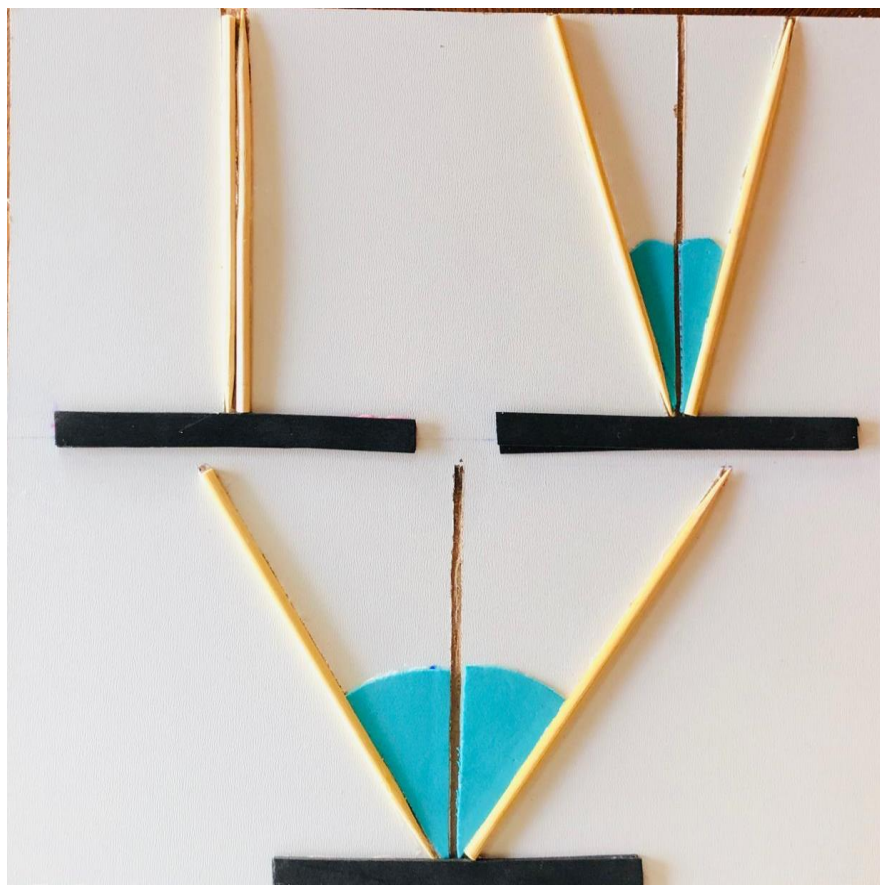
**MAQUETE 2 :****Figura 9: Representação didática dos comprimentos de ondas associadas a diferentes radiações**

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Para a construção da Maquete 2 foi utilizado uma impressora em 3D.

### MAQUETE 3:

**Figura 10:** Representação didática do fenômeno da reflexão da luz.



Fonte: Autoria própria (2021)

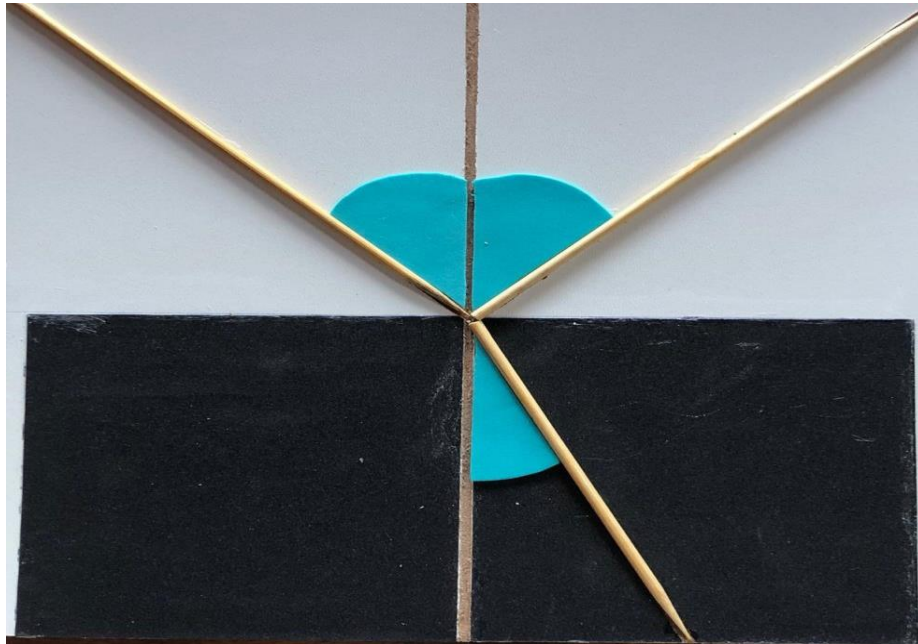
Para a construção da Maquete 3 serão necessários:

- 1 chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm
- 6 palitos de churrasco (14 cm de comprimento) envernizado
- EVA
- Serra fita
- Régua e transferidor
- Cola silicone líquida
- Canivete multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa em MDF, corte os palitos de churrasco e o EVA. Faça a reta normal para cada um dos casos, em relevo marcando a placa com auxílio do Canivete. Em seguida cole-os posicionando a ponta dos palitos de forma a indicar o sentido dos raios incidentes refletidos.

## MAQUETE 4

**Figura 11: Refração e Reflexão (ar x água)**



Fonte: Autoria própria (2021)

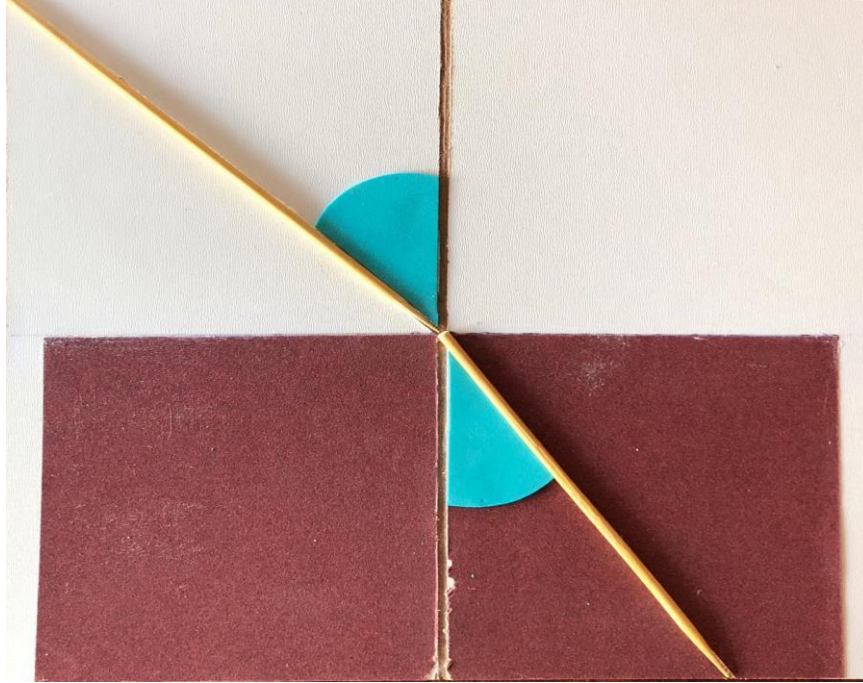
Para a construção da Maquete 4 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasco envernizado 2 palitos com 21 cm e outro com 16 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de 45° (2) e 30°
- LIXA 80
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa madeira P150
- Canivete Multiferramentas

Sugestão de atividades: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (água). Cole os palitos (direcione a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de 45° e 30° com a normal para os raios incidentes, refletidos e refratados.

## MAQUETE 5

Figura 12: Refração na interface água x ar ( $45^\circ$  vs  $32^\circ$ )



Fonte: Autoria própria (2021)

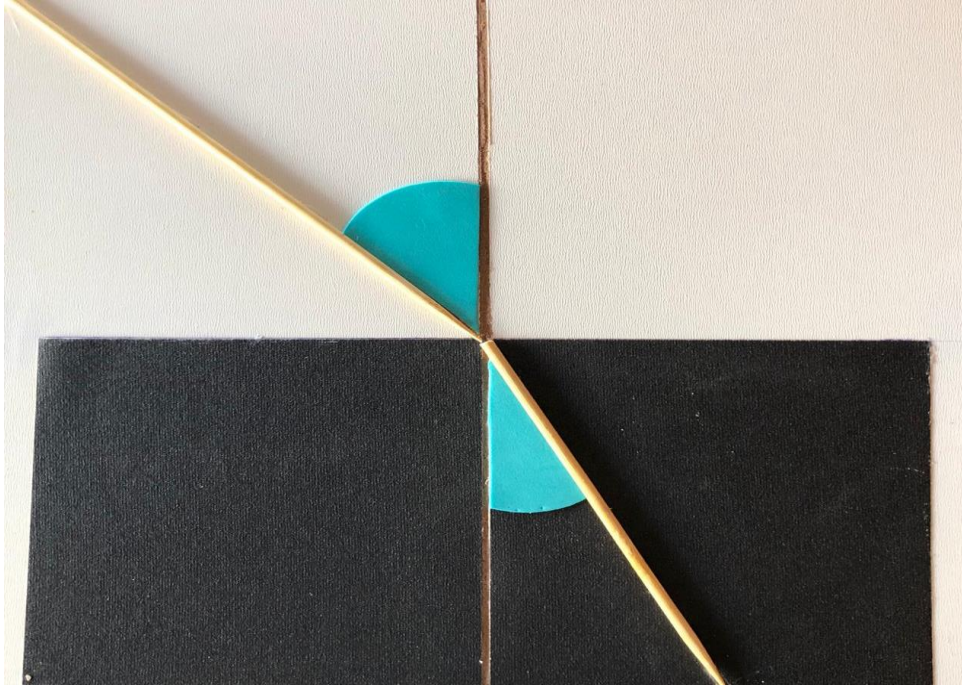
Para a construção da Maquete 5 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasquinho envernizado 2 palitos com 21 cm e outro com 18 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de  $45^\circ$  (2) e  $30^\circ$
- Lixa P150
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa madeira P150
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (água). Cole os palitos (determine a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de  $45^\circ$  e  $30^\circ$  com a normal para os raios incidentes e refratados.

## MAQUETE 6

Figura 13: Refração na interface ar-vidro ( $45^\circ - 28^\circ$ )



Fonte: Autoria própria (2021)

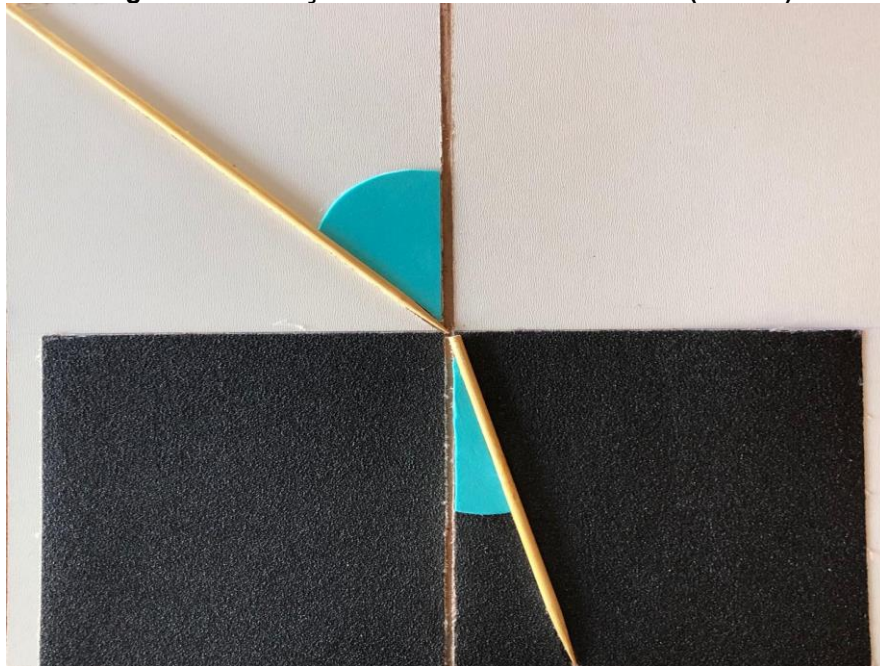
Para a construção da Maquete 6 serão necessários:

- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasco envernizado, 2 palitos com 21 cm e outro com 15 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de  $45^\circ$  (2) e  $28^\circ$
- LIXA 80
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone Líquido,
- Lixa FERRO 80
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (vidro). Cole os palitos (dicione a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de  $45^\circ$  e  $28^\circ$  com a normal para os raios incidentes e refratados.

## MAQUETE 7

Figura 14: Refração na interface ar - diamante ( $45^\circ$ - $17^\circ$ )



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a maquete 7 serão necessários:

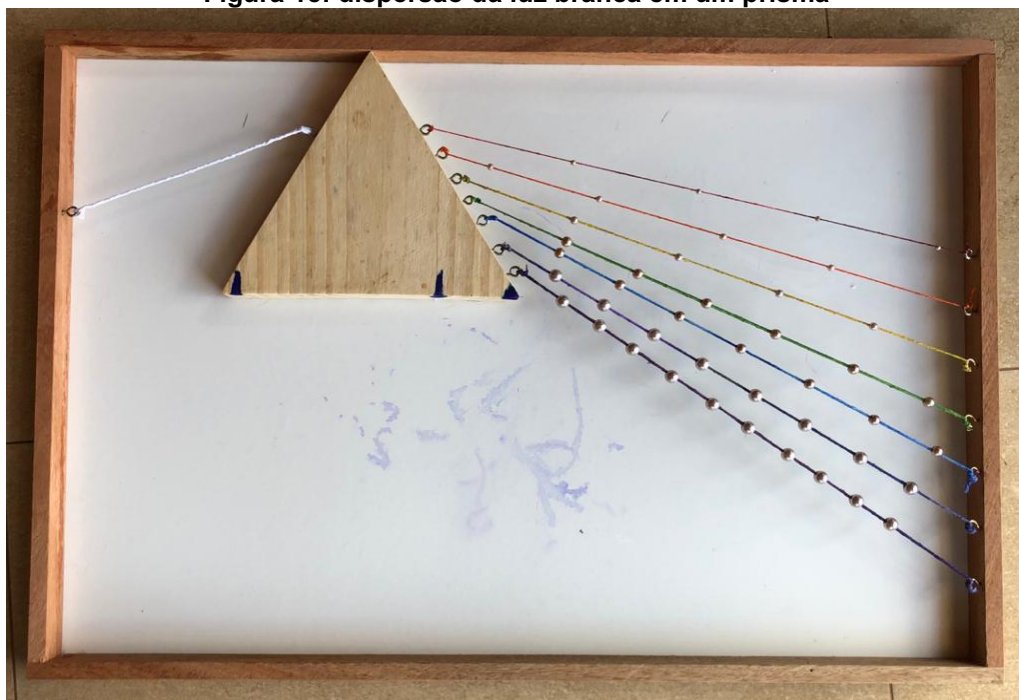
- 1 Chapa de MDF de 5 mm de espessura com 30 x 30 cm de lados:
- 3 palitos de churrasco envernizado, 2 palitos com 21 cm e outro com 15 cm.
- EVA com 6,5 cm de altura com ângulo de  $45^\circ$  (2) e  $17^\circ$
- Serra fita
- Régua, transferidor
- Cola Silicone liquido,
- Lixa FERRO 80
- Canivete Multiferramentas

Modo de preparo: Confeccione a placa de MDF. Desenhe sobre o centro da placa de madeira com ajuda do canivete o tamanho da reta (5 mm) para representar a Reta Normal. Cole a lixa (30 x 15 cm) na metade da placa, para representar o meio mais denso (diamante). Cole os palitos (direcione a ponta, para ilustrar o sentido dos raios) formando um ângulo de  $45^\circ$  e  $17^\circ$  com a normal para os raios incidentes e refratados



## MAQUETE 8

Figura 15: dispersão da luz branca em um prisma



Fonte: Autoria própria (2021)

### Materiais utilizados

- Quadro MDF 45 x 60 cm
- Prisma de MDF (15 x 15 x 15)
- Barbantes coloridos
- Missangas
- Argolas
- Cola quente

Modo de preparo: Cole o prisma de MDF na parte superior a uma distância de 10 cm da borda esquerda. Cole 1 argola no lado esquerdo do quadro e do prisma, e passe o barbante branco para ilustrar a luz branca incidente. Em seguida cole as demais argolas no lado direito do prisma (1 cm de distância entre elas) e do quadro (2, 5 cm de distância entre elas) em distâncias equidistantes. Cole as miçangas nos barbantes coloridos (raios dispersos) de forma a aumentar a distância das miçangas (0,5 cm) proporcionalmente entre os barbantes.

### SUPLEMENTO 3: AUTOAVALIAÇÃO

Sobre o seu desempenho nas aulas que foram trabalhadas o tema marque um X na alternativa que mais te representa:

PERGUNTA	SIM, SEMPRE	AS VEZES	NÃO, NUNCA
1 Sei ouvir o professor e presto atenção as explicações			
2 Participo ativamente dos trabalhos em grupo na sala de aula			
3 Quando não entendo um assunto faço uma pergunta ao professor			
4 Respeito a opinião dos outros e tento ajudar meus colegas			
5. Sinto-me a vontade na sala de aula e com meus colegas			

P1) O que é luz?

---



---

P2) O que são ondas eletromagnéticas, e quais suas características?

---



---

P3) A luz branca não aparece no espectro eletromagnético então como ela é formada?

---



---

P4) Qual a diferença entre a reflexão e a refração? Fale sobre as duas.

---



---

P5) Qual a relação entre o índice de refração e o desvio da luz?

---



---

P6) Como são formados os arco-íris?

---

---

P7) O que achou dos materiais táteis utilizados? Permitiram melhorar sua compreensão sobre o conteúdo?

---

---

P8) Vocês acreditam que eles são melhores que os materiais puramente visuais, como desenhos e fotografias?

---

---