

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

TIAGO PEREIRA ALMEIDA

**SOBRE A LUZ: UMA ATIVIDADE DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO
MÉDIO**

Manaus – AM
2024

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

TIAGO PEREIRA ALMEIDA

**SOBRE A LUZ: UMA ATIVIDADE DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO
MÉDIO**

Material instrucional vinculado à dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Polo 04, da Universidade Federal do Amazonas e do Instituto Federal do Amazonas.

Orientador: Prof. Dr. Denilson da Silva Borges.

Manaus – AM
2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

A447s Almeida, Tiago Pereira.
Sobre a luz: uma atividade de física moderna no ensino médio / Tiago Pereira
Almeida. – Manaus, 2024.
44 p. : il. color.

Produto educacional proveniente da dissertação - Sobre a luz: discreta ou contínua? Uma atividade de física moderna no ensino médio (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Denilson da Silva Borges.
ISBN 978-65-85652-66-7

1. Física moderna. 2. Sequência didática. 3. Aprendizagem Significativa. I. Borges, Denilson da Silva. (Orient.). I. Borges, Antonio Xavier. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 570.03

Sumário

1.	Apresentação	4
2.	Atividades propostas	4
2.1.	Luz como onda e atividade experimental 1: O experimento de Young	5
2.2.	Luz como onda e animação computacional 1: O Experimento de Young	10
2.3.	Luz como partícula e atividade experimental 2: Experimento com sensor LDR e Placa solar caseira.....	14
2.4.	Luz como partícula e animação computacional 2: O experimento do efeito fotoelétrico na plataforma PHET	22
3.	Sequência de ensino sugerida	26
3.1.	Considerações iniciais	26
3.2.	Objetivo de ensino	26
	Considerações finais	32
	Referências.....	33
	Apêndices do produto educacional	34
	Apêndice A. Questionário Inicial.....	34
	Apêndice B. Questionário Final	35
	Apêndice C. Slide para a construção do mapa conceitual.....	36
	Apêndice D: Modelo de slide para aula dialogado diferença de ondas e partículas.	40
	Apêndice E: Slide da aula dialogada sobre o efeito fotoelétrico.	43

1. Apresentação

Caro educador(a), este material instrucional foi elaborado no contexto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pensando em proporcionar uma experiência agradável no ensino da óptica física, tanto para quem ensina quanto para quem aprende. Destaco que o material sugere atividades experimentais e o uso de simulações computacionais, que representam uma tendência no ensino.

A literatura especializada demonstra que a incorporação de experimentação e animações computacionais associadas a teorias de aprendizagem melhoram o desempenho na disciplina de Física e motiva os estudantes nas aulas, tornando, assim, o ambiente de aprendizado mais estimulante.

A motivação principal para a escolha do tema óptica física, reside no fato de que, geralmente, os estudantes têm apenas contato com a óptica geométrica. Portanto, este material de apoio sugere experimentos e animações que vão além dos assuntos comumente abordados no ensino médio. Dessa forma, o professor poderá explorar conceitos e questões históricas, podendo mostrar a evolução do entendimento da luz e as novas aplicações possibilitadas por essa visão mais moderna do conceito.

Acreditamos que esse material poderá facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos relacionados a luz. O material inicia descrevendo como montar e utilizar os experimentos, bem como sugere roteiros de atividades para isso. Por fim, nós sugerimos uma estratégia de aplicação para os experimentos e animações baseadas na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

2. Atividades propostas

Nesta seção, há um conjunto de quatro atividades que visa proporcionar aos estudantes uma experiência de aulas sobre luz que vai além da óptica geométrica. Na seção, é explicado como realizar experimentos e animações para discutir questões relacionadas à luz como onda e partícula. Ressalta-se que as atividades funcionam de forma independente, caso o professor esteja interessado em trabalhar apenas com um dos assuntos em questão ou utilizar apenas uma das abordagens. Esse conjunto de atividades foi pensado para que o estudante consiga ter uma visualização da luz como onda e como partícula. Entendendo a limitação conceitual de cada modelo e conhecendo uma visão mais moderna do conceito de luz.

2.1. Luz como onda e atividade experimental 1: O experimento de Young

A atividade proposta é o famoso experimento de Young, que pode contribuir para que o aluno perceba que a luz, assim como outras ondas, sofre os fenômenos da interferência e difração. Assim, considerando o comportamento ondulatório da luz, a atividade propõe o cálculo de uma propriedade ondulatória que é o comprimento de onda.

A atividade experimental tem como objetivo mostrar o comportamento ondulatório da luz, uma vez que, ao passar pela dupla fenda, ela sofre os fenômenos de difração e interferência. Para isso, utilizaremos os seguintes materiais:

- 1) Fenda dupla de 0,2 mm; 0,3 mm e 0,45 mm



Figura 1. Dupla fenda. Fonte: acervo do autor.

- 2) Lasers vermelho, verde e azul



Figura 2. Lasers vermelho, azul e verde.

3) Trena



Figura 3. Trena. Fonte: acervo do autor.

4) Régua



Figura 4. Régua. Fonte: acervo do autor.

Os preços médios dos materiais utilizados para a atividade do experimento de Young estão dispostos na Tabela 1.

Material	Preço em Reais
Fenda dupla de 0,2 mm; 0,3 mm e 0,45 mm	70,0
Lasers verde	35,0
Trena	22,0
Régua	5,99
Total	132,99

Tabela 1. Valores dos materiais utilizados consultados em 2024.

A atividade experimental visa medir o comprimento de onda da luz dos lasers azul, vermelho e verde. Para isso, utilizaremos o famoso experimento de Young. O experimento consiste em posicionar a fenda dupla (1) a uma distância L de um anteparo, lugar para projetar a luz, e acionar o laser (2) de maneira que ele passe pela fenda dupla e crie os padrões de interferência.

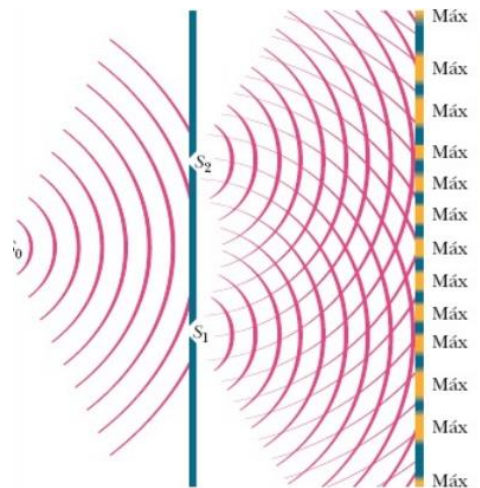


Figura 5. Esquema da luz como onda passando na dupla fenda. Fonte: Halliday e Resnick (2012).

No esquema representado na Figura 5, a luz comporta-se como onda ao passar pela dupla fenda e cria padrões de interferência. Esses padrões, que você deverá encontrar na experiência, estão representados na Figura 6.

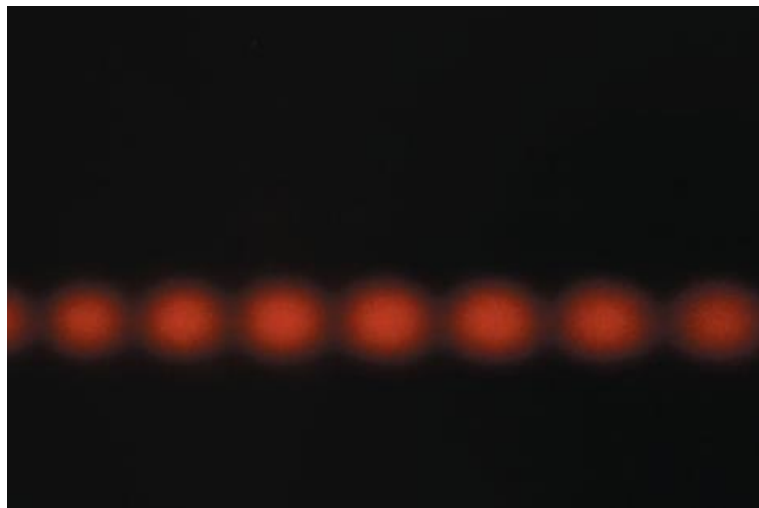


Figura 6. Padrões de interferência criados no experimento da dupla fenda. Fonte: Halliday e Resnick (2012).

Note que na Figura 6 existem pontos mais claros (interferência construtiva) e pontos mais escuros (interferência destrutiva). Ressalta-se que a contagem dos pontos claros ou escuros será importante para o objetivo do experimento, que é determinar o comprimento de onda da luz das fontes.

Para calcularmos o comprimento de onda da luz, você deverá utilizar a equação:

$$\lambda = \frac{2d \cdot y}{L \cdot n} \quad (1)$$

Onde:

λ comprimento de onda da luz.

d é a distância entre as fendas.

L é a distância entre as fendas e o anteparo.

Y é a distância entre o centro da franja central até o centro de uma outra franja clara.

n é um número par (0, 2, 4, 6, 8 ...) que representam as franjas claras.

Lembrando que:

$n = 0$ é a franja central, não há diferença de caminho.

$n = 2$ é a primeira franja clara depois da central.

$n = 4$ é a segunda franja clara depois da central.

A Figura 7 mostra um esquema com uma imagem capturada da plataforma PHET que ajuda na visualização dos parâmetros.

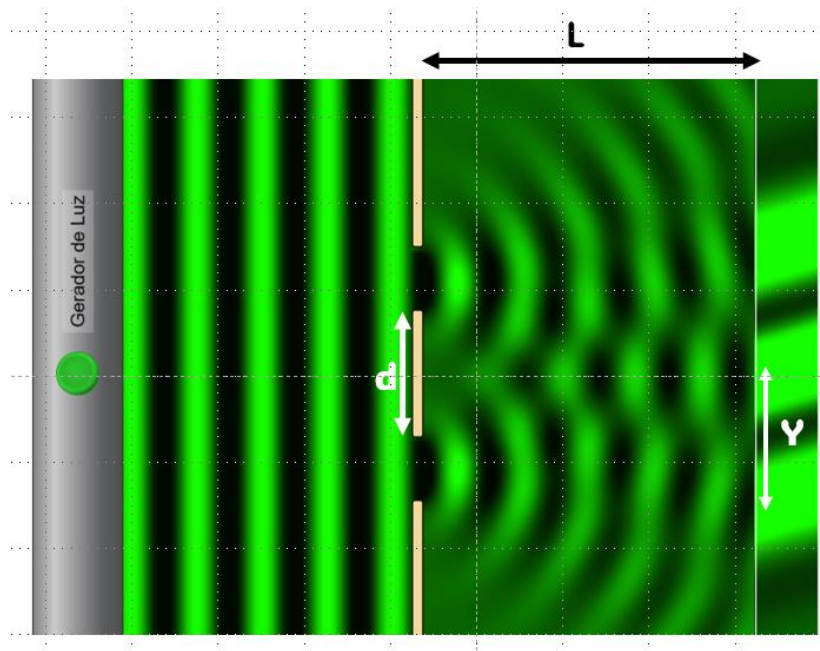


Figura 7. Esquema que mostra os parâmetros utilizados na equação. Fonte: phet.colorado.edu (adaptada pelo autor).

Perceba que o número n na Figura 7 para a medida Y é $n = 2$. Ou seja, a medida de Y foi feita da franja clara central até a próxima franja clara. As medidas de comprimento poderão ser realizadas pela régua (3) e pela trena (4).

Sugestão de roteiro experimental:

Agora vamos colocar tudo em prática.

Preencha com as medidas obtidas no experimento a tabela abaixo:

Grandeza	Medida feita	Transformação para unidade do SI (metro)
D		
Y		
L		
N		

Depois de fazer as medidas, aplique na equação e descubra o comprimento de onda da luz utilizada.

Local para os cálculos.

Utilize o espectro magnético da Figura 8 para responder.

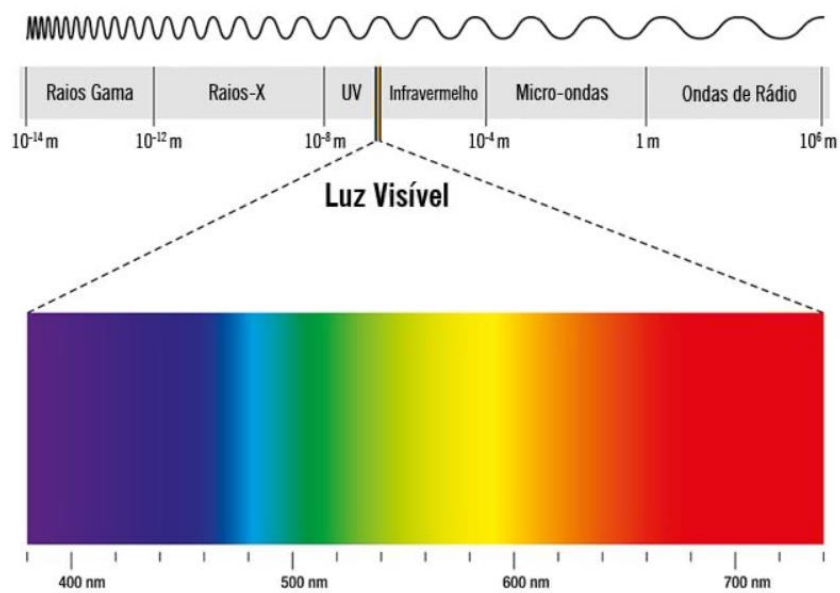


Figura 8. Espectro eletromagnético. Fonte: www.todamateria.com

A medida de comprimento de onda feita no seu experimento é confirmada com a do espectro eletromagnético?

2.2. Luz como onda e animação computacional 1: O Experimento de Young

A atividade é a animação computacional de interferência de ondas da plataforma PHET. Nessa plataforma, é possível simular o experimento de Young, porém, dessa vez, como uma experiência virtual que pode ser acessada pelo smartphone do estudante. Assim, é possível pedir para que o aluno repita a experiência, porém de maneira virtual, onde poderá ter liberdade para fazer testes com outros comprimentos de onda.

Vamos realizar o experimento da dupla fenda novamente, porém agora com o auxílio do smartphone, utilizando um simulador computacional. Para acessar o conteúdo você poderá usar o Código QR abaixo.



Figura 9. Código QR para acesso a animação interferência de ondas. Fonte: acervo do autor.

Ao entrar no site você irá para a página inicial da animação “interferência de ondas”. Selecione a opção fendas, como mostra a Figura 10.

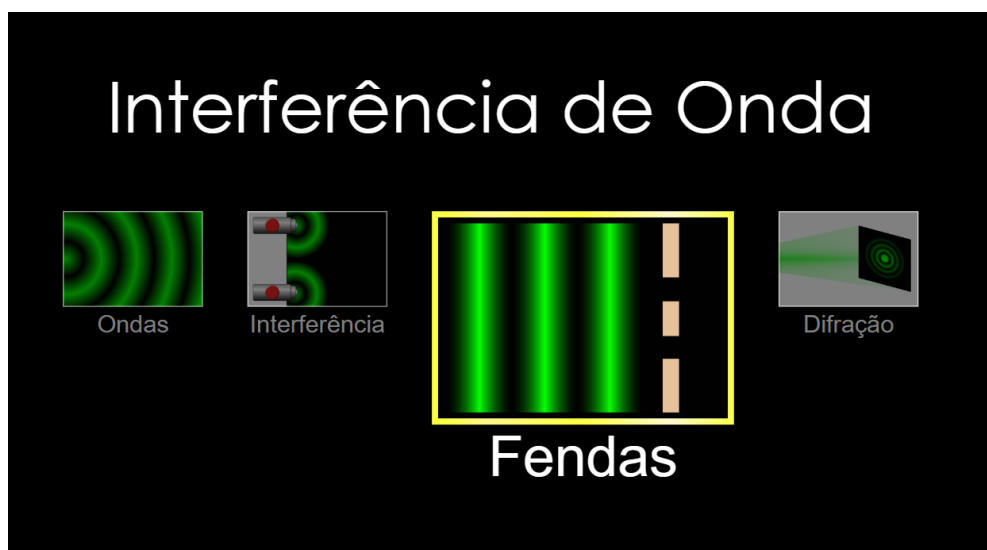


Figura 10. Página inicial da animação "interferência de ondas" acessada a partir do smartphone. Fonte: phet.colorado.edu

Como estamos interessados em aplicar o experimento de Young, que demonstra o comportamento ondulatório da luz, selecionaremos a opção “duas fendas” e “ondas

luminosas”. A Figura 11 mostra onde encontrar essas opções, indicadas pela seta vermelha.

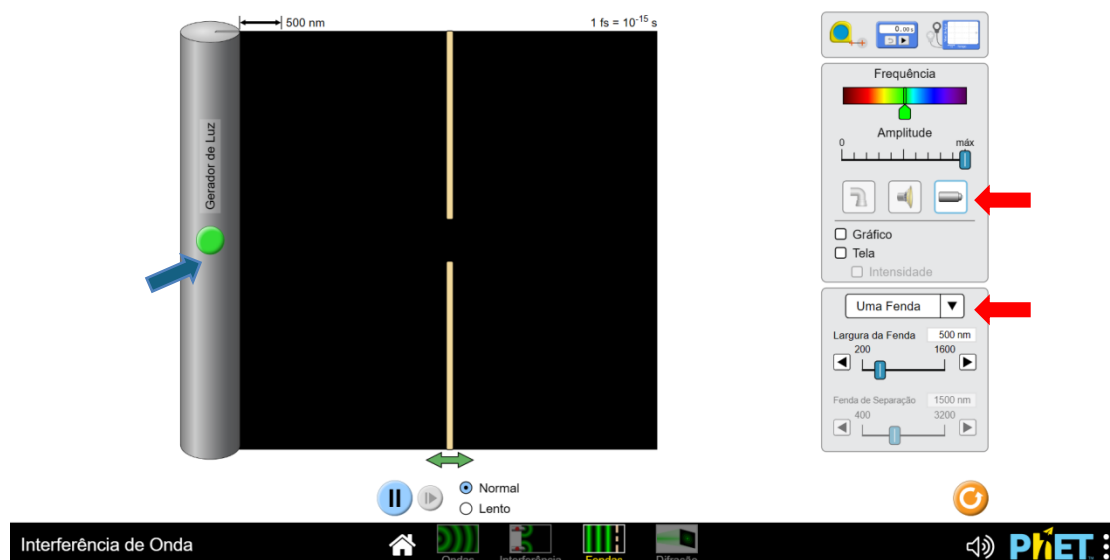


Figura 11. Painel da animação computacional. Fonte: phet.colorado.edu (adaptado pelo autor)

Escolha uma frequência para a luz, azul; vermelho ou verde, e ligue o gerador de luz. A seta azul mostra onde ligar o gerador de luz.

Será percebido o fenômeno da difração e interferência. Para visualizar melhor os padrões criados, selecione a opção **tela**. Para uma melhor compressão será indicado por uma seta verde a opção que deverá ser selecionada na Figura 12.

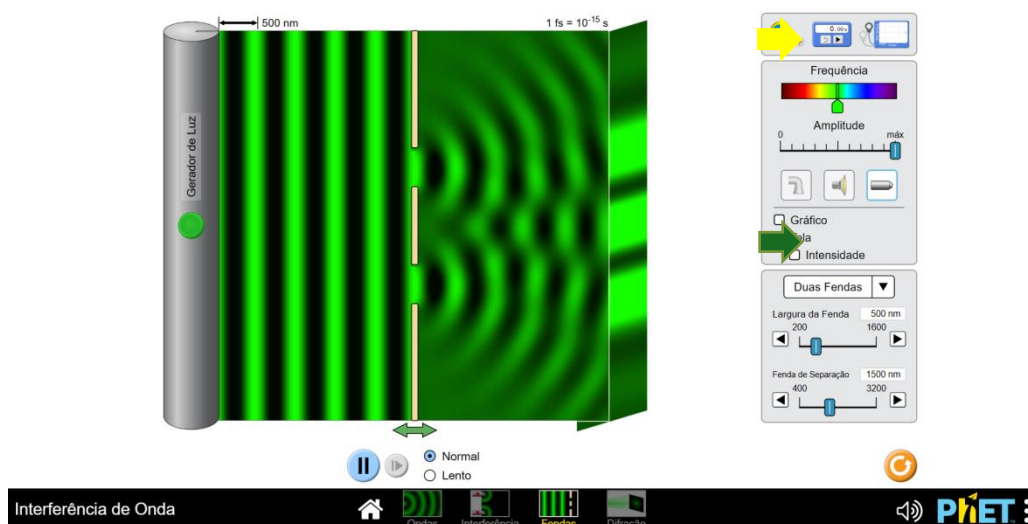


Figura 12. Painel da animação computacional indicando a opção tela e como fazer medidas com a trena virtual. (adaptado pelo autor)

O objetivo com a animação é encontrar o comprimento de onda da frequência escolhida com os mesmos parâmetros utilizados no experimento de Young.

A Figura 13 mostra um esquema com uma imagem capturada da plataforma PHET que ajuda na visualização dos parâmetros.

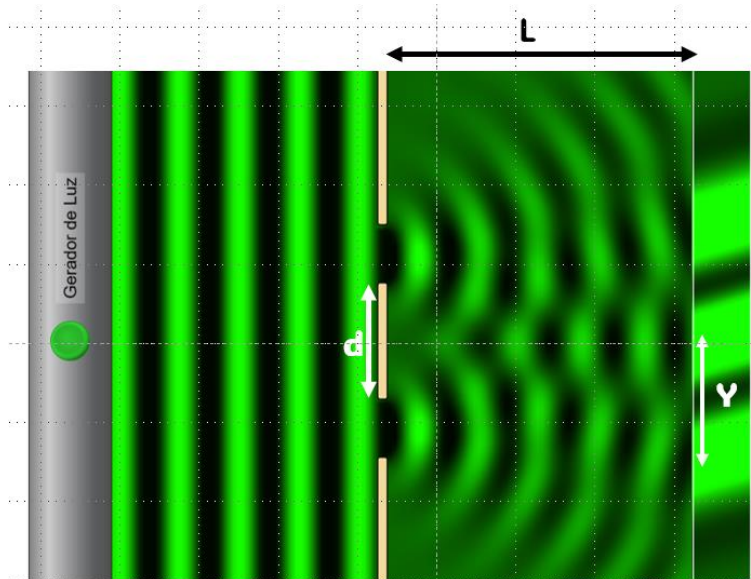


Figura 13. Esquema que mostra os parâmetros utilizados na equação. Fonte: phet.colorado.edu (adaptada pelo autor).

Perceba que o número n na Figura 13 para a medida Y é $n = 2$. Ou seja, a medida de Y foi feita da franja clara central até a próxima franja clara.

Para realizar as medidas deverá ser utilizada a trena da animação, indicada com a seta amarela na Figura 12. Utilizaremos a equação:

$$\lambda = \frac{2d \cdot y}{L \cdot n} \quad (2)$$

Onde:

λ comprimento de onda da luz.

d é a distância entre as fendas.

L é a distância entre as fendas e o anteparo.

Y é a distância entre o centro da franja central até o centro de uma outra franja clara.

n é um número par (0, 2, 4, 6, 8 ...) que representam as franjas claras.

Lembrando que:

$n = 0$ é a franja central, não há diferença de caminho.

$n = 2$ é a primeira franja clara depois da central.

$n = 4$ é a segunda franja clara depois da central.

Sugestão de roteiro experimental

Preencha com as medidas obtidas no experimento a tabela abaixo:

Grandeza	Medida feita	Transformação para unidade do SI (metro)	
D			
Y			
L			
N			

Depois de fazer as medidas, aplique na equação e descubra o comprimento de onda da luz utilizada.

Local para os cálculos.

Utilize o espectro magnético da Figura 14 para responder.

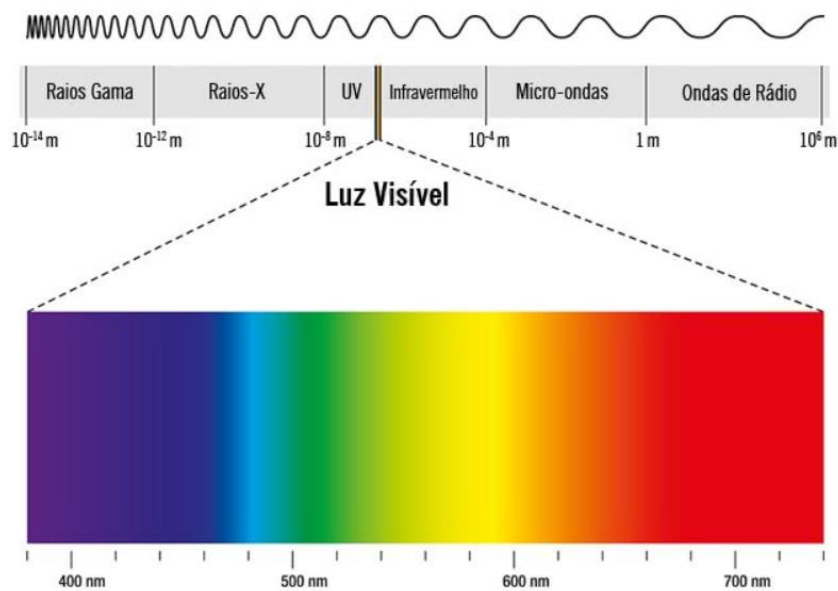


Figura 14. Espectro eletromagnético. Fonte: www.todamateria.com

A medida de comprimento de onda feita no seu experimento é confirmada com a do espectro eletromagnético?

2.3. Luz como partícula e atividade experimental 2: Experimento com sensor LDR e Placa solar caseira

A atividade envolve a construção de um experimento utilizando o sensor LDR e a placa Arduino UNO. A ideia da atividade é mostrar para o estudante que é possível apagar ou acender um LED ao fazer incidir luz no sensor LDR, ou seja, a interação da luz com o LDR faz com que o LED acenda ou apague.

Ainda na terceira atividade, é montada uma “placa solar caseira” feita com LEDs. É interessante nessa atividade o mediador mostrar para os estudantes que, apesar de o LED ser construído para transformar energia elétrica em energia luminosa, o contrário é possível. Isso pode ser percebido ao associar LEDs em série ou paralelo e incidir luz sobre eles, sendo possível, por meio do multímetro, medir uma diferença de potencial gerada. É importante que o professor reforce que esses dois experimentos podem ser explicados pelo conceito de fóton. Mostrando uma propriedade corpuscular da luz.

O objetivo dessa atividade é possibilitar aos aprendizes uma experiência prática com o fenômeno do efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico. Para a elaboração dos experimentos utiliza-se os seguintes materiais:

- 1) Placa Arduino UNO



Figura 15. Placa Arduino UNO.

2) Protoboard

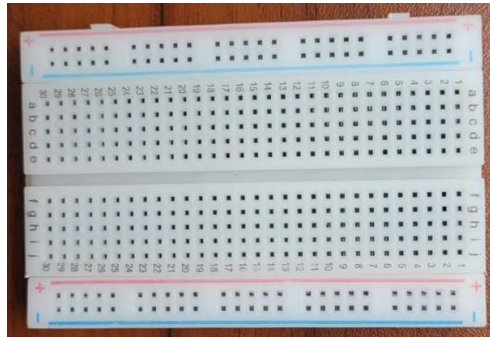


Figura 16. Protoboard.

3) Lâmpada LED

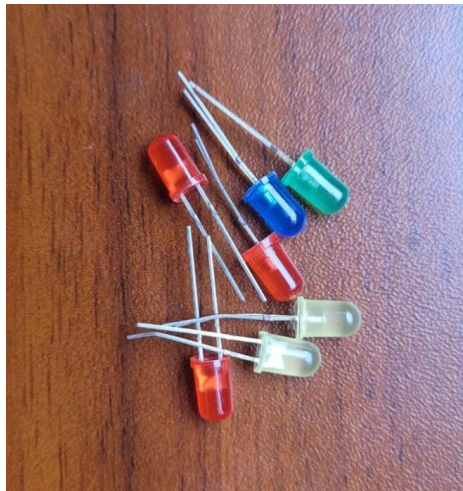


Figura 17. LEDs de cores variadas.

4) Resistências

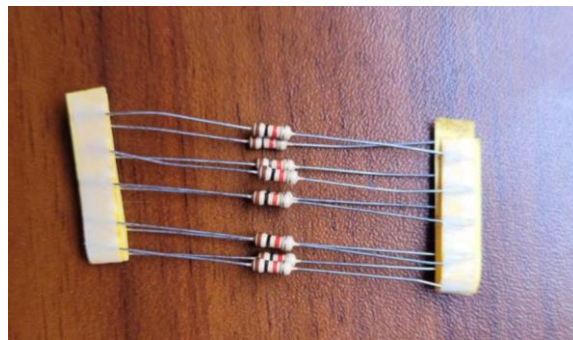


Figura 18. Resistências elétricas.

5) Fios condutores



Figura 19. Fios conectores.

6) LDR

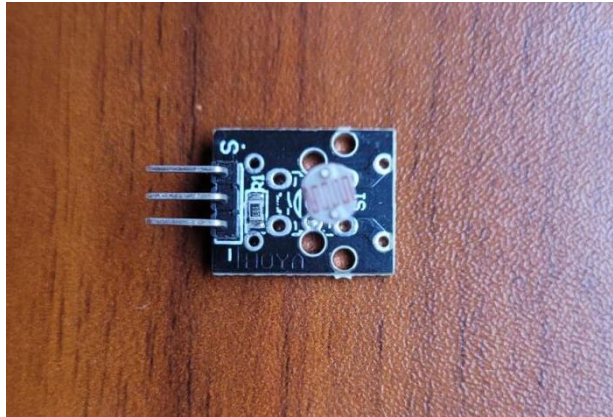


Figura 20. Sensor LDR.

7) Multímetro

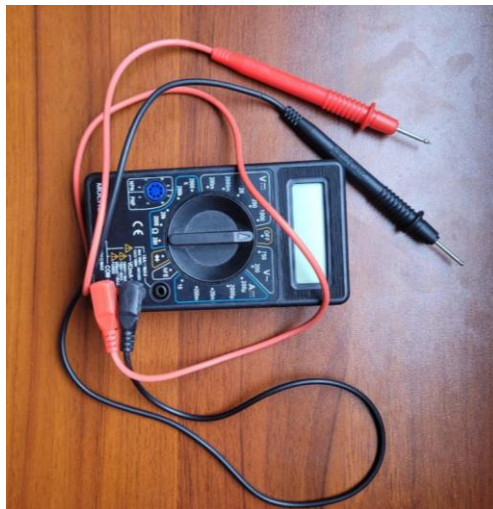


Figura 21. Multímetro.

8) Laser



Figura 22. Lasers verde, azul e vermelho.

Os preços médios dos materiais utilizados para a atividade dos experimentos estão dispostos na Tabela 2.

Material	Preço em Reais
Placa Arduino uno	38,99
<i>Protoboard</i>	14,50
Lâmpada LED	0,70
Resistências	1,00
Fios condutores 40 cabos	13,50
LDR	6,99
Multímetro	15,80
Laser	35,90
Total	127,38

Tabela 2. Valores dos materiais utilizados para os experimentos da luz como fóton consultado em 2024.

Ressalta-se que todos os materiais listados na tabela 2 também podem ser adquiridos juntos com um “kit básico Arduino” que em 2024 possui o preço médio de **125,00 Reais**.

Para demonstrar o efeito fotoelétrico e o efeito fotovoltaico, nesta atividade são sugeridos dois experimentos, o primeiro é a utilização do sensor LDR e o segundo é a utilização de LEDs para converter energia luminosa em eletricidade, simulando uma placa fotovoltaica.

O objetivo da atividade experimental 1 é mostrar que é possível acionar o sensor LDR com a luz. Mostrando assim, uma aplicação do efeito fotoelétrico.

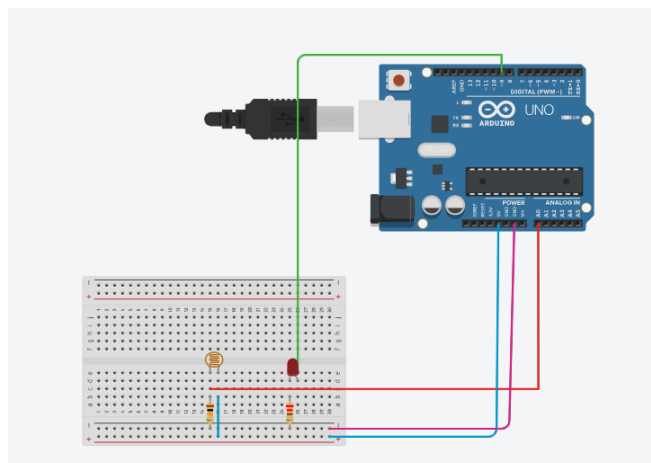


Figura 23. Esquema para a montagem experimental do experimento com o sensor LDR.
Fonte:www.tinkercad.com

A Figura 23 mostra o circuito com os componentes eletroeletrônicos e a configuração para o funcionamento do experimento. São necessários 5 fios conectores, 1 lâmpada LED, duas resistências, um LDR e a placa Arduino UNO.

A programação utilizada¹ para o funcionamento do experimento está disposta na Tabela 3 e no link do google drive na nota de rodapé. Assim, para a montagem do experimento basta que o professor monte o circuito da Figura 21 e, em seguida, copie e cole o código da Tabela 2 no Arduino.

¹ https://drive.google.com/file/d/1VxIfzt3rIY4v4BIy2_ovAJa93sK2QGcs/view?usp=drive_link

Código no Arduino para a realização do experimento

```

int limite = 600;
// Ligue o LED ao pino digital 9
int led = 9;
// O LDR é conectado ao pino analógico 0
int LDR = A0;
// Armazena o valor de leitura analógica
int sensorValue = 0;
void setup() {
    // Define o LED como uma saída
pinMode(led, OUTPUT);
    // Define o LDR como uma entrada
pinMode(LDR, INPUT);
    // Inicia a comunicação serial com uma taxa de transmissão de 9600 boud
rate
    Serial.begin(9600);
}
void loop(){
    // Lê o valor atual do LDR
sensorValue = analogRead(LDR);
    // Se o valor estiver abaixo de um determinado "limite", então o LED
liga, caso contrário o LED permanece desligado
    if (sensorValue < limite) {
        digitalWrite(led, HIGH);
    }
    else {
        digitalWrite(led,LOW);
    }
    // Imprime as leituras atuais no monitor serial da IDE do Arduino
Serial.print ("Leitura atual do sensor: ");
Serial.println(sensorValue);
delay(130);
}

```

Tabela 3. Código utilizado para a realização do experimento com LDR.

O objetivo da atividade experimental 2 é mostrar que os LEDs conseguem converter luz em eletricidade. Por meio de um fenômeno chamado de efeito fotovoltaico.

Para montar o experimento é bem simples, basta associar LEDs ou em paralelo ou em série em uma protoboard e fazer incidir luz sobre os LEDs. Pode ser conectado dois fios condutores nos terminais dos LEDs para ser medido com o multímetro a diferença de potencial.

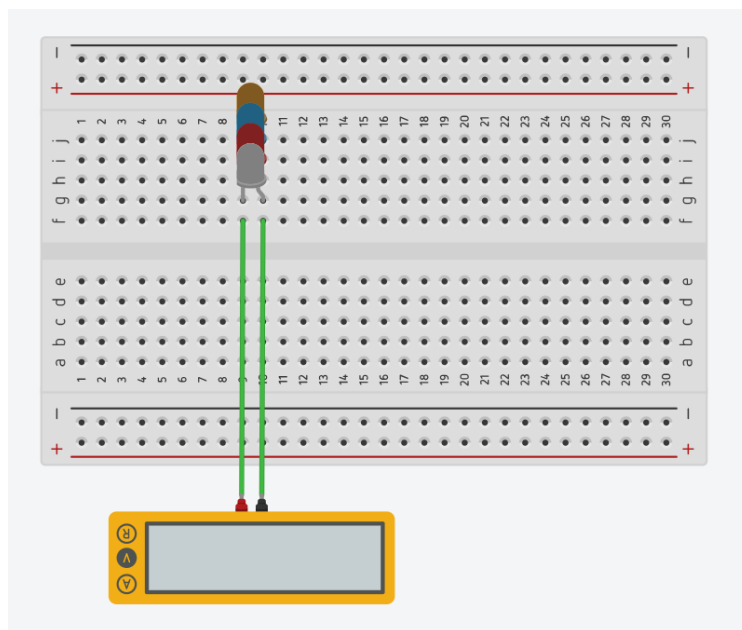


Figura 24. Exemplo de LEDs em paralelo conectados ao multímetro. Fonte: www.tinkercad.com

A Figura 24 mostra, quatro LEDs ligados em paralelo, conectados por seus terminais ao multímetro. Ao incidir luz sobre os LEDs, será possível medir uma diferença de potencial, mostrando que a luz pode ser convertida em eletricidade. Funcionamento análogo ao das placas fotovoltaicas.

Sugestão de roteiro experimental

Responda as perguntas com base nos experimentos:

1) Qual foi o procedimento adotado para acender o LED no experimento 1?

2) Para explicar o funcionamento do sensor LDR, no experimento 1, devemos adotar a luz como onda ou como partícula. Explique.

3) Quais exemplos do cotidiano você consegue citar que utilizam o mesmo mecanismo de funcionamento mostrado no experimento 1?

4) No experimento 2, qual foi o procedimento adotado para marcar diferença de potencial no multímetro?

5) Ainda no experimento 2, para explicar a marcação da diferença de potencial no multímetro devemos adotar o comportamento da luz como de onda ou partícula? Explique.

6) Como você explica a conversão da luz em eletricidade no experimento 2?

2.4. Luz como partícula e animação computacional 2: O experimento do efeito fotoelétrico na plataforma PHET

A atividade é a utilização da animação computacional da plataforma PHET denominada “Efeito fotoelétrico”. O acesso para a animação também pode ser direto pelo smartphone do aprendiz. Nessa animação computacional é possível fazer o aluno perceber que para a ocorrência do efeito fotoelétrico a intensidade não é um fator determinante, neste caso, a frequência da luz escolhida é o que definirá se o fenômeno ocorrerá. Assim, é possível introduzir o conceito de frequência de corte.

O objetivo dessa atividade é mostrar que existe uma frequência mínima para que ocorra o efeito fotoelétrico, essa frequência é chamada de frequência de corte. Note que a função trabalho é a energia mínima necessária para que ocorra o efeito fotoelétrico, ou seja, sabendo a função trabalho é possível encontrar a frequência de corte pela equação de Einstein.

A equação que determina a função trabalho é dada por:

$$\phi = hf - k \quad (3)$$

Onde:

ϕ é a função trabalho.

h é a constante de Planck.

f frequência da onda.

K é a energia cinética.

Determinando a função trabalho, usamos a equação de Einstein e determinamos a frequência de corte.

$$f_{corte} = \frac{\phi}{h} \quad (4)$$

Destaca-se que cada material terá uma frequência de corte.

Para essa atividade você poderá acessar o simulador pelo Código QR abaixo:



Figura 25. Código QR para a animação do efeito fotoelétrico. Fonte: www.canva.com

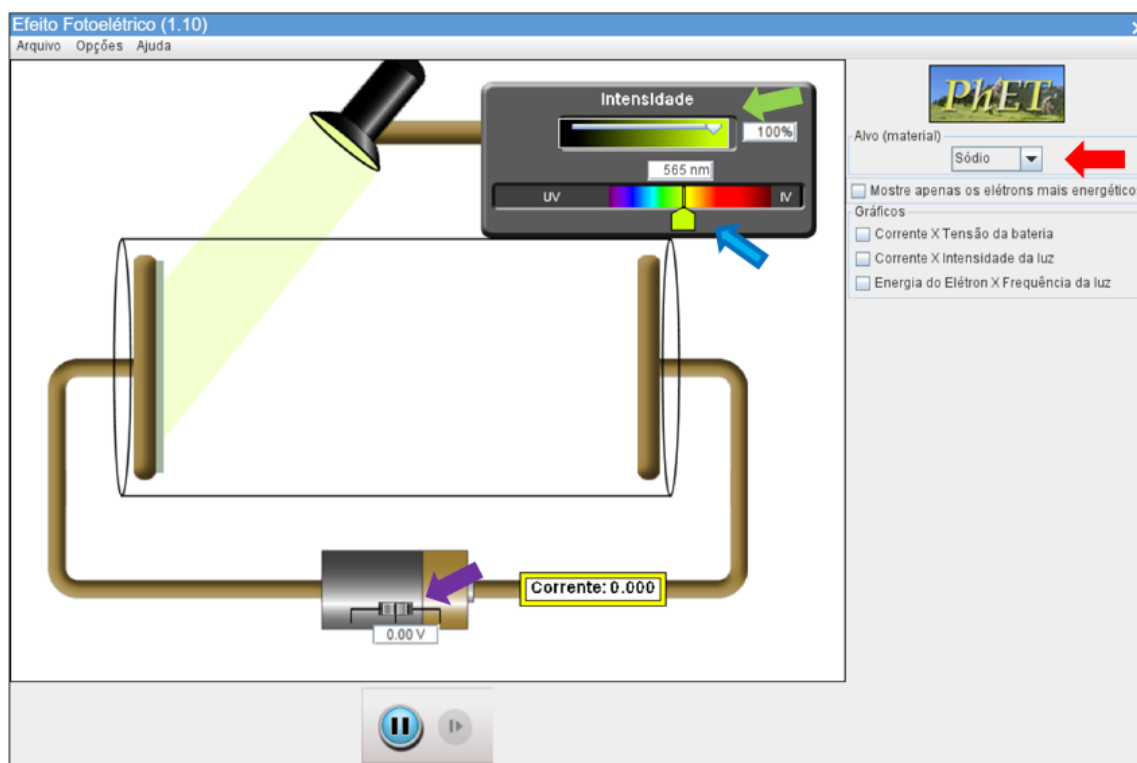


Figura 26. Interface da animação computacional do efeito fotoelétrico. Fonte:phet.colorado.edu

Na Figura 26, podemos perceber que é possível realizar a animação do efeito fotoelétrico alterando os parâmetros do tipo de material, indicado pela seta vermelha. É possível mudar a intensidade da luz, indicado na seta verde. Podemos adicionar uma diferença de potencial, indicado pela seta roxa. E controlar a frequência da radiação da luz, indicado pela seta azul. A animação possui outros recursos como adicionar os gráficos, visualizar uma representação dos “fótons” entre outros, mas os listados são os principais para essa proposta.

Sugestão de roteiro para o uso da animação:

Para a atividade experimental com a animação, vamos investigar o metal **sódio**.

Para iniciar selecione o metal sódio. Depois coloque a luz na frequência da luz vermelha e aumente a intensidade da luz para 50%.

1) Para esse primeiro experimento teve a emissão de elétrons?

Aumente a intensidade da luz para 100%.

2) Após o aumento da intensidade, ocorreu o efeito fotoelétrico?

3) O que você conclui sobre os dois testes anteriores, o efeito fotoelétrico depende da intensidade? Justifique.

Aumente a frequência da luz para a faixa do amarelo.

4) Com o aumento da frequência, ocorreu o efeito fotoelétrico?

Aumente a frequência para a faixa do azul.

5) Com o aumento da frequência, ocorreu o efeito fotoelétrico?

Vamos determinar a frequência mínima para que ocorra o efeito fotoelétrico com o sódio. Para isso vamos usar a Figura 25, que contém a tabela da frequência de corte dos metais.

Funções trabalhos de alguns metais	
Metal	ϕ (eV)
Na	2,28
Co	3,90
Al	4,08
Cu	4,70
Pb	4,14
Zn	4,31
Fe	4,50
Ag	4,73
Pt	6,35

Figura 27. Tabela para a frequência de corte de alguns metais. Fonte: Junior, Ferraro e Soares (2009).

Para converter de elétrons volts (eV) para Joule (J) devemos multiplicar por $1,6 \cdot 10^{-19}$.

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

A constante de Planck é:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

Use a equação:

$$f_{\text{corte}} = \frac{\phi}{h} \quad (5)$$

6) Qual o valor da frequência de corte para o Sódio (Na)?

Local para os cálculos.

7) Calcule o comprimento de onda de corte, para isso use a equação:

$$\lambda_{\text{corte}} = \frac{c}{f_{\text{corte}}} \quad (6)$$

Onde c é a velocidade da luz no vácuo: $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Local para os cálculos.

8) Qual conclusão você tira para o experimento do efeito fotoelétrico?

3. Sequência de ensino sugerida

3.1. Considerações iniciais

A sequência de ensino sugerida foi aplicada no contexto do Novo Ensino Médio (NEM) no estado do Amazonas. Na ocasião, a grade curricular para a disciplina em questão dispunha de apenas uma aula semanal. Portanto, é importante que o professor adeque a sequência de ensino à sua realidade.

Inicialmente, a sequência de ensino foi planejada para quatro aulas. No decorrer da aplicação, percebeu-se a necessidade de inserir uma aula extra, totalizando cinco aulas. No entanto, ainda entendemos que as atividades com os mapas conceituais poderiam ser melhor explicadas aos alunos.

Dessa forma, sugerimos que o professor que deseje utilizar a sequência de ensino na íntegra dedique, antes de aplicá-la, um pouco mais de tempo para ensinar os estudantes a construir mapas conceituais. Isso ajudará a melhorar a estrutura dos mapas e facilitará a avaliação do aprendizado. O vídeo intitulado “Como Fazer um Mapa Conceitual” do canal “Lucid Software Português”² é uma excelente opção de organizador prévio para ser assistido antes da aplicação da sequência de ensino. Durante a sequência de ensino, o professor poderá aprofundar o conhecimento e tirar dúvidas dos alunos.

3.2. Objetivo de ensino

A sequência de ensino sugerida para aplicação do produto educacional está respaldada nas competências e habilidades da BNCC.

Utilizamos a competência 2:

“Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.”

As habilidades são:

(EM13CNT201) “Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.”

(EM13CNT205) “Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.”

² [Como Fazer um Mapa Conceitual - YouTube](#)

Com base nas competências e habilidades exigidas pela BNCC o aluno deverá utilizar a linguagem científica para propor resolução de problemas do mundo real e saber diferenciar informações confiáveis de informações duvidosas utilizando sempre a criticidade ao analisar tais notícias. Além de reconhecer os limites dos modelos científicos nas resoluções e explicações dos fenômenos naturais. Será importante também que ele valorize o conhecimento historicamente construído entendendo o papel das ciências naturais na transformação da sociedade e das inovações tecnológicas. Analisar e debater situações de controvérsias científicas e entender que a partir das diferentes ideias o conhecimento científico se transforma e evolui, mostrando que a ciência é dinâmica. Interpretar textos e ideias de divulgação científica amplamente divulgados em filmes, séries, revistas etc. avaliar os riscos de atividades cotidianas, aplicando os conhecimentos das ciências da natureza para sua tomada de decisão.

É importante ressaltar que o perfil escolhido visa a formação integral do estudante onde ele deverá ter uma aprendizagem do conteúdo conceitual, procedimental e atitudinal.

Objetivo Geral de Ensino: Entender os diferentes modelos teóricos formulados historicamente sobre a natureza da luz evidenciando a construção do conhecimento científico explorando as limitações e potencialidades de cada modelo ressaltando uma visão não linear da construção da óptica.

Objetivos Específicos de Ensino:

- Compreender o modelo corpuscular da luz ressaltando aspectos históricos e conceituais fundamentais para sua construção.
- Aprender o modelo ondulatório da luz ressaltando aspectos históricos e conceituais fundamentais para a sua construção.
- Entender as limitações teóricas e conceituais que possibilitaram a construção da teoria dual da luz.
- Diferenciar os limites de atuação dos modelos da natureza da luz e sua importância para a construção da física moderna.

Sequência de ensino

A sequência didática sugerida nesse produto educacional foi testada e mostrou bons resultados. Ela foi dividida em 5 dias com 5 aulas de 48 minutos e todos os dias foram feitas atividades e avaliação.

A sequência de ensino pode ser resumida segundo o mapa mental da Figura 28.

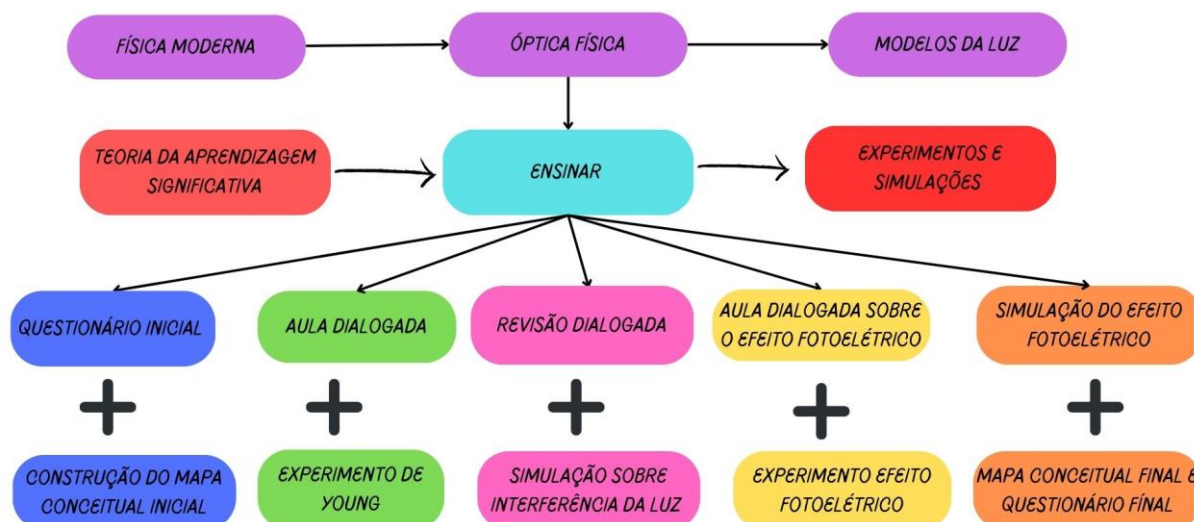


Figura 28. Fluxograma da metodologia de ensino do produto educacional. Fonte: autor.

A Figura 28 apresenta um fluxograma do esquema metodológico que foi utilizado para a aplicação do produto educacional. O tema escolhido foi a Física Moderna, com foco na óptica física, mais especificamente conceitos da luz, abordando-a tanto como onda quanto como partícula. Para ensinar esses conceitos, o trabalho se fundamentou na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e empregou as tendências de ensino da experimentação e animação computacional para o ensino de física. O fluxograma também destaca a divisão e as principais atividades realizadas para atingir o objetivo geral de ensino. A tabela 4 mostra um resumo da sequência de ensino aplicada com as turmas.

Sequência de Ensino		
Aula	Objetivos	Atividade desenvolvida
1º	<p>Aprender a construir mapas conceituais.</p> <p>Observar a presença de subunçoes nos mapas conceituais e teste inicial.</p>	<p>Apresentação da atividade (5 minutos).</p> <p>Aplicação do questionário inicial (10 minutos).</p> <p>Explicação sobre mapa conceitual e os passos básicos para a sua construção, utilizando o aplicativo de smartphone Canva (15 minutos).</p> <p>Avaliação da atividade com a elaboração de um mapa conceitual sobre a diferença entre ondas e partículas (18 minutos).</p>
2º	<p>Diferenciar características de ondas e partículas.</p> <p>Aprender o comportamento ondulatório da luz.</p> <p>Calcular o comprimento de onda da luz com o experimento de Young.</p>	<p>Aula dialogada sobre a diferença de partículas e ondas (15 minutos).</p> <p>Divisão dos grupos para a realização do experimento de Young (3 minutos).</p> <p>Realização do experimento de Young (30 minutos).</p> <p>A avaliação desta etapa foi realizada com base na participação e motivação dos alunos no desenvolvimento do experimento, bem como nas medidas de comprimento de onda feitas pelos estudantes durante a realização da atividade experimental.</p>
3º	<p>Revisar os conceitos da luz como onda.</p> <p>Calcular o comprimento de onda da luz com o experimento de Young.</p>	<p>Revisão dos conceitos aprendidos com uma aula dialogada (10 minutos).</p> <p>Divisão dos grupos para utilizar a plataforma PHET (3 minutos).</p> <p>Utilização do experimento de Young na plataforma PHET com o roteiro experimental (35 minutos).</p> <p>A avaliação desta etapa foi realizada com base na participação e motivação dos alunos no desenvolvimento da atividade simulada, bem como nas medidas de comprimento de onda feitas pelos estudantes durante a realização da animação computacional.</p>
4º	<p>Entender o fenômeno do efeito fotoelétrico.</p> <p>Aprender o conceito de fóton e suas implicações tecnológicas.</p>	<p>Explicação conceitual do efeito fotoelétrico (10 minutos).</p> <p>Divisão de grupos de 5 alunos (3 minutos).</p> <p>Experimento do efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico (35 minutos).</p> <p>Para avaliar a atividade desenvolvida foram utilizados os roteiros experimentais e as respostas de perguntas feitas no roteiro.</p>
5º	<p>Entender o conceito de frequência de corte.</p> <p>Calcular a função trabalho.</p> <p>Calcular o comprimento de onda e frequência de corte.</p>	<p>Utilização da animação computacional da plataforma PHET sobre o efeito fotoelétrico (30 minutos).</p> <p>Reflexão sobre os principais resultados obtidos na sequência de ensino. E explicação da proposta de construção de um mapa conceitual final dos assuntos estudados que foi entregue por e-mail em um prazo de 3 dias (5 minutos).</p> <p>Questionário final (13 minutos).</p>

Tabela 4. Sequência de ensino construída. Fonte: elaborado pelos autores.
Faremos um detalhamento de como aplicar esse produto educacional:

1º dia

Inicialmente, o curso deve ser apresentado aos estudantes. Explicando o número de aulas, objetivos e atividades que serão desenvolvidas (5 minutos).

Em seguida, deve-se aplicar um questionário inicial com 5 perguntas objetivas, visando coletar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos de ondas, a diferença entre ondas e partículas, e a definição atual da luz (10 minutos). Modelo de questionário inicial no Apêndice A.

Logo após, deverá ser explicado o que é um mapa conceitual e os passos básicos para a sua construção, utilizando o aplicativo de smartphone Canva ou outro de sua

preferência (15 minutos). Slide da aula sobre a construção de mapas conceituais no Canva no Apêndice C³ ou disponível no link da nota de rodapé.

Para verificar se os estudantes entenderam a construção do mapa conceitual, a avaliação da atividade deverá ser feita pedindo aos alunos que elaborem um mapa conceitual sobre a diferença entre ondas e partículas. Esse mapa conceitual inicial também será útil para coletar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema (18 minutos).

2º dia

Após a análise dos conhecimentos prévios dos estudantes deve ser proposta as atividades do segundo dia.

Aula dialogada revisando as principais diferenças de partículas e ondas (15 minutos). Essa etapa servirá como um organizador prévio. No Apêndice D⁴ ou no link do google drive há um modelo de slide de guia para a aula dialogada.

Logo após os alunos devem ser divididos em grupos para aplicação da atividade experimental (3 minutos).

Então, deverá ser promovida a primeira experimentação que consiste no experimento de Young, sobre a difração de ondas eletromagnéticas (30 minutos). Ressalta-se que a atividade deverá contar com um roteiro experimental.

A avaliação desta etapa deverá ser realizada com base na participação e motivação dos alunos no desenvolvimento do experimento, bem como nas medidas de comprimento de onda feitas pelos estudantes durante a realização da atividade experimental.

3º dia

No terceiro dia deverá ser revisado alguns conceitos aprendidos durante as atividades em uma aula dialogada (10 minutos).

Em seguida, os alunos deverão ser distribuídos em grupos para utilizarem o simulador da plataforma PHET (3 minutos).

Para reforçar as ideias aprendidas no experimento de Young os alunos, deverão utilizar a animação computacional do PHET, com um roteiro de atividade (35 minutos). É importante destacar que eles utilizarão as animações com o auxílio do smartphone e navegador de internet, não sendo necessário instalar qualquer aplicativo.

A avaliação desta etapa deverá ser realizada com base na participação e motivação dos alunos no desenvolvimento da atividade simulada, bem como nas medidas

³ https://drive.google.com/drive/folders/1zukyxxA7vU-cvX00Z5S4USRFMrg-fmef?usp=drive_link

⁴ https://drive.google.com/drive/folders/1zukyxxA7vU-cvX00Z5S4USRFMrg-fmef?usp=drive_link

de comprimento de onda feitas pelos estudantes durante a realização da animação computacional.

4º dia

Deverá ser feita uma pequena explicação conceitual do efeito fotoelétrico com auxílio do quadro e slide, ressaltando que a visão da luz como onda eletromagnética não poderia explicar o fenômeno. Exemplo de slide utilizado no Apêndice E³ (10 minutos).

Logo após, os alunos deverão ser divididos em grupos de 5 alunos e deverá ser distribuído um roteiro de aplicação da experimentação (3 minutos).

O mediador da atividade deverá mostrar o fenômeno do efeito fotoelétrico e efeito fotovoltaico com auxílio de dois experimentos. O primeiro utilizava a placa Arduino UNO, protoboard, lâmpada LED, resistências, fios condutores e LDR. O segundo experimento utilizou apenas a protoboard, multímetro e lâmpadas LEDs (35 minutos).

Para avaliar a atividade desenvolvida deverão ser utilizados os roteiros experimentais e as respostas das perguntas feitas no roteiro.

5º dia

1) Para reforçar as ideias aprendidas no experimento do efeito fotoelétrico, os alunos deverão utilizar as animações computacional do PHET, sobre o efeito fotoelétrico, com um roteiro de atividade (30 minutos). É importante destacar que eles utilizarão as simulações com o auxílio do smartphone e navegador de internet, não sendo necessário instalar qualquer aplicativo.

2) Para finalizar a sequência de ensino, o mediador deverá fazer uma reflexão sobre os resultados obtidos nos experimentos e animações e pedir que os grupos de estudantes construam um novo mapa conceitual com o tema “luz”, destacando o comportamento ondulatório e de partícula da luz (5 minutos). O mapa final feito pelos estudantes poderá ser entregue por e-mail em um prazo de 3 dias. O grupo responsável pela construção do mapa conceitual poderá ser o mesmo que participou da atividade de animação do efeito fotoelétrico no PHET.

3) Para avaliação dos assuntos aprendidos poderá ser passado um questionário final com 5 questões com novas situações, uma vez que para a verificação de resquícios de aprendizagem significativa para a teoria é necessário os estudantes sejam confrontados com novas situações. Apêndice B (13 minutos).

Considerações finais

Acreditamos que, com a aplicação do produto educacional sugerido, será possível proporcionar ao estudante uma experiência de aprendizado da luz que vai além da ótica geométrica, onde poderá ser abordado experimentos históricos por meio de práticas e animações, enriquecendo os conhecimentos prévios dos alunos com conceitos mais modernos sobre a óptica.

É importante destacar que o produto educacional foi aplicado a uma realidade específica. Portanto, é fundamental deixar claro que o educador poderá adaptá-lo para o seu contexto e público-alvo.

Sua elaboração é fruto de uma pesquisa bibliográfica que aponta que o uso de tendências de ensino como a experimentação e as animações computacionais associadas a uma teoria de aprendizagem, como a da aprendizagem significativa, facilita o processo de ensino-aprendizagem da óptica física.

Assim esperamos que o produto educacional proposto possa ser útil para inserir conceitos da física moderna e contemporânea na educação básica no contexto do novo ensino médio. Tornando as aulas de física mais motivadoras e atrativas para os aprendizes e mestres.

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física. Vol. I.** Grupo Gen-LTC, 2016.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual-12.** Bookman Editora, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e aprendizagem significativa.** São Paulo: Livraria da Física, 2017. 201 p.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e diagramas V. **Porto Alegre: Ed. do Autor**, 2006.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, digramas V e Unidades de ensino potencialmente significativas**, p. 41, 2012.

TIPLER, Paul A. Física Moderna 5. ed. LTC, Rio de Janeiro, 2011. 800 p. ISBN 978-85-216-1885-6.

YOUNG, Hugh D.; LEWIS FORD, A.; FREEDMAN, Roger A. **Física universitária. Volumen 4.** México: Pearson Educación., 2009.

Apêndices do produto educacional

Apêndice A. Questionário Inicial.

- 1) Como podemos definir uma onda?
 - a) É uma quantidade de matéria que possui posição e energia bem definidos.
 - b) É uma perturbação em um meio que transporta energia, mas não transporta matéria.**
 - c) É uma perturbação em um meio material que transporta matéria, mas não transporta energia.
 - d) É uma quantidade de matéria que não possui posição nem energia bem definido.

- 2) Como podemos definir de maneira padrão uma partícula?
 - a) É uma quantidade de matéria que possui posição e energia bem definidos.**
 - b) É uma perturbação em um meio que transporta energia, mas não transporta matéria.
 - c) É uma perturbação em um meio material que transporta matéria, mas não transporta energia.
 - d) É uma quantidade de matéria que não possui posição nem energia bem definido.

- 3) Em qual situação do cotidiano temos a presença de um fenômeno físico exclusivo de ondas?
 - a) Uma pessoa sendo empurrada pela onda do mar.
 - b) Uma pessoa conseguindo escutar uma conversa do outro lado de um muro.**
 - c) Uma pessoa observando seu reflexo na água de um lago.
 - d) Uma pessoa brincando com colisões de bolas de gude.

- 4) Em qual situação do cotidiano temos a presença de um fenômeno físico que é melhor explicado pelo modelo de partículas?
 - a) Uma onda do mar passando pela pessoa e não mudando sua posição.
 - b) Uma pessoa conseguindo observar seu reflexo em um espelho.
 - c) Um jogador de futebol chutando uma bola.**
 - d) Uma pessoa fazendo uma ligação com seu celular.

- 5) Segundo a perspectiva da física moderna, como podemos definir a luz?
 - a) A luz é uma onda eletromagnética cuja frequência é visível a olho nu, porém possui uma interpretação corpuscular que afirma que a luz é formada por partículas sem massa dotadas de movimento linear chamadas de fótons.**
 - b) A luz é exclusivamente uma onda eletromagnética cuja frequência é visível a olho nu, essa ideia foi comprovada com o experimento de Young e não abre margem para outras interpretações.
 - c) A luz é um conjunto de raios de luz que se propagam em linha reta, que pode explicar fenômenos como os da reflexão da luz em um espelho e a refração da luz em lentes.
 - d) A luz só pode ser entendida como pequenas partículas sem massa dotadas de movimento linear, chamados de fótons, essa teoria é capaz de explicar todos os fenômenos ópticos.

Apêndice B. Questionário Final

- 1) Segundo a perspectiva da física moderna, como podemos definir a luz?
 - a) A luz é exclusivamente uma onda eletromagnética cuja frequência é visível a olho nu, essa ideia foi comprovada com o experimento de Young e não abre margem para outras interpretações.
 - b) A luz é um conjunto de raios de luz que se propagam em linha reta, que pode explicar fenômenos como os da reflexão da luz em um espelho e a refração da luz em lentes.
 - c) A luz só pode ser entendida como pequenas partículas sem massa dotadas de movimento linear, chamados de fótons, essa teoria é capaz de explicar todos os fenômenos ópticos.
 - d) **A luz é uma onda eletromagnética cuja frequência é visível a olho nu, porém possui uma interpretação corpuscular que afirma que a luz é formada por partículas sem massa dotadas de movimento linear chamadas de fótons.**

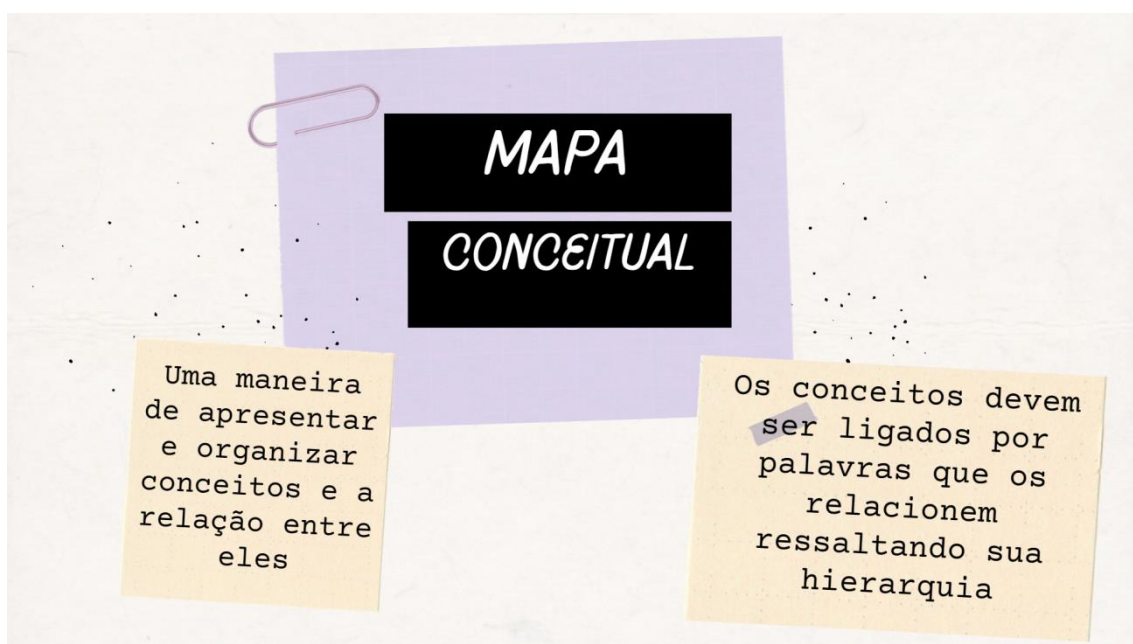
- 2) O experimento do efeito **fotoelétrico** pode ser explicado:
 - a) Com luz se comportando como uma onda eletromagnética arrancando elétrons de uma placa metálica.
 - b) **Com a luz se comportando como um fóton, partícula de luz, arrancando elétrons de uma placa metálica.**
 - c) Com a luz se comportando como um raio de luz, se propagando em linha reta.
 - d) Com a luz se comportando como onda mecânica, arrancando elétrons de uma placa metálica.

- 3) O experimento de Young, que consiste na luz passando por uma fenda dupla, pode ser explicado:
 - a) Com a luz se comportando como uma partícula, sofrendo os fenômenos da difração e interferência.
 - b) **Com a luz se comportando como onda, sofrendo os fenômenos da difração e interferência.**
 - c) Com a luz se comportando como partícula, com a luz sofrendo os fenômenos da reflexão e refração.
 - d) Com a luz se comportando como uma onda, com a luz sofrendo os fenômenos da reflexão e refração.

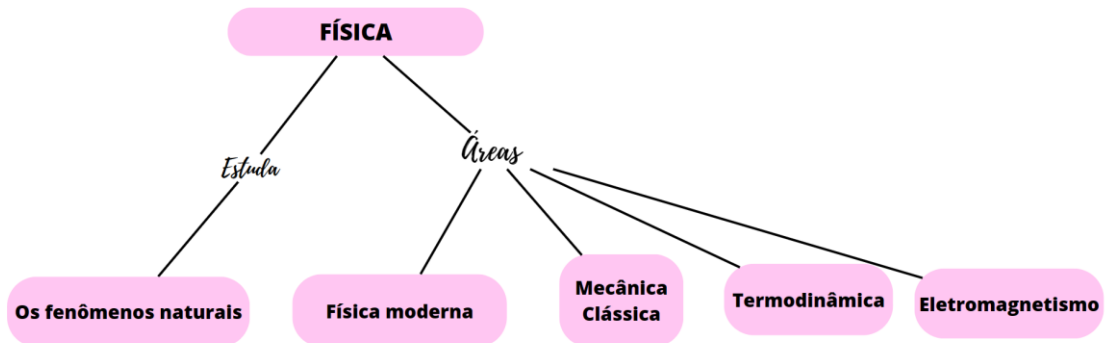
- 4) O funcionamento básico de uma placa solar consiste:
 - a) **Os fótons, partículas de luz, colidem com os átomos do material semicondutor da placa solar, ocasionando o deslocamento dos elétrons.**
 - b) As ondas eletromagnéticas de diferentes frequências colidirem com a estrutura semicondutora da placa solar, arrancando elétrons.
 - c) Os fótons, ondas eletromagnéticas de alta frequência, colidem com a estrutura do material semicondutor das placas, arrancando os elétrons.
 - d) As ondas eletromagnéticas de alta frequência colidirem com o material semicondutor da placa, movimentando os prótons.

- 5) No experimento do efeito fotoelétrico como podemos definir a frequência de corte?
 - a) A frequência máxima que a luz deve ter para que ocorra o efeito fotoelétrico.
 - b) Qualquer frequência do espectro visível.
 - c) **A frequência mínima que a luz deve ter para que ocorra o efeito fotoelétrico.**
 - d) A energia necessária para arrancar um elétron de uma placa metálica.

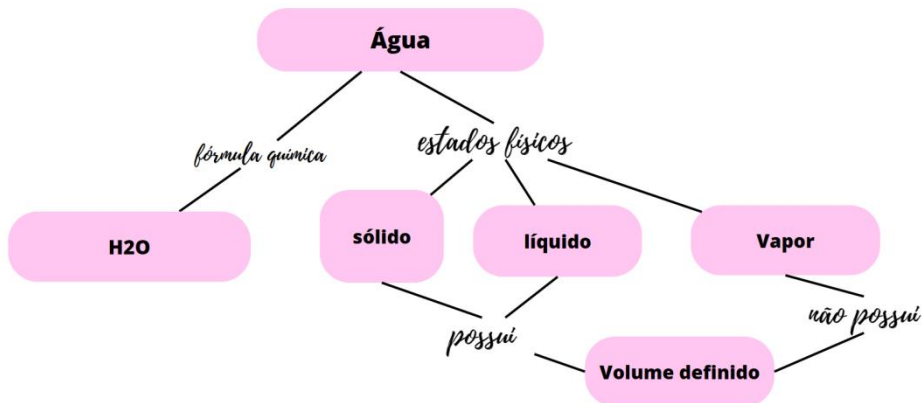
Apêndice C. Slide para a construção do mapa conceitual.



EXEMPLO DE MAPA CONCEITUAL.



EXEMPLO DE MAPA CONCEITUAL.




INSTALANDO O APLICATIVO CANVA


CONSTRUÇÃO DE MAPAS CONCEITUAIS COM O APLICATIVO CANVA





MONTANDO MEU MAPA CONCEITUAL COM O CANVA.


- 1** Selecione o ícone "elementos" e escolha uma forma de sua preferência.


- 2** Escreva o conceito na forma escolhida.


- 3** Selecione o ícone "elementos" e escolha uma linha para ligar os conceitos.


- 4** selecione o ícone "texto" e adicione uma caixa de texto.


- 5** Escreva a palavra que liga os conceitos na caixa de texto.



REFERÊNCIAS

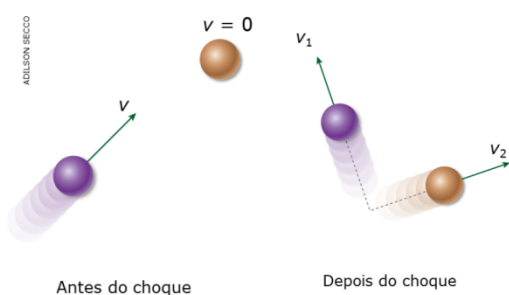
MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e aprendizagem significativa**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017. 201 p. v. 1. ISBN 9788578613112.

MOREIRA, Marco Antônio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** 2010. Instituto de Física–UFRGS. Disponível em: Acesso em, v. 2, 2019.

Apêndice D: Modelo de slide para aula dialogado diferença de ondas e partículas.



MODELO DE PARTÍCULAS



- 1 MASSA E FORMA BEM DEFINIDA
- 2 POSSUI POSIÇÃO DEFINIDA
- 3 TRANSMITE ENERGIA NAS COLISÕES

MODELO DE PARTÍCULAS



imagem 01. Colisão bolas de sinuca.



imagem 02. Chute em uma bola.

MODELO DE ONDAS



imagem 3. Ondas na água.



imagem 4. difração do som

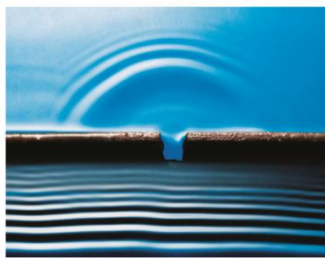


imagem 5. difração na água

- 1 SE ESPALHA NO ESPAÇO.
- 2 TRANSPORTA ENERGIA MAS NÃO TRANSPORTA MATÉRIA.
- 3 CONTORNAM UM OBSTÁCULO (SOFREM DIFRAÇÃO).
- 4 SOFREM INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA OU CONSTRUTIVA.

MODELO D ONDAS

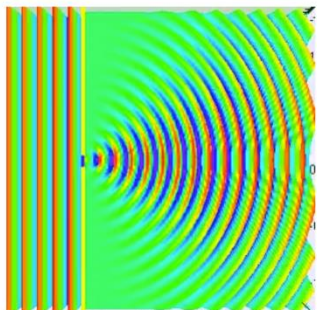


imagem 6. fenômeno da difração.

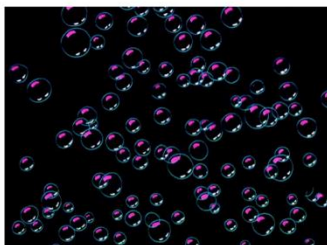


imagem 7. Bolhas de sabão

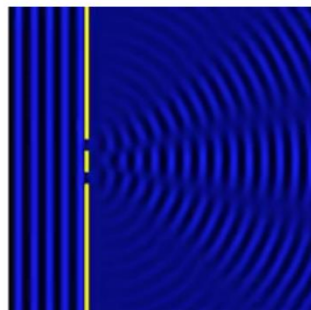


imagem 8. interferência na fenda dupla

REFERÊNCIAS

- Forato, Thaís C. de M. Um pouco sobre a luz na Antigüidade Grega.
CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos. Elsevier, 2006.

Apêndice E: Slide da aula dialogada sobre o efeito fotoelétrico.



EQUAÇÃO DE EINSTEIN

$$\phi = hf - K$$

- ϕ é a função trabalho.
 - h é a constante de Planck.
 - f frequência da onda.
 - K é a energia cinética.
-

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOELÉTRICO

- *TELEVISÕES DE LCD E PLASMA*
- *ILUMINAÇÕES URBANAS*
- *SISTEMAS DE ALARMES*
- *PORTAS AUTOMÁTICAS*
- *APARELHOS DE CONTROLE DOS METRÔS*

APLICAÇÕES DO EFEITO FOTOVOLTAICO

- *PLACAS SOLARES*

REFERÊNCIAS

Forato, Thaís C. de M. Um pouco sobre a luz na Antigüidade Grega.
CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. Física Moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos. Elsevier, 2006.