

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ELIANE KOVALEK SCHEIFER

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA NATUREZA DUAL DA LUZ

CAMPO MOURÃO

2022

ELIANE KOVALEK SCHEIFER

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA NATUREZA DUAL DA LUZ

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32 (MNPEF) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Oscar Rodrigues dos Santos.

Coorientadora: Dr^a. Débora Ferreira da Silva

CAMPO MOURÃO

2022



[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.

APRESENTAÇÃO

Caro Professor,

A luz é um ente presente em nossa vida desde nosso primeiro instante de vida, fazendo com que todos formem concepções intuitivas sobre o que é a luz, é importante uma discussão apropriada sobre as perspectivas científicas e as implicações das mesmas no cotidiano do aluno, uma vez que o ensino de Física deve formar o cidadão para que o mesmo compreenda os fenômenos do universo que o cerca e o desenvolvimento dos conhecimentos científicos bem como sua não-neutralidade.

A compreensão do comportamento dual da luz é um marco para a Física Moderna, e pensamos que seja possível realizar uma abordagem mais envolvente ao ensinar sobre a luz aos alunos da segunda série do Ensino Médio.

Apresentamos aqui, uma proposta didática para o ensino da natureza dual da luz, o roteiro a seguir conta com textos que vão auxiliar o aluno a ativar seus conhecimentos prévios sobre a natureza da luz, a produção e aplicação de dois experimentos feitos com materiais de baixo custo, o primeiro com o objetivo de demonstrar o comportamento ondulatório da luz, lembrando o experimento da dupla fenda realizado por Young, e o segundo com a finalidade de simular o comportamento corpuscular da luz constatado no efeito fotoelétrico, dando destaque à situação que ocorre com a iluminação pública, ao acender e apagar as luzes sem interferência humana. Essas atividades experimentais serão propostas com a intenção de tornar os conhecimentos apresentados mais concretos, possibilitando ao aluno compreender as conclusões obtidas por físicos e seus impactos na sociedade, percebendo que os fenômenos estudados estão presentes no seu cotidiano.

A proposta contempla ainda, o link de acesso a um vídeo, intitulado “O Julgamento da Luz”, em que os personagens são os principais filósofos e físicos que contribuíram para os estudos sobre a natureza da luz ao longo dos anos. No roteiro desse julgamento os personagens descrevem seus pensamentos e sua compreensão acerca do que é a luz. A proposta do vídeo a ser exibido aos alunos tem a intenção de atrair a atenção dos mesmos para a história da ciência, mostrando que todo conhecimento científico é solidificado a partir de hipóteses e comprovações, que mesmo as teorias já refutadas são de grande importância para a construção do conhecimento e devem ser apreciadas e valorizadas, não como anedotas, mas sim como importante passo para a construção do conhecimento.

A elaboração das atividades foi pautada na Aprendizagem Significativa, que possui termos e concepções que serão explicitados módulo a módulo dentro do roteiro, auxiliando o professor a compreender a estratégia metodológica utilizada. A presente proposta foi organizada estimando uma duração de seis aulas, mas naturalmente, cada professor deve fazer as adequações que julgar necessárias para a utilização da mesma.

Organização da Proposta Didática

MÓDULO 1	IDENTIFICANDO OS SUBSUÇORES	✓ Mapa conceitual e questões sobre a luz, para identificar os conhecimentos prévios presentes na estrutura de conhecimentos dos alunos.
MÓDULO 2	ORGANIZADOR PRÉVIO DO TIPO COMPARATIVO - I	✓ Leitura e discussão do texto “A carta e o e mail” em que é feita uma analogia com partícula e onda respectivamente, com objetivo de estabelecer uma “âncora” para o novo conhecimento. Nessa aula o professor deve relembrar principais características e comportamento de ondas e partículas.
MÓDULO 3	ORGANIZADOR PRÉVIO DO TIPO COMPARATIVO - II	✓ Leitura e discussão dos textos “Arco-íris” e “Periscópio”, o primeiro aborda a formação do arco-íris e o segundo fala sobre o instrumento óptico denominado periscópio. A intenção de se explorar esses textos é levar o aluno a perceber que ambos são possíveis devido a presença de luz. Espera-se que o aluno já conheça o fenômeno do arco-íris e já tenha visto em filmes ou outros recursos, o periscópio, assim são objetos de estudo familiares ao aluno, possibilitando a integração e discriminação de novas informações e conceitos.
MÓDULO 4	MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO - I	✓ Experimento 1: Dupla fenda. ✓ Experimento 2: Simulando a iluminação pública. ✓ Explicação sobre a difração da luz e sobre o Efeito fotoelétrico.
MÓDULO 5	MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO - II	✓ Apreciação do vídeo “O julgamento da luz”. ✓ Socialização oral sobre o vídeo. ✓ Questões para verificar a compreensão dos alunos sobre o exposto no vídeo
MÓDULO 6	AVALIAÇÃO	✓ Elaboração de mapa conceitual individual pelos alunos.

Fonte: Autoria própria (2021)

MÓDULO 1

IDENTIFICANDO OS SUBSUNÇORES

OBJETIVOS

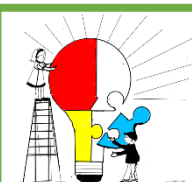
- ✓ Utilizar mapa conceitual para identificar os subsunçores presentes na estrutura de conhecimentos dos alunos.
- ✓ Aplicar questionário introdutório para diagnosticar conhecimentos prévios.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Solicitar aos alunos a realização individual de um mapa conceitual sobre a **LUZ**. Disponibilizar o tempo necessário para que realizem a atividade, e na sequência, pedir que respondam o questionário introdutório.

AVALIAÇÃO

Com essa atividade é possível verificar qual a compreensão que os alunos têm sobre a luz, todos devem ter algum conceito que lhe seja significativo sobre a luz, uma vez que é um ente presente no dia a dia de todos. O professor deve analisar os mapas traçados pelos alunos, solicitando que os mesmos descrevam os significados das relações entre os conceitos, quando julgar necessário, e por meio do questionário será possível, observar o que o aluno sabe sobre: luz, partículas, ondas e fótons.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

SUBSUNÇOR

O subsunçor é o conhecimento base, necessário para que o aluno consiga compreender um novo conteúdo, é importante que o professor saiba quais subsunçores são essenciais para que ocorra o conhecimento que está propondo e verifique em qual grau eles estão presentes na estrutura cognitiva do aluno.

“Subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos” (MOREIRA, 2011, p. 28).

“... o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1968, 1978, 1980, 2000 apud MOREIRA, 2019, p. 171).

MAPA CONCEITUAL

O mapa conceitual é um diagrama que propõe relações entre conceitos ou palavras que representam um conceito, e de uma forma muito simples consegue contemplar as principais informações sobre determinado assunto/conteúdo, sendo traçado de forma a relacionar significados utilizando linhas ou setas, com uma ou duas palavras-chave escrita(s) sobre a linha ou seta, tornando clara, a relação entre os conceitos/palavras.

“O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino” (MOREIRA, 2011, p. 126-127).

MÓDULO 1

MATERIAL PARA O PROFESSOR

Como elaborar um mapa conceitual

1- Identifique o conceito-chave do conteúdo que vai mapear. Coloque-o em uma forma na parte superior do mapa.

2 - Faça uma lista de conceitos relacionados ao tópico principal. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.

3 - Vá adicionando ao mapa os conceitos da lista, os mais gerais ficam no topo do mapa. Adicione os conceitos de forma gradual até completá-lo.

4 - Conecte os conceitos com setas ou com linhas e preposições, mostrando o sentido da relação. No entanto, o uso de muitas setas acaba por transformar o mapa conceitual em um diagrama de fluxo.

5 - Nem toda ligação precisa ser de cima para baixo, você pode criar conexões cruzadas, com setas ou linhas em todas as direções.

6 - Sobre as setas ou linhas utilize uma palavra, de preferência um verbo, que conecte os termos e forme uma frase simples, para que seja possível realizar a leitura do mapa de cima para baixo.

7 - Não se preocupe com “começo, meio e fim”, o mapa conceitual é estrutural, não sequencial. O mapa deve refletir a estrutura conceitual hierárquica do que está mapeado.

Texto retirado de: MAGRON, p. 137, 2021.

MÓDULO 1
MATERIAL PARA O ALUNO

QUESTÕES INICIAIS

Aluno/Aluna: _____

1. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é uma partícula?

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

2. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é uma onda?

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

3. Descreva, de acordo com seu conhecimento, o que é a luz?

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

4. Você já ouviu falar de fóton? Comente

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

MÓDULO 2

ORGANIZADOR PRÉVIO DO TIPO COMPARATIVO -I

OBJETIVOS

- ✓ Apresentar organizadores prévios, para o ensino da natureza corpuscular e a natureza ondulatória da luz.
- ✓ Realizar uma revisão, conceituando e definindo, partículas e ondas eletromagnéticas.
- ✓ Reforçar a compreensão sobre o comportamento das partículas e das ondas.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Para que o aluno aprenda sobre a natureza dual da Luz, que, comporta-se como **partícula** ao interagir com a matéria e como **onda** ao se propagar, indicamos dois subsunçores;

1- Conhecimento sobre partículas.

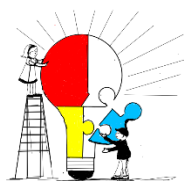
2- Conhecimento sobre ondas.

Como organizador prévio, é proposto o texto a seguir que apresenta um diálogo entre a carta e o e-mail, fazendo uma analogia com partícula e onda respectivamente.

O professor deve encaminhar a leitura e discutir com os alunos as principais características de partícula e onda. Nesse momento o professor pode fazer uma breve revisão sobre difração e interferência de ondas.

AVALIAÇÃO

Solicitar que, os alunos respondam as questões propostas e analisar a compreensão que apresentam sobre características e comportamento de partícula e onda.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

ORGANIZADOR PRÉVIO

O Organizador prévio é uma estratégia didática utilizada para facilitar a aprendizagem significativa.

Trata-se de um material utilizado para a introdução, sendo apresentado antes do material do novo conteúdo em si.

De acordo com Moreira (2011, p. 120), “Podem ser um enunciado, um parágrafo, uma pergunta, uma demonstração, um filme, uma simulação[...]. Não é a forma que importa, mas sim a função dessa estratégia instrucional chamada organizador prévio”.

“Muitas vezes, o aluno tem conhecimentos prévios adequados, mas não percebe a relacionabilidade e a discriminabilidade entre esses conhecimentos e os novos que lhe estão sendo apresentados nas aulas e nos materiais educativos” (MOREIRA, 2011, p. 46).

ORGANIZADOR PRÉVIO DO TIPO COMPARATIVO

Um material que contemple o conhecimento prévio, necessário para uma aprendizagem significativa do conteúdo a ser ensinado, atuando como um ancoradouro provisório para a nova aprendizagem ou estabelecendo uma relação entre o que o aprendiz já sabe e o novo conceito a ser ensinado.

“No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2011, p. 106).

MÓDULO 2

MATERIAL PARA O ALUNO

A CARTA E O E-MAIL

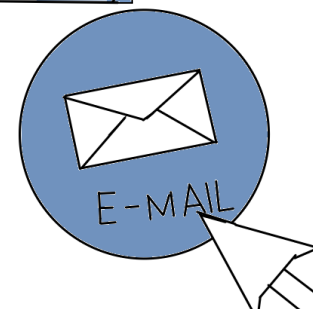
Em uma conversa a carta disse ao e-mail:

- Eu sou utilizada para transmitir informação, por exemplo, quando alguém quer contar algo que aconteceu a um amigo que mora distante.



O e-mail disse:

- Também faço essa função cara amiga carta, porém, você é um objeto material que possui massa, inclusive para lhe enviar pelos Correios é necessário verificar sua massa em gramas para pagar o envio, logo a sua informação é transmitida pelo espaço através da matéria e assim é enviada de um ponto a outro. Enquanto eu transmito a informação pelo espaço sem que massa alguma a carregue, não há transporte de matéria.



Fonte: Autoria própria

Ao ouvir atentamente o que o amigo e-mail dizia, a carta fez uma analogia:

- Olha só que interessante, então eu sou como uma partícula que carrega energia, uma partícula é “algo material” que possui certa quantidade de massa bem localizada, concentrada, como se fosse uma bolinha. Ela tem posição bem definida e podemos medir sua velocidade. Assim com o passar do tempo podemos conhecer sua trajetória, essas são as características mais importantes de uma partícula. Claro que não devemos imaginar a partícula com o formato exato de uma bolinha, não é a forma que importa, mas sim saber como as partículas se comportam. Assim, essa porção bem localizada de matéria se desloca de um ponto a outro do espaço carregando energia e informação e interagindo com a matéria como se fosse um objeto qualquer. O e-mail ficou empolgado com a comparação feita pela carta e como um bom conhecedor de física também fez uma analogia para si.

- Nossa!!! Então eu sou como a onda! O transporte da minha informação é como a energia transportada em uma onda de um ponto a outro no espaço, fazendo isso sem transportar a matéria. Mas a energia se desloca mesmo assim, a onda se espalha no espaço, sem se localizar em um ponto bem definido, carrega a informação por onde passa, e esse transporte acontece sem levar consigo nenhum objeto material, uma onda não transporta matéria.

Texto adaptado de: Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP- Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula. Disponível em: <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Blocoll-Particula-e-onda.pdf>

MÓDULO 2

MATERIAL PARA O PROFESSOR

Na Física Clássica, os conceitos de onda e de partícula, são muito bem definidos:

ONDA: Perturbação que se propagam no espaço transportando energia, sem o transporte de matéria.

PARTÍCULA: Ente que possui massa com velocidade e posição definidos.

Ondas e partículas são facilmente diferenciadas; uma única onda pode atingir diferentes pontos em um mesmo instante, e apresentam fenômenos particulares como difração e interferência, enquanto as partículas tendo suas posições definidas, têm comportamento que muitas vezes é comparado a uma bola de bilhar.

Diferença entre onda e partícula

PARTÍCULAS

- ✓ ocupam uma posição no espaço,
- ✓ são dotadas de massa,
- ✓ têm forma definida,
- ✓ são bem localizadas, isto é, pode-se determinar facilmente sua posição.

ONDAS

- ✓ são perturbações no espaço,
- ✓ não têm posição definida,
- ✓ não têm massa,
- ✓ são fenômenos que transportam energia,
- ✓ estão sujeitas aos fenômenos de reflexão, refração, difração, interferência etc.

Apesar de serem coisas totalmente diferentes, do ponto de vista da física, **toda partícula tem uma onda a ela associada e vice-versa**. A forma como a matéria se expressa, seja em forma de onda, seja em forma de partícula, está relacionada à forma como ela é observada.

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-natureza-dual-luz.htm>

DIFRAÇÃO

Fenômeno ondulatório que ocorre quando uma onda contorna ou desvia um obstáculo.

MÓDULO 2
MATERIAL PARA O ALUNO

Aluno/Aluna: _____

DISCUTINDO O TEXTO

Escreva quais são as principais diferenças que existem entre as ondas e as partículas.

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

Isaac Newton



Fonte: A autoria própria (2021)

Vimos que a carta pode ser representada por uma partícula e o e-mail por uma onda. Descreva outras situações que possam ser representadas por:

partículas
.....
.....
.....
ondas
.....
.....
.....

Christian Huygens



Fonte: A autoria própria

MÓDULO 3

ORGANIZADOR PRÉVIO DO TIPO COMPARATIVO -II

OBJETIVOS

- ✓ Apresentar outro organizador prévio, para o ensino da natureza corpuscular e a natureza ondulatória da luz.
- ✓ Levar o aluno a observar que, tanto no fenômeno do arco íris como no funcionamento do periscópio há a presença da luz, comportando-se de diferentes formas.

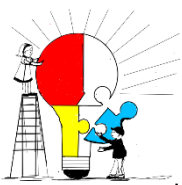
ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Após a leitura dos textos Arco-íris e Periscópio, o professor deve discutir a leitura com os alunos e solicitar que respondam as questões.

O professor pode falar um pouco mais sobre a formação do arco-íris explicando que a dispersão da luz ocorre devido a velocidade de propagação correspondente a cada cor, que sofre mudança na velocidade ao mudar de meio. E sobre o periscópio, pode aprofundar falando da reflexão da luz que age como bolinhas ao interagir com a matéria. Mas ainda sem deixar claro a dualidade da luz. Podendo retomar esses textos após a conceituação da dualidade.

AVALIAÇÃO

Propor questões aos alunos para verificar se eles conseguem perceber o comportamento ondulatório e corpuscular da luz no fenômeno do arco-íris e na funcionalidade do periscópio.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Significativa é oposta a aprendizagem mecânica, em que o aluno apenas memoriza conceitos e fórmulas, mas na verdade esse novo “conhecimento” não se integra com o que já havia na sua estrutura cognitiva, logo, é arbitrário e acaba sendo deixado de lado, esquecido.

“Assim, a *aprendizagem significativa* ocorre quando novos conceitos, ideias, proposições interagem com outros conhecimentos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade” (MOREIRA, 2011, p. 104).

Os Organizadores prévios, precisam ser pensados de forma que sejam capazes de ativar informações que o aluno já tenha sobre o novo conteúdo, em nível mais inferior ao que se deseja chegar, ou que sejam subsunçores para essa nova informação.

“Os *organizadores prévios* podem tanto fornecer “ideias-âncora” relevantes para a *aprendizagem significativa* do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, ou seja, para explicitar a relacionabilidade entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz já tem, mas não percebe que são relacionáveis aos novos” (MOREIRA, 2011, p. 105).

MÓDULO 3

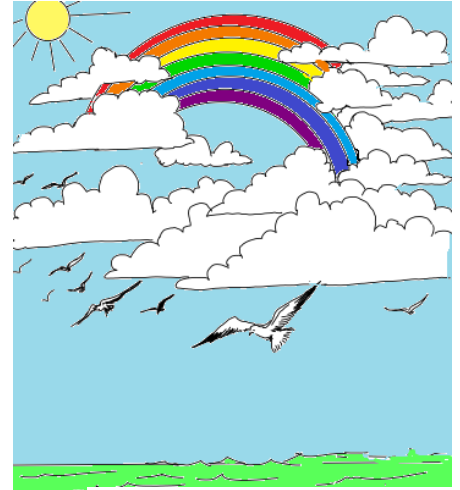
MATERIAL PARA O ALUNO

“Você nunca achará o arco-íris, se você estiver olhando para baixo.”

Charles Chaplin

ARCO-ÍRIS

Chuva e Sol, uma combinação perfeita, logo vem aquela imagem que todos conhecem, o arco-íris. Basta vir aquele solzinho depois de uma chuva e está formado o fenômeno físico, há quem acredite ser místico, lá no fim do arco-íris você encontrará um pote de ouro, entre outras crenças, o espetáculo é tão maravilhoso que é normal que os sonhadores atribuam poderes mágicos. Mas a física já explicou; trata-se da dispersão da luz branca emitida pelo Sol, que ao atravessar as gotículas de água da chuva, é refratada e refletida e se decompõem em sete cores. A dispersão é um fenômeno da óptica que separa a luz branca nas diferentes cores que a compõe.

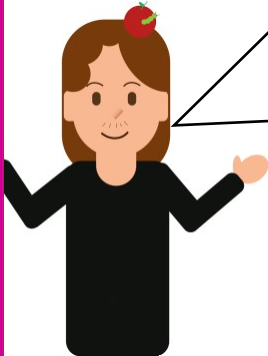


Fonte: Autoria própria (2021)

Você já observou que quando você vê o arco-íris o Sol está atrás de você?

Isso mesmo, para que o observador veja esse fenômeno deve estar entre o sol e as gotas de chuva, assim a luz do Sol vai mudar de meio de propagação que é o ar e propagar-se na água (gotas de chuva), isso é a refração, depois a luz retorna para os olhos do observador, é a reflexão.

Isaac Newton



Você sabia?

Foi durante uma pandemia que Isaac Newton descobriu como se forma o arco-íris. Nos anos de 1665 e 1666, ocorreu a grande peste bubônica, fazendo com que as pessoas se mantivessem isoladas, e para Newton 1666 tornou-se o “ano miraculoso” pois desenvolveu várias pesquisas que contribuíram com a física e a matemática.

Um de seus experimentos foi a decomposição da luz branca em um prisma triangular, ele colocou o prisma de vidro em frente a um pequeno orifício na parede de seu quarto deixando um raio de luz solar incidir no objeto e assim observou as cores do arco-íris. Em 1672, Newton publicou um trabalho sobre as cores dos corpos.

Fonte: Autoria própria (2021)



Fonte: Autoria própria (2021)

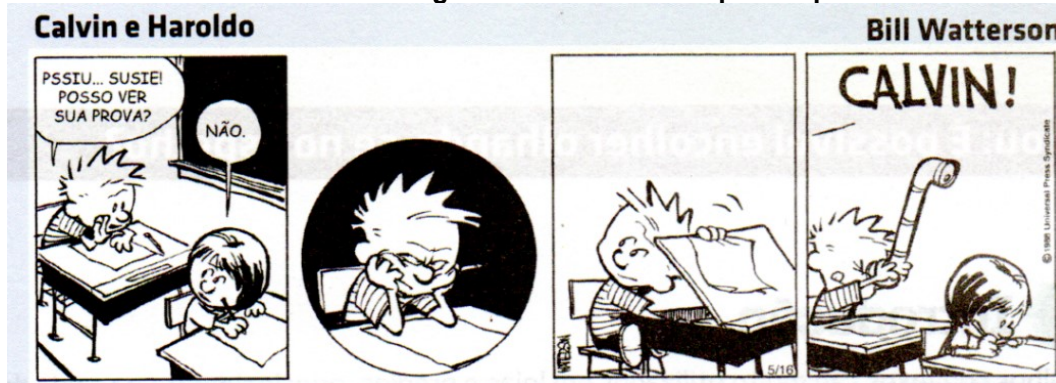
MÓDULO 3

MATERIAL PARA O ALUNO

A palavra periscópio vem do grego periskopein, que significa “ver em volta”.

PERISCÓPIO

Figura 1 – Tirinha sobre periscópio



Fonte: Sant'Anna et al. (2013, p. 175)¹

Calvin quer ver a prova de Susie, você acha que ele teve êxito em ler a prova da colega?

É possível ver algo que esteja fora do campo visual do observador?

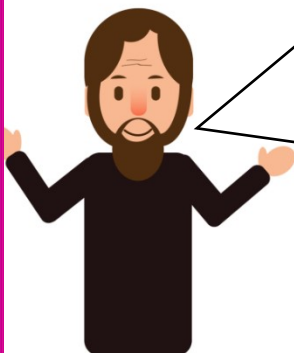
A resposta é sim. Basta usar um periscópio; um instrumento óptico que utiliza dois espelhos planos que ficam a uma certa distância um do outro e paralelos entre si, e devem estar com uma inclinação de 45° para que a imagem fique perfeita.

Você sabia?

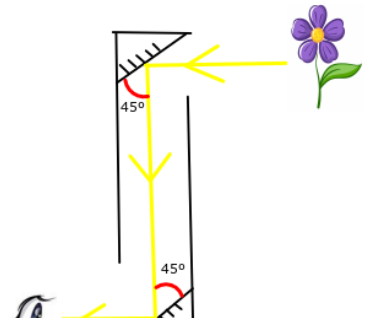
O periscópio foi planejado pelo russo Drzewiecki, mas quem construiu o primeiro modelo, foi o Italiano Ângelo Salmoirghi, em 1894. E no ano de 1902, durante a guerra, o cientista Simon Lake atribuiu a primeira função a este instrumento, foi utilizado em tanques de guerra para visualizar o inimigo do lado de fora e em trincheiras.

Ao passar do tempo ele foi evoluindo, adaptando lentes mais potentes, para que se pudesse ver objetos mais distantes e passou

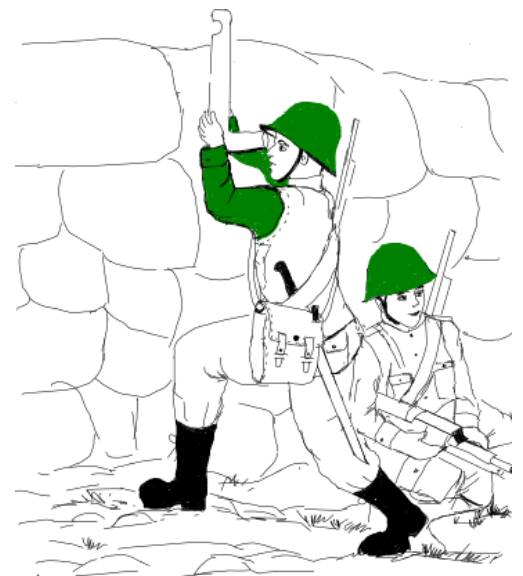
Pitágoras



Fonte: Autoria própria (2021)



Fonte: Autoria própria (2021)



Fonte: Autoria própria (2021)

¹ CALVIN & HOBBS, BILL WATTERSON, 2006 PAWS, INC ALL RIGHTS RESERVED/DIST. UNIVERSAL UCLICK In Sant'Anna et al., 2013.

MÓDULO 3
MATERIAL PARA O ALUNO

Aluno/Aluna: _____

DISCUTINDO O TEXTO

O arco-íris é um fenômeno natural e o periscópio é um instrumento óptico, o que há em comum entre os dois?

.....

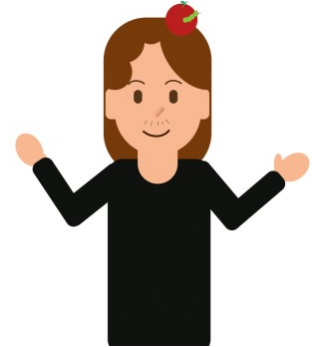
.....

.....

.....

.....

Isaac Newton



Fonte: A autoria própria (2021)

Observando o fenômeno do arco íris, você acredita que a luz se comporta como onda ou como partícula? Justifique sua resposta.

.....

.....

.....

.....

.....

Christian Huygens



Fonte: A autoria própria (2021)

Observando o funcionamento do periscópio, você acredita que a luz se comporta como onda ou como partícula? Justifique sua resposta.

.....

.....

.....

.....

.....

Aristóteles



Fonte: A autoria própria (2021)

MÓDULO 4

MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO - I

OBJETIVOS

- ✓ Utilizar experimentos que atuam como material potencialmente significativo, para a compreensão da dualidade da luz.
- ✓ Realizar e demonstrar aos alunos um experimento que mostra a difração da luz, lembrando o experimento realizado por Young, comprovando o comportamento ondulatório da luz ao se propagar.
- ✓ Demonstrar um experimento composto por um circuito que simula o acender e apagar das luzes dos postes de iluminação pública, fazendo referência ao efeito fotoelétrico, que comprova o comportamento corpuscular da luz ao interagir com a matéria.
- ✓ Levar o aluno a compreender o caráter dual da luz.

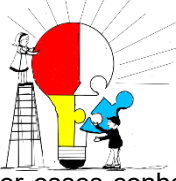
ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O professor deve realizar os experimentos propostos no roteiro a seguir, no roteiro de construção dos experimentos, também há uma orientação de como encaminhar as discussões com os alunos no momento da apresentação dos mesmos.

Após os experimentos o professor deve explicar sobre o comportamento onda/partícula da luz, que foi observado individualmente em cada um.

AVALIAÇÃO

Propor questões aos alunos, para verificar a compreensão que tiveram sobre os experimentos realizados.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

Um material potencialmente significativo deve ser um facilitador da aprendizagem.
 “[...] o material deve ser relacionável a determinados conhecimentos e o aprendiz deve ter esses conhecimentos prévios necessários para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não-litera” (MOREIRA, 2011, p. 25).

É o aprendiz que atribui significados aos materiais, e as vezes pode não ser o significado esperado pelo professor, aceito naquele conteúdo, o significado a ser atribuído depende do intercâmbio de significados realizado, que pode ser um processo demorado.

“É importante enfatizar aqui que o material só pode ser *potencialmente significativo*, não *significativo*: não existe livro significativo, nem aula significativa, nem problema significativo, ..., pois o significado está nas pessoas, não nos materiais” (MOREIRA, 2011, p. 25).

MÓDULO 4
MATERIAL PARA O ALUNO

Aluno/Aluna: _____

EXPERIMENTOS

Comente o experimento realizado com o pente e o laser: Thomas Young

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

Thomas Young



Fonte: Autoria própria (2021)

Comente o experimento realizado, que simula a iluminação pública:

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

Albert Einstein



Fonte: Autoria própria (2021)

MÓDULO 4

ROTEIRO PARA EXPERIMENTO 1

CONSTRUINDO O EXPERIMENTO DA DUPLA FENDA

Para o experimento você vai precisar de:

- ✓ Um pente de cabelo, que tenha o menor espaçamento possível, entre seus “dentes”
- ✓ Fita isolante
- ✓ Laser

REALIZANDO O EXPERIMENTO

- ✓ Com a fita isolante cubra parte dos “dentes” do pente, deixando duas fendas, que são separadas por um “dente” do pente;
- ✓ Em seguida posicione o pente em frente a uma parede ou quadro da sala de aula, pode utilizar livros ou caixas para suporte, deixar com distância de aproximadamente 1,5m;
- ✓ Posicione o laser de forma que sua luz incida nas fendas deixadas no pente;
- ✓ Ajuste as distâncias até que seja possível a observação da difração e interferência da luz, projetada na parede.

ABORDANDO O EXPERIMENTO

Inicialmente deve-se questionar os alunos sobre a propagação retilínea da luz e formação de sombras, refletindo se a luz pode desviar obstáculos, levar os alunos a investigar o que esperam que irá acontecer ao incidir luz na fenda dupla, e posteriormente, por que acham que ocorreu a formação da rede de difração.

Com esse experimento é possível observar a luz comportando-se como onda, uma vez que a difração é fenômeno ondulatório.

É provável que antes de realizar a demonstração algum aluno julgue que a luz irá atravessar as duas fendas formando a imagem das mesmas no anteparo (parede), o que caracterizaria um comportamento de partículas.

MÓDULO 4

IMAGENS DO EXPERIMENTO 1

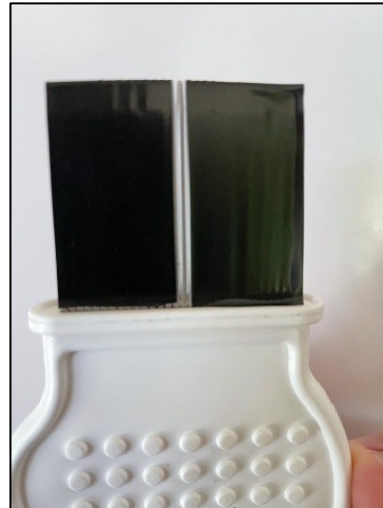
EXPERIMENTO DA DUPLA FENDA

Figura 2 - Pente com espaço pequeno



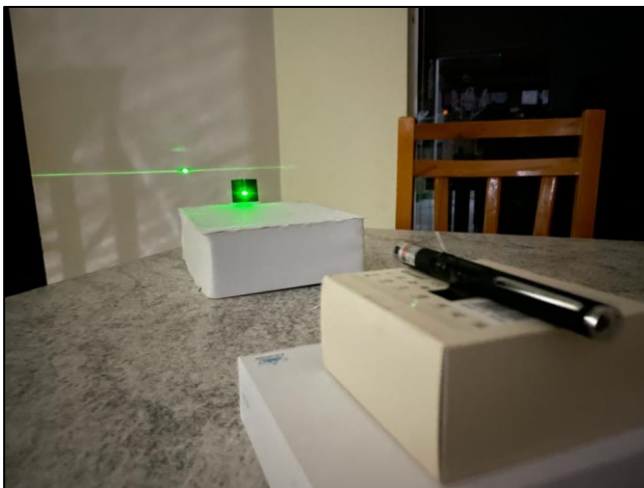
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 3 - Dupla



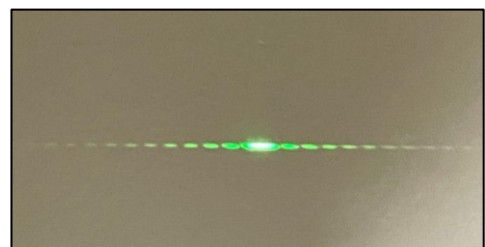
Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 4 - Realizando o experimento



Autoria própria (2021)

Figura 5 - Imagem de difração



Autoria própria (2021)

MÓDULO 4

ROTEIRO PARA EXPERIMENTO - II

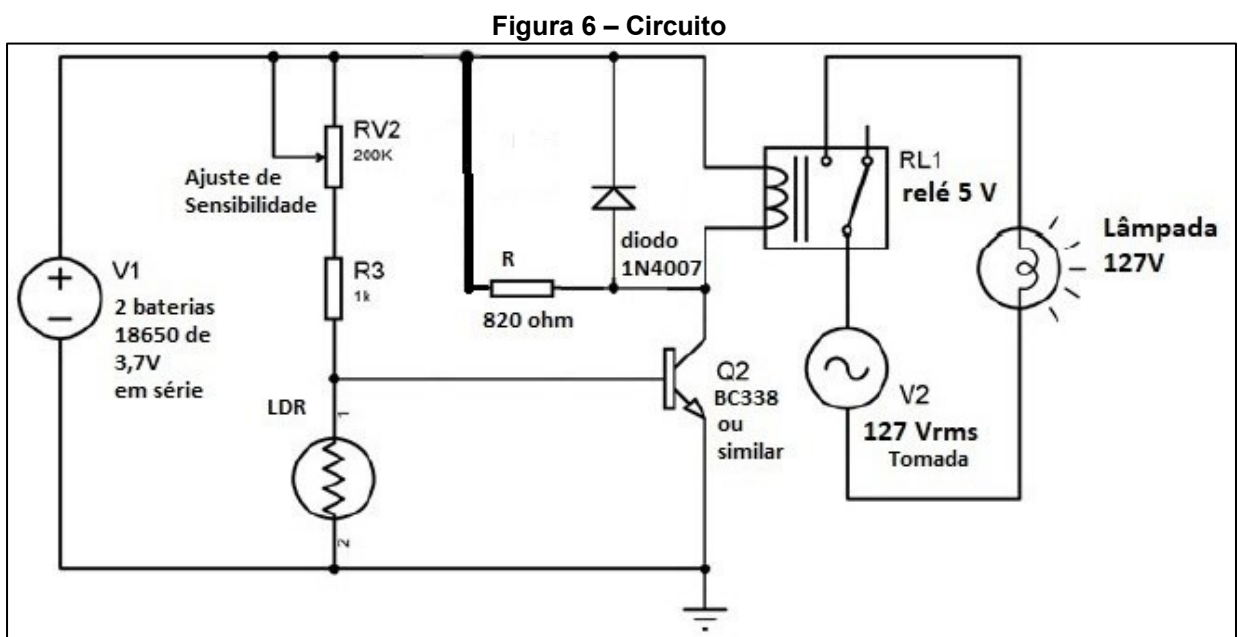
CONSTRUINDO O EXPERIMENTO “SIMULANDO A ILUMINAÇÃO PÚBLICA”

Para o experimento você vai precisar de:

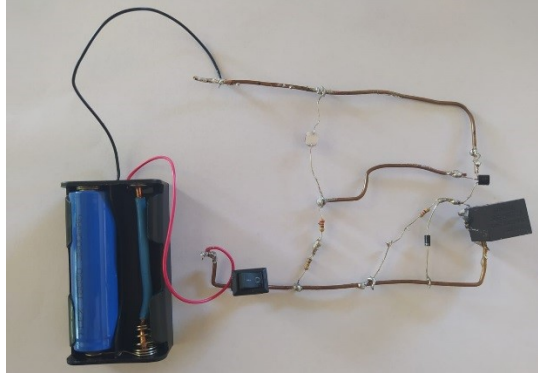
- ✓ 1 sensor LDR: 5mm
- ✓ Aproximadamente 40 cm de fio de cobre de 2mm
- ✓ 1 transistor BC 337-25
- ✓ 1 resistor de $1k\Omega$ $\frac{1}{4}$ W
- ✓ 1 resistor $200 k\Omega$ $\frac{1}{4}$ W
- ✓ 1 resistor 820Ω $\frac{1}{4}$ W
- ✓ 1suporte para pilha
- ✓ 1 pilha 3,7 V
- ✓ 1 relé 5V
- ✓ 1 diodo N4007
- ✓ 1 soquete
- ✓ 1 lâmpada LED 127V
- ✓ 1 interruptor
- ✓ Fio 2mm, comprimento suficiente para ligar a lâmpada na tomada
- ✓ 1 tomada
- ✓ 1 caixa de material não condutor (exemplo: caixa de sapato)
- ✓ Cola quente

MONTANDO O EXPERIMENTO

- ✓ Conectar os componentes de acordo com o esquema representado na imagem abaixo, utilizando o fio de cobre;



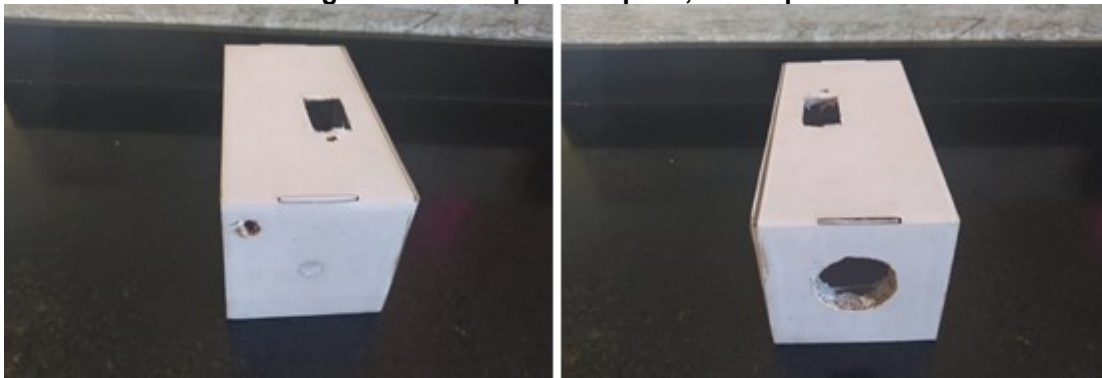
Autoria própria (2021)

Figura 7 – Circuito montado

Autoria própria (2021)

Em uma caixa:

- ✓ Fazer um recorte para que a lâmpada conectada ao circuito fique externa a caixa e o circuito interno a mesma;
 - ✓ Fazer uma abertura para o interruptor e ao lado, uma pequena abertura para o LDR;
 - ✓ Fazer um furo para a saída da tomada da lâmpada;
- Importante: Antes de fazer os recortes na caixa, verifique as posições dos componentes: lâmpada, interruptor, LDR e tomada.

Figura 8 – Furos para lâmpada, interruptor e LDR

Autoria própria (2021)

Para finalizar, coloque o esquema dentro da caixa, cole algumas partes com cola quente para fixar o circuito no interior da caixa, deixando o interruptor, o LDR e a lâmpada expostos na parte externa.

Figura 9- Circuito montado

Autoria própria (2021)

UTILIZANDO O EXPERIMENTO

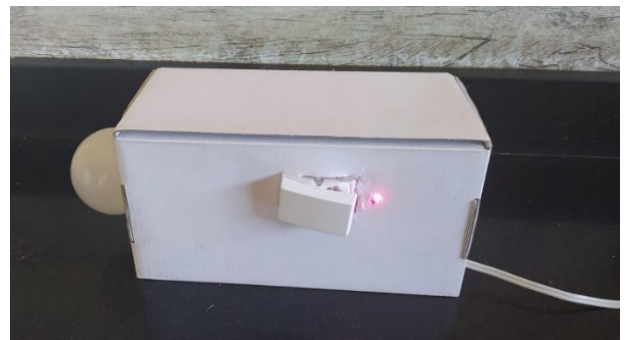
O experimento possui uma lâmpada que será acesa quando o aparato for conectado na tomada, essa luz pode ser apagada de duas maneiras: utilizando o interruptor ou incidindo a luz de um laser no furo onde está localizado o LDR. Se o LDR receber luz solar direta, a lâmpada também será apagada, isso porque o LDR (led dependent resistor) é uma resistência que varia conforme a incidência de luz visível, assim quando recebe maior incidência de luz, sua resistência diminui, aumentando a corrente elétrica que chega ao transistor e esse permite a corrente vinda da pilha que aciona o relé, que direciona a corrente vinda da tomada (127V) para outro sentido, apagando a lâmpada.

Figura 10 - Sem incidir o laser no



Autoria própria (2021)

Figura 11 - Ao incidir o laser



Autoria própria (2021)

ABORDANDO O EXPERIMENTO

O professor deve iniciar questionando os alunos de que maneira poderíamos apagar a luz, sem tocar o aparato com as mãos, deve deixar alguns itens a mostra para que os alunos pensem e sugiram meios para se apagar a luz, como por exemplo: bola de borracha, controle remoto, laser, mola, bola de papel, entre outros que o professor julgar interessante. A intenção é levar os alunos a investigarem possibilidades e quem sabe propor a utilização do laser. Na sequência o professor mostra aos alunos como apagar a luz com auxílio do laser, após realizada a demonstração, falar sobre o funcionamento dos postes de iluminação pública que acendem as luzes ao escurecer e apagam as luzes quando há claridade, portas automáticas entre outros equipamentos que funcionam a partir de situação parecida com efeito fotoelétrico.

MÓDULO 4

MATERIAL PARA O PROFESSOR

DUALIDADE DA LUZ

A luz é uma **forma de energia que se propaga no espaço por meio de radiação eletromagnética**, e, de acordo com sua frequência, é visível ao olho humano; a intensidade de energia está diretamente relacionada à frequência: quanto maior a frequência, maior a energia.

A radiação eletromagnética é uma oscilação nos campos elétrico e magnético simultaneamente, ou seja, apresenta comportamento ondulatório. Porém, a energia transportada por ondas de luz ocorre de forma concentrada em pacotes, denominados fótons; essa quantização da luz só é possível se um raio de luz for caracterizado como um feixe de partículas materiais. Essa é a **dualidade onda - partícula da luz**, na qual duas propriedades distintas tornam-se complementares para o estudo a respeito da natureza da luz.

Como a luz é energia em movimento, possui velocidade determinada, e essa velocidade é variável de acordo com o meio em que se propaga: quanto mais denso o meio de propagação, menor será sua velocidade. Não há conhecimento de nada que se desloque com velocidade superior à velocidade da luz no vácuo.

A velocidade da luz no vácuo atualmente é uma constante universal e, de acordo com Barthem (2005), com o avanço de tecnologias como lasers e diodos metal-isolante-metal passou a ser comprovada. Afirma ainda que “[...]em 1983, a velocidade da luz passou a ser considerada como um padrão primário de velocidade e o metro, uma grandeza a ser medida” (BARTHEM, 2005, p. 29).

Portanto essa constante universal assume o valor:

$$c = 299.792.458 \text{ m/s}$$

A letra *c* escolhida para representar a velocidade da luz no vácuo tem origem na palavra *celerita* que, do latim, significa celeridade, o mesmo que rapidez.

COMPORTAMENTO ONDULATÓRIO DA LUZ

Onda é uma perturbação causada no meio, que realiza o transporte de energia sem transportar matéria.

As ondas são classificadas em **mecânicas**, quando necessitam de um meio material para se propagar, e **eletromagnéticas**, quando não necessitam de um meio material para a sua propagação, ou seja, se propagam também no vácuo.

A **luz é uma onda eletromagnética** que tem como fonte fundamental cargas elétricas aceleradas.

James Clerk Maxwell constatou que a luz é uma onda eletromagnética quando verificou que a velocidade de qualquer onda eletromagnética no vácuo é aproximadamente igual à velocidade da luz no vácuo.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \qquad c = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}} \qquad c = 2,999 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Em que:

μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo, que vale $4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A

ε_0 é a permissividade elétrica no vácuo que vale $8,854 \cdot 10^{-12}$ C².N/m².

Elementos de uma onda

Comprimento de onda (λ): Trata-se do tamanho da onda, que pode ser medido de um vale a outro vale, de uma crista a outra crista ou do início ao final de um período (uma oscilação completa). No SI esse comprimento é medido em metros (m).

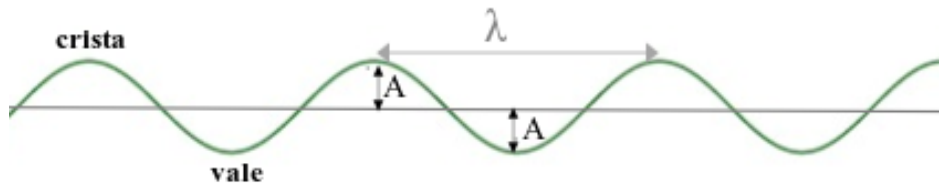
Frequência (f): Número de oscilações de uma onda, num intervalo de tempo. No SI esse intervalo vale 1s.

Período (T): Tempo gasto por uma onda para realizar uma oscilação completa (um comprimento de onda). Medido em segundos (s) no SI.

Velocidade (v): A velocidade com que a onda se propaga no meio; a velocidade de uma onda depende do meio no qual ela se propaga, e sua unidade de medida no SI é o m/s.

Amplitude (A): Altura da onda, que corresponde à distância do eixo central à crista, ou do eixo central ao vale, cuja unidade de medida no SI é o metro(m); determina a intensidade da onda: quanto maior a amplitude, maior a energia transportada.

Figura 12 - Representação de uma onda



Fonte: Autoria própria (2021)

Algumas equações que relacionam os elementos de uma onda:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

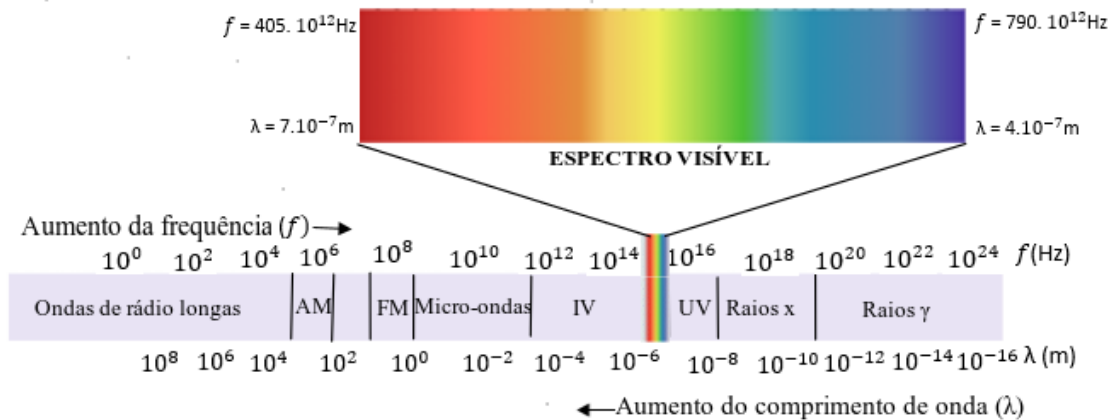
$$v = \lambda \cdot f$$

A velocidade de qualquer onda eletromagnética no vácuo é c .

Então tem-se: $c = \lambda \cdot f$

Na sequência, apresentamos a representação do **espectro eletromagnético**. Nesse esquema é possível visualizar e comparar os comprimentos de onda e frequências das distintas radiações eletromagnéticas, que são divididas em sete tipos: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

Figura 13 - Representação do espectro eletromagnético



Fonte: Autoria própria (2021)

Como podemos observar, a luz ocupa uma pequena fração desse espectro e corresponde à única faixa visível de radiações eletromagnéticas, perceptíveis a olho nu. Sua variação de cores corresponde a diferentes comprimentos de onda com capacidade de sensibilizar a visão humana. As cores variam do vermelho, que possui a menor frequência, ao violeta, que apresenta maior frequência.

Quanto a sua energia, pode ser calculada em função de sua frequência; como já sabemos, a radiação violeta, de maior frequência, é a de maior energia.

Distribuição de frequência e comprimento de onda das cores

Cor	Frequência (10^{14}Hz)	Comprimento de onda (10^{-7}m)
Vermelho	4,05 – 4,80	7,40 – 6,25
Alaranjado	4,80 – 5,10	6,25 – 5,90
Amarelo	5,10 – 5,30	5,90 – 5,65
Verde	5,30 – 6,00	5,65 – 5,00
Ciano	6,00 – 6,20	5,00 – 4,85
Azul	6,20 – 6,80	4,85 – 4,40
Violeta	6,80 – 7,90	4,40 – 3,80

Fonte: Autoria própria (2021)

Difração da luz

A **difração** é um fenômeno atribuído às ondas em que a onda contorna um determinado obstáculo ou atravessa a abertura de um obstáculo e se espalha no lado oposto a ele. Assim, um pequeno ponto da onda primária atinge e atravessa o obstáculo, originando a sua onda secundária, usualmente denominada onda de Huygens.

A difração da luz é um fenômeno pouco observado no dia a dia, pois a faixa de comprimento da radiação visível

Importante: a difração será mais perceptível se o tamanho da abertura no obstáculo e o comprimento da onda forem de dimensões próximas, e ainda mais acentuada para comprimentos de onda maiores em aberturas de dimensões menores que esse.

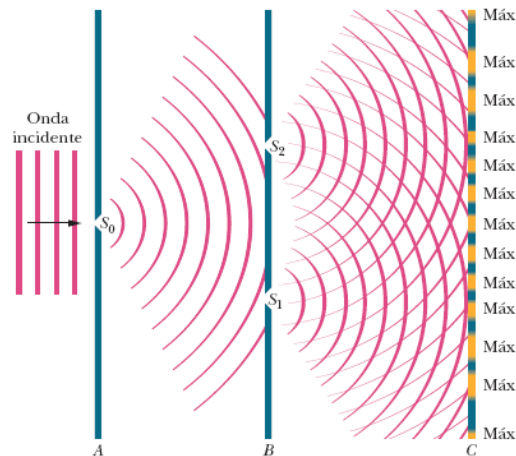
A dupla fenda de Young

A partir do princípio de Huygens, Thomas Young realizou um experimento que provou a natureza ondulatória da luz; ele foi capaz de demonstrar que a luz sofre interferência tal qual as ondas mecânicas.

Quando duas ondas se encontram ocorre o que chamamos de **interferência**, que pode ser **destrutiva**, quando ocorre a superposição de fases distintas das ondas, ou **construtiva**, quando ocorre a superposição da mesma fase de duas ondas.

Em seu experimento, Young utilizou uma fonte de luz monocromática e três anteparos: o primeiro a receber a luz, com uma pequena fenda que a difrata, tornando uma fonte pontual; no segundo anteparo havia dois pequenos orifícios, nos quais a luz também era refratada, projetando as franjas claras e escuras no terceiro anteparo.

Figura 14 - Representação do experimento de Young



Fonte: Halliday; Resnick; Walker (2012, p.78)

As franjas claras são regiões em que as fases das ondas, que se interferem, são iguais e são denominadas **máximos**, ocorrendo a interferência construtiva; as franjas escuras são as regiões de interferência em que as fases são distintas, denominadas de **mínimos**, ocorrendo a interferência destrutiva.

COMPORTAMENTO CORPUSCULAR DA LUZ

A luz como onda tem como característica principal o fato de se propagar por todo o espaço, já a luz como partículas ocupa um lugar determinado no espaço. Apesar de ser facilmente observado, o modelo corpuscular foi de fato consagrado no advento da Física Quântica, quando em uma concepção moderna foi o único modelo satisfatório para explicar o efeito fotoelétrico.

A partícula de luz

A luz é constituída por pequenos pacotes de energia, uma forma quantizada elementar, que são responsáveis pelo transporte de energia da radiação eletromagnética. Esses pacotes são denominados **fótons**, ou quanta de luz. Apesar de ser usualmente denominado como partícula, o fóton tem características bem singulares; sua velocidade é igual a velocidade da luz, sua massa de repouso é nula e tem características de onda, tais como frequência e comprimento de onda.

A quantização da energia pode ser comparada ao nosso sistema monetário: o menor valor é de R\$ 0,01, portanto só poderemos obter quantidades que sejam múltiplos inteiros deste valor; por exemplo, $15 \times \text{R\$ } 0,01 = \text{R\$ } 0,15$. Não é possível admitir valores como R\$ 0,155; para isso seria necessário multiplicar o valor R\$ 0,01 por um número

não inteiro (115,5). Assim, o fóton é quantizado, como nosso sistema monetário; define-se como um pacote de energia para o qual devemos considerar como um todo, e quantidades discretas e múltiplas inteiras desse.

Albert Einstein, em 1905, postulou sobre a quantização da radiação eletromagnética, mas o primeiro a pensar na quantização de energia foi Max Planck, em 1900, procurando descrever a radiação do corpo negro.

Energia do Fóton

$$E = hf$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Em que:

E = energia do fóton (utiliza-se usualmente, J ou eV, como unidade de medida);

$h = h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (constante de Planck);

f = frequência (unidade de medida no SI: Hz);

c = velocidade da luz no vácuo (aproximadamente $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$);

λ = comprimento de onda (medida em metros (m));

“A menor energia que uma onda luminosa de frequência f pode possuir é hf , a energia de um único fóton. Se a onda possui uma energia maior, esta deve ser múltiplo inteiro de hf [...]” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p.179).

Emissão de fótons: quando um átomo emite um fóton de frequência f , transfere uma energia hf para a luz, e um fóton é criado.

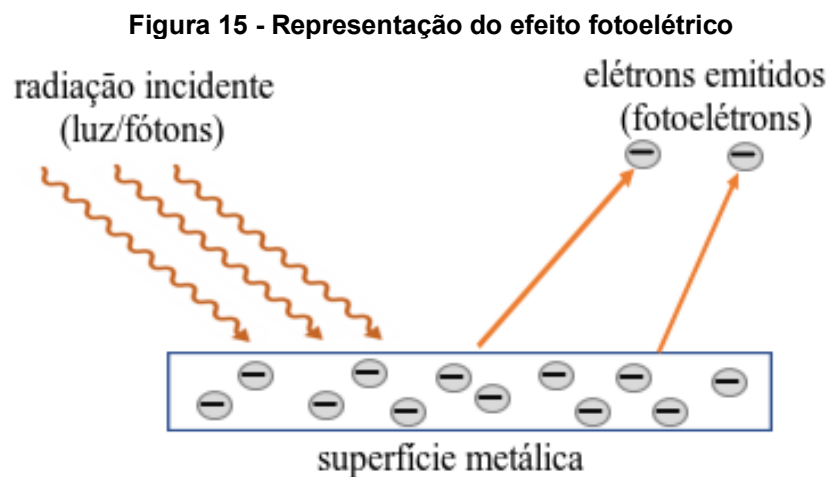
Absorção de fótons: quando um fóton de frequência f transfere sua energia hf da luz para um átomo, esse fóton é extinto.

Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico não é explicável no domínio da Física Clássica; surge, então, a Física Quântica (com a proposta de quantização da luz), em que é necessário considerar a luz como partícula, o fóton.

Esse fenômeno é verificado quando uma **placa de metal é atingida por luz de determinada frequência e tem elétrons emitidos da sua superfície**, porém, verifica-se que não é em todos os casos que o elétron é desprendido do metal. A energia do fóton (E) depende de sua frequência (quanto maior a frequência, maior será a energia do fóton) e, para que ocorra o efeito fotoelétrico, a energia do mesmo precisa ser igual ou maior do que a energia de interação do elétron com a placa. Observou-se que mesmo aumentando-se a intensidade da luz incidente não ocorria o desprendimento dos elétrons, ou seja, mesmo aumentando-se a quantidade de fóton o fenômeno não ocorria.

O primeiro a observar o efeito fotoelétrico foi Heinrich Rudolf Hertz, em 1886. Um fato curioso é que foi nesse experimento que Hertz comprovou a natureza de onda eletromagnética da luz, mas observou também que a incidência de raios ultravioleta gerava faíscas na placa coletora.



Fonte: Autoria própria (2021)

É dada a **função trabalho (ϕ)** como sendo a mínima energia necessária para a emissão do fotoelétron. Essa é uma característica que é determinada pelo material da placa metálica; quanto maior for a função trabalho, maior será a dificuldade de desprender elétrons da superfície metálica.

Importante: Só ocorrerá o efeito foto elétrico se $E > \Phi$.

Lembrando que a energia do fóton depende da frequência do mesmo, é estabelecida uma energia mínima, correspondente a uma frequência mínima, denominado **potencial de corte (V_0)**. Ou seja, o fóton deverá conter essa energia

mínima para que o elétron a absorva e se desprenda do metal. No caso de o fóton conter energia maior do que a energia de corte, o fotoelétron será desprendido e a diferença de energia será absorvida pelo fotoelétron, o que corresponderá à sua energia cinética ($K_{m\acute{a}x}$).

Para determinar a energia cinética de um elétron, temos:

$$K_{m\acute{a}x} = eV_0$$

Em que:

$K_{m\acute{a}x}$ = energia cinética do elétron – a unidade de medida de energia no SI é o Joule (J), porém convenientemente utiliza-se o Elétron-Volt (eV);

e = valor absoluto da carga do elétron ($1,6 \cdot 10^{-19}C$);

V_0 = potencial de corte - a unidade de medida é o Volt (V).

Matematicamente, a equação do Efeito Fotoelétrico é a seguinte:

$$hf = K_{m\acute{a}x} + \phi$$

Em que:

$hf = E$ (Energia do fóton);

$K_{m\acute{a}x} = eV_0$ (Energia cinética do elétron);

ϕ = Função trabalho (característica do metal da placa metálica).

A unidade de medida utilizada é o Joule (J) ou Elétron-Volt (eV).

É importante ressaltar que fótons com uma baixa frequência não são capazes de desprender elétrons da placa metálica; se aumentarmos a intensidade da luz, a qual ficará mais brilhante, isso só faz aumentar o número de fótons que atingem a placa, mas nenhum desses fótons tem energia suficiente para desprender um elétron.

MÓDULO 5

MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO - II

OBJETIVOS

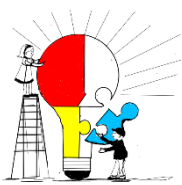
- ✓ Propor um material potencialmente significativo para a compreensão da dualidade da luz.
- ✓ Abordar historicamente a evolução das concepções sobre a natureza da luz.
- ✓ Identificar os principais físicos e filósofos que contribuíram para o desenvolvimento da ciência, com seus estudos referentes a natureza da luz.
- ✓ Levar o aluno a perceber que a ciência está em constante evolução e que toda contribuição mesmo que refutada é imprescindível para o desenvolvimento.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Apresentar aos alunos o vídeo “O Julgamento da Luz”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mDygrmcTiBk>. Após assistirem o vídeo, o professor pode realizar uma discussão com os alunos, destacando a importância de todas as contribuições, e que não devemos menosprezar aqueles que pensaram diferente e tinham limitações que hoje foram superadas, levando o aluno a perceber que, todas as tecnologias de hoje surgiram de hipóteses, pesquisas, erros e acertos.

AVALIAÇÃO

Propor questões aos alunos, para verificar a compreensão que tiveram sobre o vídeo, destacando a conclusão final da dualidade da luz e pontos importantes sobre a natureza da luz. Após analisar as respostas o professor pode retomar e explicar alguns pontos que não tenham ficado claros para os alunos.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Significativa ocorre quando há uma interação entre os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e o novo conhecimento apresentado.

Ao propor uma abordagem na perspectiva da Aprendizagem Significativa observa-se algumas condições.

“Essencialmente, são duas as condições para aprendizagem significativa: 1) *o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo* e 2) *o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender*” (MOREIRA, 2011, p. 24).

O material que será utilizado pelo professor precisa ser coerente e se relacionar com o conteúdo e com os conhecimentos prévios que foram inicialmente ativados ou inseridos na estrutura cognitiva.

“A primeira condição implica 1) que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos, ...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante) e 2) que o aprendiz tenha uma estrutura cognitiva ideias-âncora relevantes com as quais esse material possa ser relacionado” (MOREIRA, 2011, p. 24-25).

MÓDULO 5
MATERIAL PARA O ALUNO

Aluno/Aluna: _____

DISCUTINDO O VÍDEO – “O Julgamento da Luz”

Assinale qual era a concepção que cada personagem histórico, tinha sobre a natureza da luz.

Aristóteles de Estagira	() onda	() partícula
Pitágoras	() onda	() partícula
Christian Huygens	() onda	() partícula
Isaac Newton	() onda	() partícula
Thomas Young	() onda	() partícula
Albert Einstein.	() onda	() partícula



Autoria própria (2021)

Historicamente, antes de ser compreendida como onda-partícula, a teoria mais aceita até o fim do séc. XVII foi o comportamento corpuscular da luz, defendida por Newton. Comente como Newton definia a luz, e fale sobre seu experimento realizado com a luz.

.....

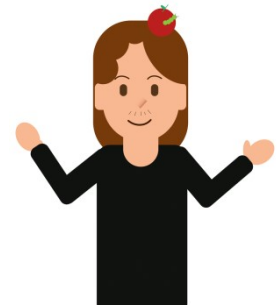
.....

.....

.....

.....

Isaac Newton



Autoria própria (2021)

No início do séc. XIX, Thomas Young conseguiu comprovar que a luz se comporta como onda e mudar a concepção aceita até aquele momento, como Young conseguiu fazer isso?

.....

.....

.....

.....

.....

Thomas Young



Autoria própria (2021)

MÓDULO 5
MATERIAL PARA O ALUNO

DISCUTINDO O VÍDEO – “O Julgamento da Luz”

Em 1838, o astrônomo e físico François Arago afirmou que, a determinação da velocidade de propagação da luz na água e no ar seria um fator determinante para o impasse entre as teorias defendidas por Huygens e por Newton.

Newton afirmava que em meios mais densos a velocidade da luz era maior.

Huygens afirmava que em meios mais densos a velocidade da luz era menor.

Como vimos no vídeo, Bertrand Léon Foucault conseguiu medir a velocidade da luz, em 1850, verificou que a luz se propaga com velocidade maior no ar do que na água.

Ou seja, Newton estava errado.

Qual sua opinião sobre esse erro de Newton?

Christian Huygens



Autoria própria (2021)

Em 1886 o alemão Heinrich Rudolf Hertz realizou um experimento e comprovou que a luz é onda eletromagnética, mas esse mesmo experimento mais tarde comprovou que a luz se comporta como partícula. Verificou-se um fenômeno que ocorre com a luz ao interagir com a matéria. Qual o nome desse fenômeno e o que ocorre?

Pitágoras



Autoria própria (2021)

No vídeo “O Julgamento da Luz” ocorre um hipotético julgamento sobre a natureza da luz. Qual foi a conclusão final e os principais fatores que levaram a esse desfecho?

Albert Einstein



Autoria própria (2021)

MÓDULO 5

MATERIAL PARA O PROFESSOR

UM POUCO DA HISTÓRIA DA NATUREZA DA LUZ

Desde a antiguidade, filósofos e físicos teceram diversas teorias e definições para a natureza da luz, seguindo duas linhas principais: a luz tem natureza corpuscular e a luz tem natureza ondulatória. O modelo com maior aceitação até o séc. XVIII foi o modelo corpuscular, defendido por Isaac Newton (1642-1727), que, devido a sua influência na comunidade científica, não encontrava muita resistência para ser aceito. Já a natureza ondulatória da luz tinha como principal defensor Christian Huygens (1629-1695), afirmando que a luz era onda e que cada ponto de uma frente de onda agia como uma fonte para uma nova onda.

No início do século XIX a teoria ondulatória ganhou espaço no cenário científico. O mérito para esse feito é dado a Thomas Young (1773-1829), que em 1801 consagrou-se na defesa da teoria ondulatória realizando um importante experimento denominado “experimento da fenda dupla”.

Para realizar sua experiência, Young observou, através de um anteparo no qual havia feito dois furos pequenos e próximos, a luz proveniente de uma fonte pequena e suficientemente distante, para que pudesse ser considerada como praticamente pontual. A figura que observou [...] era composta por uma série de franjas, com regiões claras e escuras, - um efeito parecido como batimento nas ondas sonoras (BARTHEM, 2005, p. 32).

O modelo ondulatório foi formalizado a partir do aperfeiçoamento do modelo de Huygens e Young, de ondículas, proposto por Augustin Jean Fresnel (1788-1827), primeiro a desenvolver um modelo matemático para a teoria ondulatória da luz, que até então era de caráter qualitativo.

Assim, a teoria da natureza ondulatória da luz foi aceita e prevaleceu durante todo o século XIX. Porém, o que já parecia muito bem definido voltou a ser questionado quando, no início do século XX, Albert Einstein (1879-1955) retomou um experimento realizado em 1886 por Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894). Nesse experimento, Hertz conseguiu comprovar que a luz é uma onda eletromagnética. O mais impressionante fato presente nos estudos de Hertz é que em uma única experiência ele consolida a natureza eletromagnética das ondas da luz e aponta novamente para a natureza corpuscular da mesma.

Rosa (2012) assim descreve o experimento de Hertz:

[...] utilizando um detector e um oscilador que construía, [Hertz] foi capaz de produzir ondas eletromagnéticas de comprimento suficientemente curtas para estudá-las em laboratório. Sua conclusão seria a de que as propriedades das ondas eram similares às da luz, o que o levou a concluir que as ondas de luz eram radiações eletromagnéticas, segundo as equações de Maxwell. Estava dado o primeiro passo para o conhecimento do efeito fotoelétrico (ROSA, 2012. p. 137).

Para Barthem (2005), “Hertz deparou-se com aquilo que viria a ser o segundo tempo da teoria corpuscular. Ele notou que, quando a luz ultravioleta iluminava o terminal negativo, as faíscas surgiam mais facilmente” (BARTHEM, 2005, p. 38).

Naquele momento, Hertz não se ateve a tentar compreender a emissão das faíscas em seus terminais; esse fenômeno é atualmente denominado efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico não é explicável no domínio da Física Clássica; surge, então, a Física Quântica (com a proposta de quantização da luz), em que é necessário considerar a luz como partícula, o fóton.

Esse fenômeno é verificado quando uma placa de metal é atingida por luz de determinada frequência e tem elétrons emitidos da sua superfície, porém, verifica-se que não é em todos os casos que o elétron é desprendido do metal. A energia do fóton (E) depende de sua frequência (quanto maior a frequência, maior será a energia do fóton) e, para que ocorra o efeito fotoelétrico, a energia do mesmo precisa ser igual ou maior do que a energia de interação do elétron com a placa.

No ano de 1905 Einstein retoma o modelo corpuscular, com um aspecto totalmente diferente do que já havia sido proposto, atingindo conjecturas não imaginadas até então, dando origem à Física Quântica. Rocha *et al.* (2011, p. 401) descrevem que “Einstein explicou o efeito fotoelétrico, partindo da hipótese de Planck, e afirmando que, ao invés de imaginar a luz como uma onda de energia discreta, era mais conveniente imaginá-la como formada por partículas”.

O modelo proposto por Einstein apresenta a quantização da luz, em que a luz é composta por fótons (quanta de energia). Cada fóton é um conjunto de determinada quantidade de energia definida, comumente chamado de “pacote”, que tem a velocidade da luz; o fóton é formado por quantum de luz e a sua energia é proporcional à sua frequência. Segundo Salvetti (2008), a luz pode ser compreendida como um conjunto de fótons comportando-se como onda eletromagnética, ou seja, um “pacote de energia” que apresenta características e comportamento ondulatório, com comprimento de onda e frequência quando analisados de forma coletiva; mas, observado individualmente, o

fóton apresenta características de partículas, tendo energia, velocidade e podendo colidir-se com elétrons. De acordo com Rocha *et al.* (2011), a comprovação realizada por Einstein evidenciava este caráter dual da luz e, por esse motivo, tornou-se dramática.

Esta observação o levou, em 1924, a afirmar que havia duas teorias para a luz, ambas indispensáveis, porém sem qualquer conexão lógica. O que aquele célebre físico imaginava é que não se poderia abandonar o caráter “ondulatório” da luz (e de todas as radiações eletromagnéticas) consagrado no século anterior. Por isso mesmo, estabeleceu-se um dos mais sérios dilemas entre os cientistas àquela época - que era a compreensão do caráter dual (onda-partícula) da luz. Apesar de tal dificuldade, nada poderia evitar que a luz se comportasse de tal maneira (ROCHA *et al.*, 2011, p. 403).

A partir do modelo apresentado por Einstein, a natureza da luz passou a ser compreendida como de caráter ondulatório e corpuscular, ou seja, obteve o caráter dual onda-partícula.

MÓDULO 6

AVALIAÇÃO

OBJETIVOS

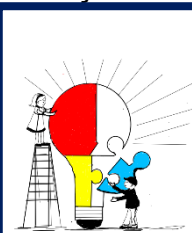
- ✓ Produzir mapa conceitual sobre a luz.
- ✓ Realiza um levantamento dos conhecimentos e conceitos adquiridos no decorrer dos encontros.
- ✓ Propor questões nas quais o conteúdo abordado está contextualizado de diferentes formas.

ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O professor deve solicitar que os alunos produzam individualmente, um mapa conceitual sobre a luz, disponibilizar o tempo necessário para a realização dessa atividade. Na sequência pedir que os alunos respondam as questões propostas. Sugere-se que o professor convide os alunos a analisarem e compararem o primeiro mapa conceitual construído com o mapa feito nesse momento, refletindo se houve aumento e diferenciação entre os conceitos relacionados.

AVALIAÇÃO

Com a produção do mapa conceitual individual, o professor pode analisar a compreensão que o aluno teve sobre a natureza da luz, observando os conceitos principais que serão expostos por cada aluno, espera-se que o aluno consiga realizar a luz com conceitos que remetam ao seu comportamento dual, como partículas, corpúsculos, ondas, ondas eletromagnéticas. Ao analisar o questionário final, o professor, pode verificar se o aluno consegue identificar os conceitos trabalhados quando são aplicados em diferentes situações.



SAIBA MAIS...

Sobre Aprendizagem Significativa

O **mapa conceitual** pode ser usado como um instrumento facilitador da aprendizagem. Outro detalhe importante sobre mapas conceituais é que o mesmo deve ser explicado por quem o fez.

“Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento. Trata-se, basicamente, de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno” (MOREIRA, 2011, p. 129).

A **avaliação** da Aprendizagem Significativa não pode ser simplesmente uma constatação de certo ou errado, exige uma nova postura do docente, pois trata-se de uma avaliação progressiva.

“É necessário buscar evidências de aprendizagem significativa, ao invés de querer determinar se ocorreu ou não” (MOREIRA, 2011, p. 52).

O professor deve estar atento à necessidade de retomada, mesmo que seja dos subsunçores necessários e não disponíveis pelos alunos, e permitir que o aluno refaça suas atividades formativas mais de uma vez se for o caso, assim, a avaliação deve ser formativa e recursiva. “É importante que ele externalize os significados que está captando, que explique, justifique, as suas respostas” (MOREIRA, 2011, p. 52).

REFERÊNCIAS

BARTHEM, R. **A Luz**: Temas atuais de física. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – Volume 4**. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. 9.ed. v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HAWKING, S. W. **Uma Breve História do Tempo**. Ilustração Ron Miller, tradução Cássio de Arantes Leite. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

HELERBROCK, R. "**Dualidade onda-partícula**"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-natureza-dual-luz.htm>. Acesso em: 24 set. 2021.

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP. <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/aluno-Blocoll-Particula-e-onda.pdf> . Acesso em: 15 jul. 2021.

MAGRON, A. A. **Estudo de uma proposta para o ensino de astrofísica a partir da aprendizagem significativa**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

ROCHA, J. F. M. (Org.), *et al.* **Origens e evolução das idéias da física** [livro eletrônico]. Salvador: EDUFBA, 2011.

ROSA, C. A. de P. **História da ciência**: o pensamento científico e a ciência no século XIX. volume II. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012.

SALVETTI, A. R. **A História da Luz**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

SANT'ANNA, B. *et al.* **Conexões com a física**- 2 Estudo do calor, óptica geométrica, fenômenos ondulatórios. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

SILVA, F. W. O. História da Física e Ciências Afins: A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 149-159, 2007.