



PRODUTO EDUCACIONAL

**PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ÓTICA PARA O
ENSINO MÉDIO**

Cartilha de Experimentos

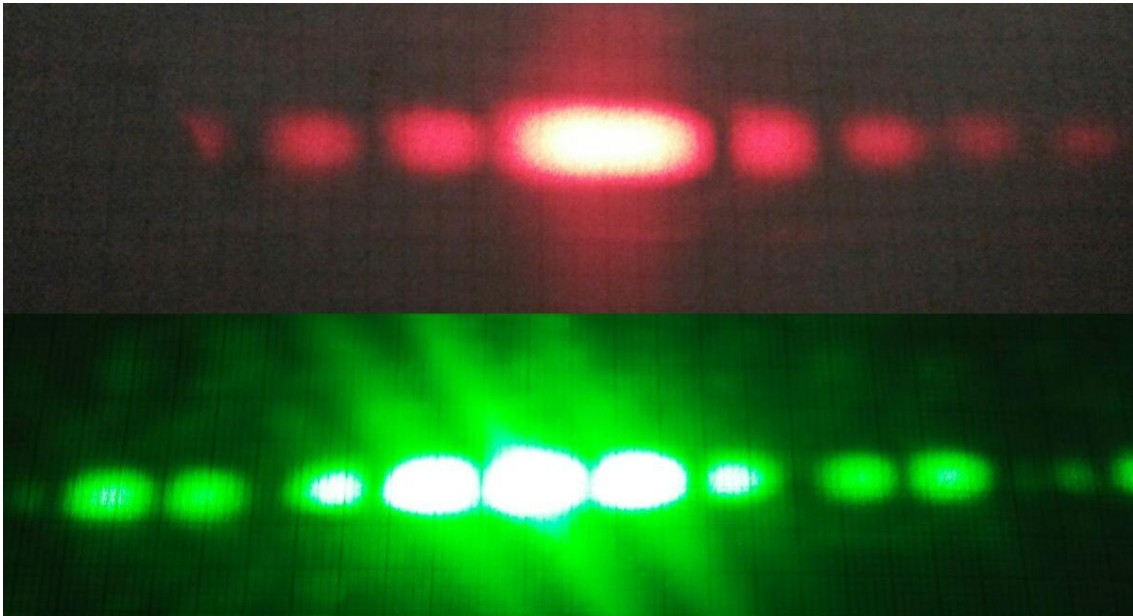
Desenvolvida por: Marcelo de Melo Silva
Orientado por: Prof. Dr. Jorge Luís López Aguilar

Marcelo de Melo Silva
Prof. Dr. Jorge Luís López Aguilar
-2019-

Cartilha de Experimentos

PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ÓTICA PARA O
ENSINO MÉDIO

Difração e Interferência da luz



Marcelo de Melo Silva
Prof. Dr. Jorge Luís López Aguilar
-2019-

Dedicatória

À minha família, pelo apoio, em especial aos meus pais Sr. Jorge Soares da Silva e Sra. Gilca de Oliveira de Melo, a minha querida irmã Érica de Melo Silva.

A minha amada esposa Alinete Alves da Silva, por todo amor e dedicação o que me motivou a seguir em frente.

A Professora e amiga Dr^a. Esperanza Lucila Hernández Angulo, sou grato pelo apoio e contribuição na minha formação acadêmica, seus ensinamentos e conselhos me ajudou a realizar os meus sonhos.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

S586p Silva, Marcelo de Melo, 1992-
Proposta de atividades experimentais de óptica para o ensino médio /
Marcelo de Melo Silva; orientador: Dr. Jorge Luis López Aguilar. – 2019.
135 f.: il.; 30 cm.

Mestrado (Dissertação) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-
Graduação em Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco,
2019.

Inclui referências bibliográficas e apêndices.

1. Dispositivos ópticos. 2. Física moderna. 3. Ensino de Física. I. Souza,
Orivaldo Florêncio de (orientador). II. Título.

CDD: 530

Bibliotecária: Nádia Batista Vieira CRB-11º/882.

Lista de Figuras

Figura 22. Espectro Eletromagnético	14
Figura 23. Representação do gráfico de uma Onda.....	15
Figura 24. Experimento da fenda dupla	16
Figura 25. Relação trigonométrica para a dupla fenda.....	17
Figura 26. Padrões de interferência construtiva (lado esquerdo), interferência destrutiva (lado direito)	19
Figura 27. Experimento de fenda dupla ideado por Young.....	21
Figura 28. Difração de ondas do mar em praia na Itália	22
Figura 29. Ondas sonoras contornando um obstaculo.....	23
Figura 30. Experimento da fenda simples	24
Figura 31. Materiais que podem ser utilizados.....	27
Figura 32. Padrão de Difração para uma fenda simples	29
Figura 33. Padrão de interferência para uma fenda dupla	30
Figura 34. Relação geométrica entre o padrão e a distância (L)	31
Figura 35. Padrão de interferência para uma fenda dupla	32
Figura 36. Relação geométrica entre o padrão e a distância (L)	32
Figura 37. Seleção de materiais.....	39
Figura 38. Corte dos dispositivos	40
Figura 39. Seleção dos pontos de corte	40
Figura 40. Realização do corte	41
Figura 41. Uso de papel milimetrado	41
Figura 42. Suporte da fenda.....	42
Figura 43. Montagem experimental	42
Figura 44. Utilização da trena	43
Figura 45. Montagem experimental suporte do Laser e da fenda	43
Figura 46. Exemplo de um padrão de Interferência	44

Lista de Tabelas

Tabela 7. Análise de alguns livros didáticos em relação ao conteúdo de difração e interferência da luz	11
Tabela 8. Velocidade da luz em alguns meios.....	15
Tabela 9. Cor em relação ao comprimento de onda	26
Tabela 10. Materiais utilizados para os experimentos de difração e interferência.....	38
Tabela 11. Modelo de tabela que os alunos irão preencher para fenda simples.....	46
Tabela 12. Modelo de tabela que os alunos irão preencher para fenda dupla	47

Lista de Equações

Equação 1. Condição de difração	17
Equação 2. Relação trigonométrica para fenda dupla	17
Equação 3. Aproximação trigonométrica	18
Equação 4. Distância entre as fendas	18
Equação 5. Distância entre as fendas para y_1	18
Equação 6. Intensidade da luz no anteparo	19
Equação 7. Relação Trigonométrica.....	25
Equação 8. Aproximação da relação seno e tangente.....	25
Equação 9. Condição de difração	25
Equação 10. Relação direta da combinação da Eq 2 e 3	25
Equação 11. Abertura da Fenda.....	25

APRESENTAÇÃO

A Cartilha de Experimentos como Proposta de atividade experimentais de óptica para o Ensino Médio trata-se de um Produto Educacional, direcionados para professores de Física que lecionam no ensino médio.

O Produto foi elaborado para auxiliar os professores na realização de atividades experimentais, contornando problemas comuns nas escolas em nosso município, como falta de materiais e laboratórios para a realização de atividades experimentais. O produto também visa despertar o interesse e o espírito científico nos alunos, para se motivarem a aprender Física.

Estas experiências de difração e interferência da luz fornecerão uma sustentação para a aprendizagem significativa. Os alunos realizarão esses experimentos para calcular a largura da fenda simples e a distância entre as fendas duplas. Estes procedimentos ajudarão a fortalecer a compreensão dos fenômenos da difração e da Interferência.

Espera-se que essa Cartilha possa contribuir com os processos de ensino e aprendizagem auxiliando os professores de Física no ensino dos conteúdos da óptica ondulatória.

Sumário

1. Introdução.....	10
1.1. A importância da óptica para o desenvolvimento científico e tecnológico	10
1.2. Análises do tratamento dos conteúdos de interferência e difração em alguns livros didáticos.....	11
2. REVISÃO DE CONTEÚDOS	13
2.1. Classificação das ondas	13
2.1.1. Ondas eletromagnéticas	14
2.1.2. Ondas Periódicas	14
2.1.3. Velocidade da luz	15
2.2. Interferência.....	16
2.3. Difração	22
3. METODOLOGIA.....	26
3.1. Público Alvo	27
3.2. Orientação para a seleção de materiais	27
3.3. Orientação aos professores para o desenvolvimento de uma aula experimental utilizando materiais de baixo custo nos temas selecionado.....	28
3.4. Procedimentos para a determinação da largura da fenda	29
4. ROTEIRO EXPERIMENTAL	34

1. Introdução

1.1. A importância da óptica para o desenvolvimento científica e tecnológico

A Óptica tem contribuído para inúmeros avanços científicos e tecnológicos, diversas áreas como medicina, astronomia, biologia e engenharia são alguns exemplos que tem se desenvolvido graças a esse ramo da física. Podemos citar como exemplos os instrumentos ópticos que são equipamentos construídos para facilitar a visualização de corpos que seria muito difícil ou improvável de avistar sem o uso desses equipamentos.

Nesse sentido podemos reconhecer que os instrumentos ópticos são frequentemente utilizados no nosso cotidiano e baseiam-se nos princípios da óptica para permitir, facilitar ou aperfeiçoar a visualização de determinados objetos, que vão desde seres minúsculos, como alguns tipos de vírus, bactérias, fungos e células, até enormes corpos celestes como planetas, luas, cometas, meteoros, estrelas e galáxias.

As peças fundamentais que compõem a maioria dos instrumentos ópticos são os espelhos e lentes. Podemos citar como exemplos as lunetas, binóculos, telescópios, microscópios, lupas, óculos, monóculos e as máquinas fotográficas, além destes, existem outros diversos dispositivos e sistemas nos quais a óptica está presente, como por exemplo, os leitores de CD e DVD em que a leitura é feita através de um laser, nos sensores de elevadores bem como nos leitores de código de barras nos caixas dos supermercados, que é semelhante a leitura dos pontos pretos nos gabaritos do exame nacional do ensino médio (ENEM).

Através da óptica várias técnicas de análises laboratoriais foram desenvolvidas, vejamos um exemplo de uma técnica, a espectroscopia. Essa técnica pode ser utilizada quer num laboratório de química, para averiguar da presença, ou não, de um determinado composto numa amostra, quer num radiotelescópio para analisar a composição de uma estrela distante.

Esta técnica, utilizada nessas e noutras áreas, é uma técnica óptica. Além disso podemos citar outras técnicas ópticas, por exemplo a medição do índice de refração, são

utilizadas para a determinação de concentrações, ou a determinação das dimensões de um astro que pode ser feita pelo estudo da curvatura da luz na sua proximidade.

Durante o desenvolvimento do projeto foi realizada uma revisão dos livros, mas utilizados nas escolas publicas do ensino médio do município de Rio Branco sobre os conteúdos de óptica ondulatória nos temas de difração e interferência.

1.2. Análises do tratamento dos conteúdos de interferência e difração em alguns livros didáticos

No estudo realizado procuramos identificar se nos livros de ensino médio possuem abordagem histórica, se há tratamento matemático das equações que envolvem esses fenômenos, se há proposta de atividade experimental, de exercícios resolvidos ou exemplos, e exercícios de fixação.

Tabela 1. Análise de alguns livros didáticos em relação ao conteúdo de difração e interferência da luz

	Gaspar, A.	Blaidi, S.A; et al.	Máximo, Alvarenga, B	A; Nani, A. et al	Paz, M.R.A;et al
Livro/Volum e	Física série Brasil/Único	Conexões com a Física	Curso de Física/Vol 2	de Ser Protagonist a/ edição 3º	Rede RCE educação e valores: 2º serie Física
Definição	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Abordagem Histórica	Não	Não	Não	Não	Não
Tratamento Matemático	Sim	Não	Não	Não	Sim
Exercícios Resolvidos	Sim	Não	Não	Não	Sim
Exercícios	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Proposta de experimento	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Dos livros consultados e apresentados na tabela 7, todos eles trazem uma definição conceitual de difração e interferência, essas definições são fundamentais para que os alunos assimilem esse assunto.

Também verificamos que nenhum deles trazem uma abordagem histórica que mostre o processo de construção desse conhecimento. Em relação ao tratamento matemático no nível de ensino médio, apenas dois livros trazem essa abordagem, um usado em escolas públicas e o outro são usados em escolas particulares da rede católica de ensino. Em relação aos exercícios resolvidos e exercícios de fixação, apenas dois livros dos cinco consultados expõem essa metodologia.

Com relação à proposta de experimentos, nenhuns dos livros consultados trazem idealização de uma proposta de atividade experimental, sendo uma ferramenta importante para a compreensão desse conteúdo.

Por esse motivo incluiremos conteúdos essenciais para o desenvolvimento dos temas colaborando para que os professores compreendam como realizar uma aula prática experimental com materiais de baixo custo nos conteúdos de interferência e difração

2. REVISÃO DE CONTEÚDOS

2.1. Classificação das ondas

Segundo Borges (2009), podemos classificar as propagações ondulatórias de acordo com três critérios: A direção da vibração, a natureza da vibração e o grau de liberdade para a propagação das ondas.

- Direção da Vibração

Ocorre uma propagação **transversal** quando a direção da vibração é perpendicular a direção em que se propaga a onda. (Ex. diapasão)

Propagação **Longitudinal** e aquela em que a direção da vibração é a mesma na qual se efetua a propagação da onda, (Ex. mola).

Nas Propagações Mistas, ambas as condições ocorrem simultaneamente. É o caso das perturbações que se propagam pela superfície dos líquidos.

- Natureza das Vibrações

Nas propagações **mecânicas** ocorre transporte de vibrações mecânicas, isto é, as partículas materiais vibram. É o caso das ondas em cordas, em molas, na superfície e no interior dos líquidos, dos sólidos (terremotos) e dos gases (som se propagando no ar), etc. As ondas mecânicas **necessitam de um meio material** para a sua propagação; logo, **o som não se propaga no vácuo.**

As propagações **eletromagnéticas** correspondem a variações no **campo elétrico e no campo magnético**, originado por cargas elétricas oscilantes. É o caso das ondas de rádio, das microondas, da luz visível, dos raios X e dos raios gama. Essas ondas **não necessitam, obrigatoriamente, de um meio material para a sua propagação; podem, portanto, propagar-se inclusive no vácuo.**

-Graus de liberdade para a propagação das ondas. –

Nas propagações **unidimensionais**, as ondas se deslocam **sobre uma linha** (as ondas em uma corda por exemplo). Nas propagações **bidimensionais**, as ondas são produzidas **sobre uma superfície** em duas direções (as ondas na superfície dos líquidos,

por exemplo). Nas propagações **tridimensionais**, as ondas se propagam em **todas as direções, por todo o espaço** (a propagação do som no ar, por exemplo).

- Ondas Periódicas

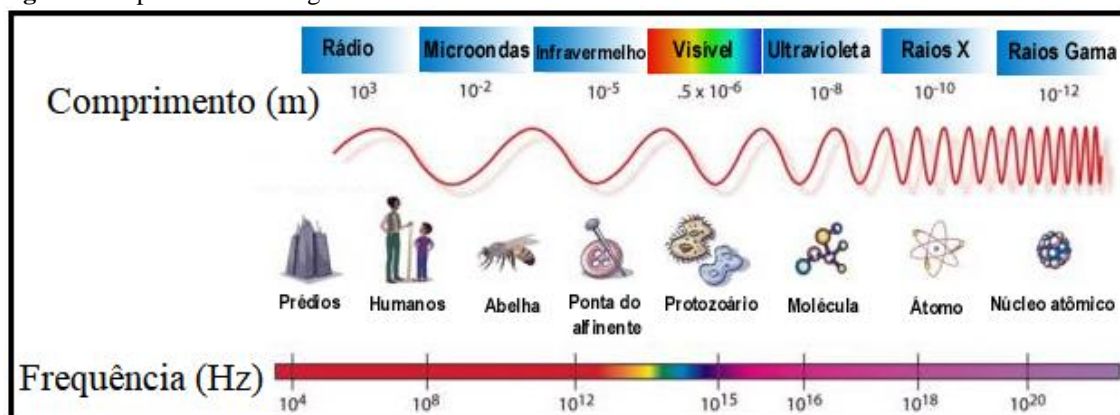
Uma sucessão de pulsos iguais produz uma onda periódica. Entre as ondas em geral, as periódicas apresenta especial interesse, tanto pela facilidade de descrição, quanto pela aplicação prática.

2.1.1. Ondas eletromagnéticas

O espectro eletromagnético está formado por ondas de radio, microondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios γ .

A figura Y exibe o espectro eletromagnético, com as frequências e comprimentos de ondas correspondentes.

Figura 1. Espectro Eletromagnético

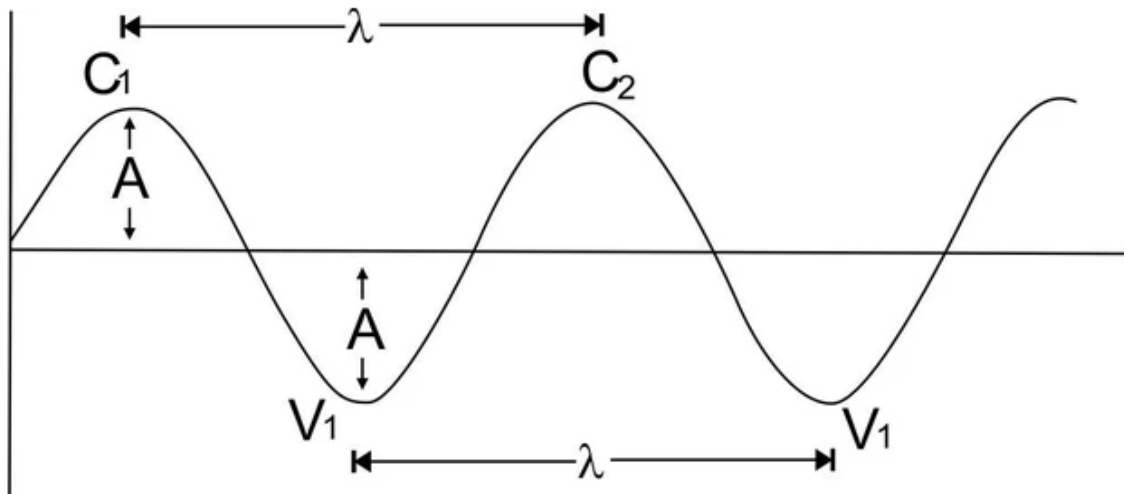


Fonte: Extraído e adaptado de <http://www.ufpa.br/ccen/quimica/classificacao%20de%20metodos.htm>

2.1.2. Ondas Periódicas

Uma sucessão de pulsos iguais produz uma onda periódica. Entre as ondas em geral, as periódicas apresenta especial interesse, tanto pela facilidade de descrição, quanto pela aplicação prática.

Figura 2. Representação do gráfico de uma Onda



Fonte: Autor

De acordo com as figuras 1 e 2, é possível verificar que quanto maior o comprimento de onda menor é o valor da frequência, e vice-versa quanto menor o comprimento de ondas, maior é o valor da frequência.

A luz visível no espectro eletromagnético está compreendida em uma faixa de 380nm a 750nm dentro do espectro eletromagnético.

2.1.3. Velocidade da luz

No vácuo, as ondas eletromagnéticas propagam – se com uma velocidade de aproximadamente de $3,0 \times 10^8$ m/s, sendo que ao passar de um meio para outro sua velocidade muda substancialmente.

Confira a tabela abaixo da velocidade da luz em alguns meios.

Tabela 2. Velocidade da luz em alguns meios

Meio	Velocidade da luz (m/s)
Vácuo	299792458
Ar (1atm)	299702547
Gelo (0°C)	228849204
Água (20°C)	225407863

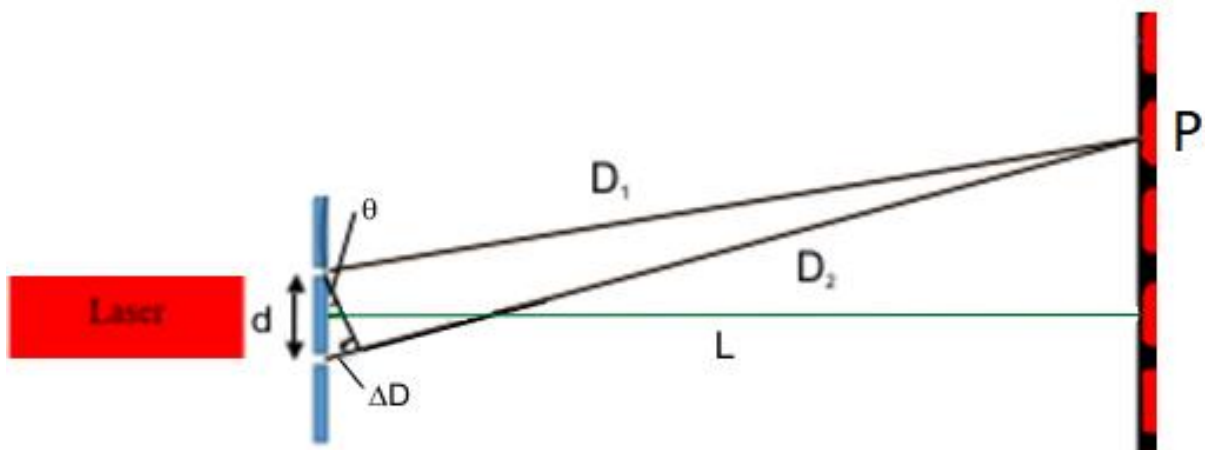
Álcool Etilico	220435631
Glicerina	203940448
Vidro	199861638
Quartzo	194670427
Diamante	123881180
Condensado de Bose Einstein	0,4

Fonte: Autor.

2.2. Interferência

Em 1801, Young demonstrou a natureza da luz, a partir do padrão de interferência provocada por duas fontes luminosas, de mesmo comprimento de onda que emergiam de duas fendas (Fig 3).

Figura 3. Experimento da fenda dupla



Fonte: Adaptada de <https://br.pinterest.com>

Thomas Young observou que a intensidade luminosa que incidia no anteparo na forma de padrão linha poderia estar associada com a diferença de caminho percorrido pelas duas fontes, D_1 e D_2 , que atingem o mesmo ponto no anteparo são aproximadamente paralelas, onde a interferência construtiva ocorrerá se a diferença de trajeto $\Delta D = D_1 - D_2 = N\lambda$, $N = 1,2,3,\dots,n$, entre as duas fontes a um dado ponto for de um número inteiro (N) de comprimento de onda (λ).

Assim as ondas se reforçam produzindo uma maior intensidade no padrão linha. Ocorrera interferência destrutiva (parte escura do padrão) se a diferença de caminho das duas fontes for $(D_1 - D_2) = (N + 1/2)\lambda$, $N = 1,2,3,\dots,n$. Como a diferença de caminho

é $\Delta D = d \cdot \text{sen}\theta$, então a interferência ocorrerá no caso da condição de difração dado por:

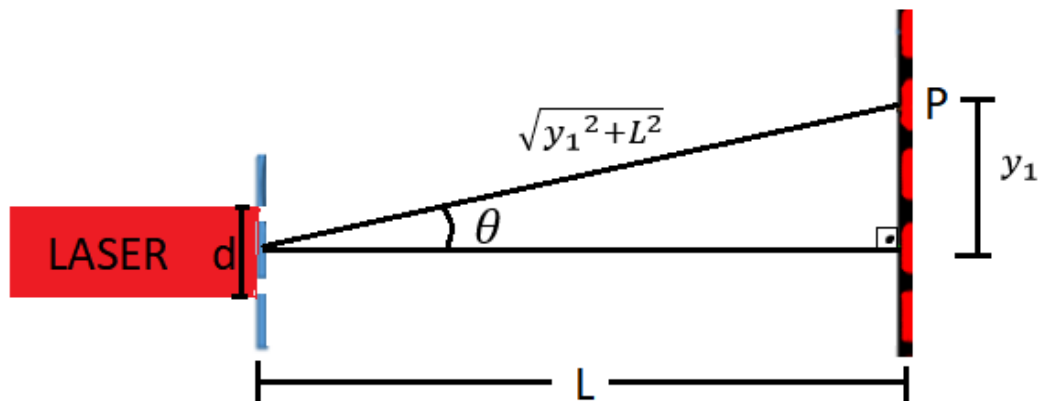
Equação 1. Condição de difração

$$N\lambda = d \cdot \text{sen}\theta$$

Na prática é usada uma montagem para ter um gráfico de tal forma que seja fácil obter os máximos dos padrões de interferência, da Figura 4.

Considere o esquema na figura 4

Figura 4. Relação trigonométrica para a dupla fenda



Fonte: Adaptada de <https://br.pinterest.com>

Equação 2. Relação trigonométrica para fenda dupla

$$\text{sen } \theta = \frac{y_1}{\sqrt{y_1^2 + L^2}}$$

Onde, λ é o comprimento de onda da fonte, d a espessura entre as fendas, L é a distância da fenda ao anteparo, θ é o ângulo oposto à diferença de caminho das fontes vindo das duas fendas.

Para caso em que a distância entre a fenda e o anteparo seja muito grande ($L \gg y_1$) podemos fazer a aproximação $\sin \theta \approx \tan \theta$, então

Equação 3. Aproximação trigonométrica

$$N \cdot \lambda = \frac{y_1}{\sqrt{y_1^2 + L^2}} \cdot d$$

Logo a distância entre as fendas para $N=1$ pode ser obtida como:

Equação 4. Distância entre as fendas

$$d = \frac{\sqrt{y_1^2 + L^2}}{y_1}$$

Para $L \gg y_1$ temos $\sin \theta \approx \tan \theta$

Como

$$\tan \theta = \frac{y_1}{L}$$

Então

$$\sin \theta = \frac{y_1}{L}$$

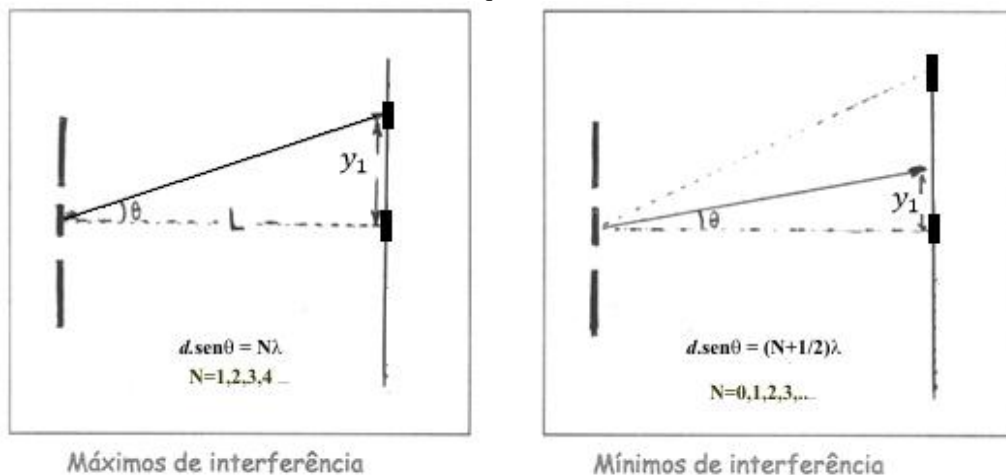
Logo

Equação 5. Distância entre as fendas para y_1

$$d = \frac{\lambda L}{y_1} \quad (10)$$

Na figura 5 observamos os padrões de interferência construtiva (fig 5, esquerdo) e da interferência destrutiva (fig 5, direito). Nessas figuras pode ser feito uma análise geométrica para a obtenção dos ângulos que formam um feixe difratado com a horizontal.

Figura 5. Padrões de interferência construtiva (lado esquerdo), interferência destrutiva (lado direito)



Fonte: Autor

No padrão de interferência considere o ponto **P**, situado no anteparo, então a intensidade I da luz no anteparo em função de θ é dada por:

Equação 6. Intensidade da luz no anteparo

$$I(\theta) = I_m \left(\frac{\text{sen} \left(\frac{\pi a \theta}{\lambda} \right)}{\left(\frac{\pi a \theta}{\lambda} \right)} \right)^2$$

Em que “**a**” é a largura da fenda e I_m é a intensidade máxima observada no padrão de difração.

A observação criteriosa de fenômenos ópticos vem desde o século XIX quando Thomas Young (1783 a 1829) realizou alguns experimentos baseados na interferência da luz usando diversos materiais padronizados na forma de linhas ocas paralelas para poder observar padrões definidos quando uma luz incidia sobre eles. A ideia era provar que o fenômeno da interferência da luz era de natureza ondulatória e não corpuscular como tinha sido afirmada anteriormente por Issac Newton (1642 a 1727) e outros pesquisadores.

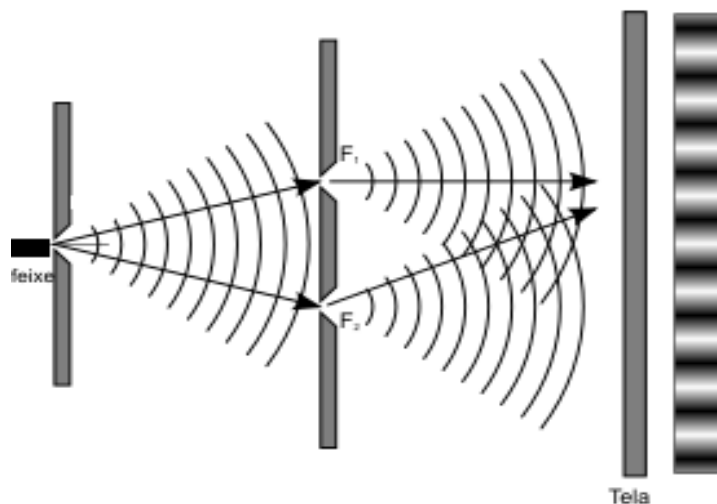
Nesse tempo havia um modelo teórico da teoria corpuscular da óptica geométrica na qual a luz que incide sobre um obstáculo se propaga em forma retilínea produzindo uma região escura de contornos nítidos claramente separados da região iluminada. Neste caso deve ser levada em conta a região de penumbra gerada pelo tamanho da fonte utilizada.

Na prática os experimentos mostravam a existência de faixas claras onde devia haver sombra e de faixas escuras onde devia estar bem iluminada. Esta discordância entre a teoria corpuscular e sua observação levou a Young postular que, a luz interferida por uma fenda era devida à característica ondulatória da luz, estabelecendo uma analogia entre o que ocorre quando as ondas do som interferem entre si e a interferência da luz.

No caso do som quando duas ondas de diferente frequência interferem são produzidos reforços da intensidade do som separados com intensidades baixas, o que é denominado batimento de duas ondas com frequências diferentes. Analogamente um efeito semelhante poderia acontecer quando o feixe de luz atravessasse uma fenda. Neste caso a interferência de dois feixes de luz poderia produzir escuridão se a luz fosse de natureza ondulatória caso contrário seria de natureza corpuscular.

Em 1810, Young em um simples experimento, de fenda dupla, demonstrou o fenômeno de difração da luz que trouxe vários questionamentos para a ciência, quanto a natureza da luz (MOTTER; BRAUN,1994). Nesse experimento um feixe de luz monocromático é forçado a passar por duas fendas abertas F1 e F2 antes de atingir uma tela (Fig. 1). Young verificou que a luz produzia um padrão de franjas de interferência - barras claras intercaladas com barras de sombra. Isso, para ele, provava que a luz se comportava como uma onda, que passava pelas duas fendas ao mesmo tempo, dividindo-se. As duas ondas resultantes então se propagavam a partir do par de fendas, interferindo uma com a outra antes de atingir o alvo, causando as franjas de interferência.

Figura 6. Experimento de fenda dupla ideado por Young



Fonte: Adaptada de <http://professorbiriba.com.br>

Devido a esta observação Young passou a ser considerado pelos cientistas o responsável pela retomada de estudos e pesquisas voltados para a teoria ondulatória da luz no início do século XIX, quando propôs o princípio de difração usando o experimento de fenda dupla (MOURA; BOSS, 2015).

2.3. Difração

A Difração é um efeito característico de fenômenos ondulatórios, que ocorre sempre que parte de uma frente de onda Mecânica, Gravitacional ou Eletromagnética é obstruída. A difração é um fenômeno que pode ser facilmente observada em ondas mecânicas, como por exemplo, nas ondas do mar. A figura X mostra a difração ocorrendo em uma praia no litoral da Itália, o local é conhecido como “Campo di Mare, Brindisi”, essa é uma imagem de satélite, que pode ser visualizada pesquisando no software Google Earth, digitando o nome do local informado acima ou inserindo as coordenadas $40^{\circ}32'30.45''N$ e $18^{\circ}04'06.10''L$ no campo de pesquisa do software, o programa tem uma versão gratuita disponível para Download.

Figura 7. Difração de ondas do mar em praia na Itália

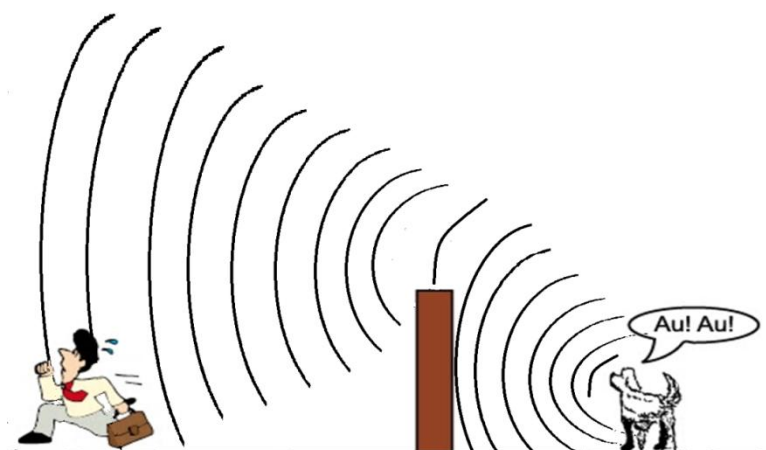


Fonte: Google Earth

Nessa praia foram construídas barreiras de proteção, note que as ondas do mar conseguem contorna-las perfeitamente, e através de imagens de satélite é possível verificar perfeitamente o fenômeno de difração ocorrendo.

Outra forma de perceber a difração em ondas mecânicas é quando ouvimos o som do latido de um cachorro do outro lado do muro, sabemos que ele está lá, mesmo que não possamos vê-lo, isso é um claro exemplo da difração de ondas sonoras, a figura X mostra a difração das ondas sonoras ao contornar um muro.

Figura 8. Ondas sonoras contornando um obstáculo



Fonte: Condicionada pelo autor.

Note que as ondas sonoras “Latidos” emitidas pelo cão contorna o obstáculo “muro”, o homem pode ouvir o cão perfeitamente. De acordo com Bonjorno e Clinton (1999) quando é colocado um obstáculo entre uma fonte sonora e uma pessoa, o som é enfraquecido, porém o som não desaparece. Os referidos autores ainda consideram que as ondas sonoras sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram.

A difração do som esta presente no cotidiano, podemos percebê-la facilmente, pois ela contorna objetos relativamente grandes, tais como pessoas, carros, arvores paredes e entre outros.

A luz tem a propriedade de contornar obstáculos colocados em sua trajetória. Esse principio contraria a propagação retilínea da luz como feixes de luz composto de partículas. O fenômeno que melhor descreve esse comportamento é o de difração de ondas, facilmente verificadas em ondas mecânicas como por exemplo as ondas do mar ao contornar obstáculos como pedras e corais, ou as ondas sonoras que contorna objetos como paredes e muros. Esta diferença observada entre a difração das ondas sonoras e ondas luminosas é devida à diferença entre os respectivos comprimentos de onda. O comprimento de onda do som é da ordem de 1 m, enquanto que o da luz visível é da ordem de $10^{-7}m$.

A difração da luz é uma prova que também a luz tem comportamento ondulatório. Ela ocorre quando a luz atravessa fendas estreitas, da ordem do comprimento de onda da luz incidente, projetando então sobre um anteparo, regiões brilhantes ou escuras. As regiões claras são conhecidos como máximos de interferência

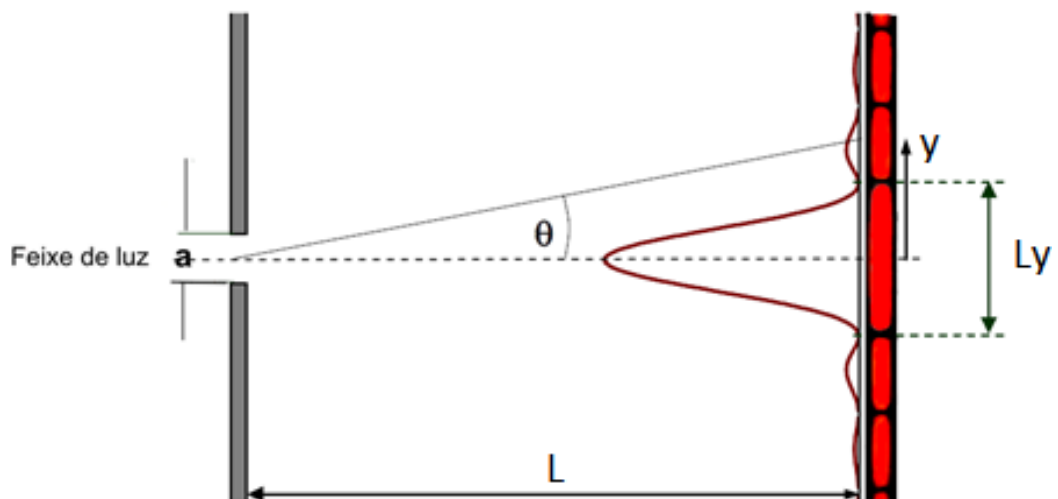
nesses pontos às ondas são construtivas, em quanto que nas regiões escoras são conhecidos como mínimos de interferência, nesses pontos as ondas são destrutivas.

A difração é abordada no ensino médio, entretanto, em alguns livros ela não é abordada dentro da Óptica, e sim dentro da Ondulatória.

2.3.1. Experimento da fenda simples.

No experimento de fenda simples de largura a um feixe de luz atravessa uma fenda de dimensões comparáveis ao seu comprimento de onda e produz um padrão de interferência numa tela a uma distância D . De acordo com o esquema abaixo

Figura 9. Experimento da fenda simples



Fonte: Adaptada de <https://www.ebah.com.br>

Os padrões linha em vermelho estão distribuídos simetricamente. No centro observamos um padrão de dimensões (Ly) e a seguir um padrão escolhido do centro desse padrão ao centro do outro padrão (y). Na figura o meio do padrão y faz um ângulo θ com a horizontal, então existe uma relação entre a distância (L) e y dado por:

Equação 7. Relação Trigonométrica

$$\tan \theta = \frac{y}{L}$$

Para uma distância muito grande da fenda ao padrão teremos com boa aproximação que, para $L \gg y$.

Equação 8. Aproximação da relação seno e tangente

$$\text{sen } \theta \approx \tan \theta = \frac{y}{L}$$

Os estudos de difração e interferência mostram que eles seguem a relação

Equação 9. Condição de difração

$$a \cdot \text{sen} \theta = N \cdot \lambda \text{ Com } N = 1, 2, 3, \dots, n$$

Podemos combinar as relações (2) e (3) para obter a relação para $N=1$

Equação 10. Relação direta da combinação da Eq 2 e 3

$$a \cdot \sin \theta \approx a \cdot \frac{y}{L} = \lambda$$

Logo obtemos a largura da fenda simples “a” usando a relação

Equação 11. Abertura da Fenda

$$a = \frac{L\lambda}{y}$$

Onde, λ é o comprimento de onda da luz do laser utilizada no experimento.

Dependendo da cor do laser utilizado podemos encontrar diferentes padrões de difrações e interferência. Para cada cor do laser temos comprimentos de ondas diferentes.

A tabela 9 está relacionada o comprimento de onda em relação a cor associada.

Tabela 3. Cor em relação ao comprimento de onda

Cor	Comprimento de onda
Vermelho	~625 – 740nm
Laranja	~590 – 625nm
Amarelo	~565 – 590nm
Verde	~500 – 565nm
Ciano	~485 – 500nm
Azul	~440 – 485nm
Violeta	~380 – 440nm

Fonte: Autor

A tabela 9 pode se vir como um guia para o uso de outros Lasers com outras cores.

3. METODOLOGIA

Buscando uma melhor aprendizagem dos alunos, a metodologia de ensino adotada se baseia na teoria central de Ausubel, sobre a aprendizagem Significativa, onde o novo conhecimento se relaciona com os conhecimentos prévios que o indivíduo tenha pré-estabelecido em sua estrutura cognitiva.

Ou seja, para que de fato ocorra à aprendizagem significativa o novo conhecimento adquirido pelo aluno deve estar apoiado nos pré-requisitos que são os subsunçores, desse modo a Proposta de Atividade Experimental de Óptica para o ensino médio, não poderá ser simplesmente aplicada sem o professor fazer uma análise sobre os conhecimentos prévios dos alunos, e apresentar uma mapa mental acompanhado de uma breve revisão dos conteúdos de Ondas e óptica.

É importante resaltar que a metodologia de ensino adotada pelo professor que ira aplicar a atividade experimental não será obrigatoriamente a mesma que foi utilizada nesse trabalho, podendo o mesmo fazer adaptações baseadas em outros métodos de ensino que melhor se enquadre nas características peculiares do contexto escolar da sala de aula.

3.1. Público Alvo

O público alvo desta pesquisa são professores de física que lecionam no segundo ano do ensino médio.

3.2. Orientação para a seleção de materiais

Amostra de alguns dos possíveis materiais de baixo custo que poderiam ser utilizados para a elaboração das placas.

Figura 10. Materiais que podem ser utilizados



Figura X - (A) Folha plástica de encadernação; (A) Latinha de refrigerante; (C) Tubo de creme dental; (D) Embalagem de shampoo ou condicionador; (E) Recipiente de sabão Líquido.

Fonte: confeccionado pelo autor

Na Figura 10 estão alguns dos materiais de baixo custo que podem ser utilizados para a confecção das fendas simples e duplas. Esses materiais foram testados, visando à

qualidade dos padrões de difração e interferência, assim como a facilidade para obtenção, manuseio e reprodução por outros professores.

Esses materiais podem ser facilmente encontrados na escola ou na casa dos alunos, não sendo obrigatória a utilização de todos eles, o professor poderá utilizar o que julgar ser mais fácil encontrar.

Outro ponto interessante é que com apenas um desses materiais, é o suficiente para que vários grupos de alunos utilizem o mesmo material. Depois de confeccionados podem ser utilizados inúmeras vezes, sendo possível sua reutilização por outros professores e alunos. É importante ressaltar que esses materiais que teriam como destinação final o lixo, são reciclados pelos alunos ao serem transformados em materiais didáticos para experimentação.

Para laboração da cartilha direcionada para professores de física de ensino médio nos conteúdos de difração e interferência da luz foi realizada uma revisão dos conhecimentos prévios necessários para a aprendizagem significativos norteados para a construção dos conteúdos indicados anteriormente.

Para que os alunos possam ter uma aprendizagem significativa no conteúdo de difração e interferência da luz, é necessário que eles tenham claros os conhecimentos sobre as características das ondas em relação à natureza das ondas, direção de vibração e propagação além de o que é comprimento de onda, amplitude, frequência, período e velocidade.

Os alunos também devem ter a ideia do que é a luz. Esses conhecimentos prévios que são também conhecidos como subsunçores, são os pontos de ancoragem para o aprendizado do novo conhecimento.

3.3. Orientação aos professores para o desenvolvimento de uma aula experimental utilizando materiais de baixo custo nos temas selecionado.

Para a realização dos experimentos o mais recomendável é usar a luz coerente produzida por um sistema chamado LASER, Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER). O sistema chamado LASER pode emitir luz devido à estimulação por radiação de seus átomos de natureza monocromática, coerente, direcional e de alta intensidade.

Professores, acompanhe todos as etapas do experimento com os alunos, desde de confecção dos dispositivos, passando pela montagem e chegando a parte experimental, também é importante que os alunos possam ser auxiliados na coleta dos dados sempre que necessário. Ainda nesse sentido sempre incentive os alunos a pensarem em alternativas, nunca der as respostas, mais mostre como chegar nelas.

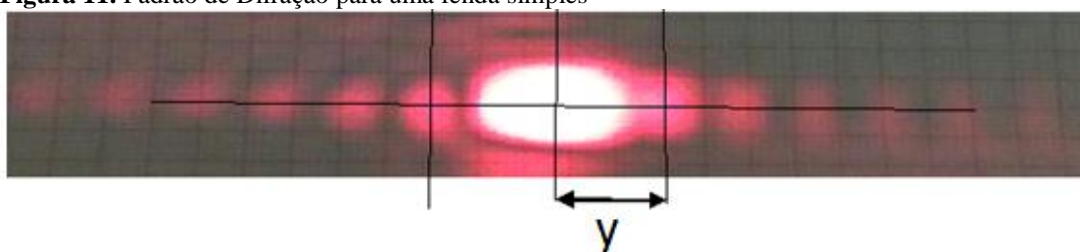
No dia da aula experimental separe a turma em grupos, e acompanhe para que todos do grupo possam efetivamente participarem do experimento. A experiência poderá ser feita em grupos, mais fica a seu critério pedir relatórios individuais sobre o experimento.

3.4. Procedimentos para a determinação da largura da fenda

Caro Professor (a) aqui será apresentado um exemplo de como foi os procedimentos para calcular a abertura e distâncias das fendas. Todos esses valores e imagens são reais, feitos em laboratório com as fendas artesanais.

Com os padrões de difração obtidos mostramos uma forma de calcular a dimensão da abertura da fenda simples. Para realizar este cálculo usamos o padrão de interferência da figura 12. Neste padrão fixamos o centro do foco e o centro do primeiro padrão (direita) e medimos a distância entre eles (y) como está indicado na referida figura com um valor de $y= 11,5\text{mm}$.

Figura 11. Padrão de Difração para uma fenda simples



Fonte: Autor.

De acordo com a equação (10)

$$a \cdot \sin \theta \approx a \cdot \frac{y}{L} = \lambda$$

Sabendo que $L=5,6$ m (distância entre a fenda e o anteparo), então insolvendo “a” para obtemos a largura da fenda simples.

$$a = \frac{\lambda}{\text{sen}\theta}$$

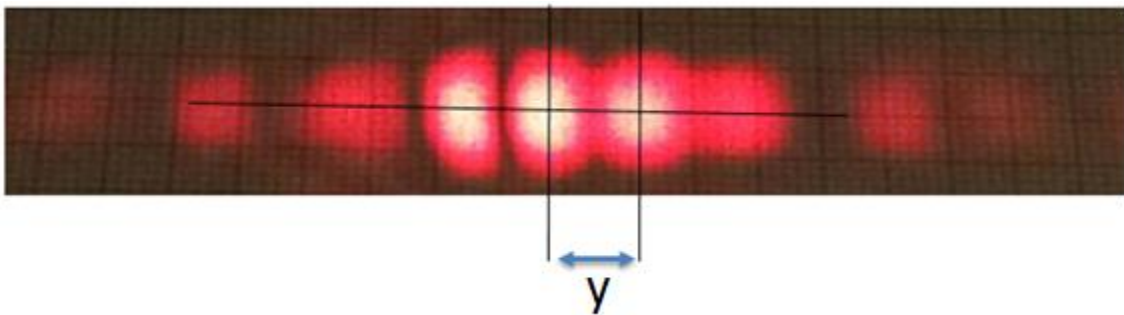
Substituindo os dados.

$$a = \frac{632,8 \times 10^{-9} \text{m}}{2,32 \times 10^{-3}} = 2,73 \times 10^{-4} \text{m}$$

A abertura da fenda simples é de 0,273mm.

Usamos o mesmo procedimento para calcular a distância entre as fendas duplas. Neste caso fixamos o centro do foco, e o centro do primeiro padrão (direita) e medimos a distância entre eles (y).

Figura 12. Padrão de interferência para uma fenda dupla



Fonte: Autor.

De acordo com a figura 12 a relação entre (y) e o ângulo (θ) e a distância L é dada pela relação da equação (7).

$$\tan \theta = \frac{y}{L}$$

Sendo y a distância do centro ao primeiro padrão com valor de 7,5 mm e L= 5,6 m, que é a distância da fenda dupla ao anteparo (parede).

Figura 13. Relação geométrica entre o padrão e a distância (L)



Fonte: Adaptada de <https://sites.ifi.unicamp.br>

Para distância muito grande já sabemos que

$$\tan \theta \approx \text{sen } \theta = \frac{7,5 \times 10^{-3} \text{ m}}{5,6 \text{ m}} = 1,33928 \times 10^{-3}$$

Como, $N\lambda = d \cdot \text{sen}\theta$ então $d = \frac{\lambda}{\text{sen}\theta}$ para $N=1$.

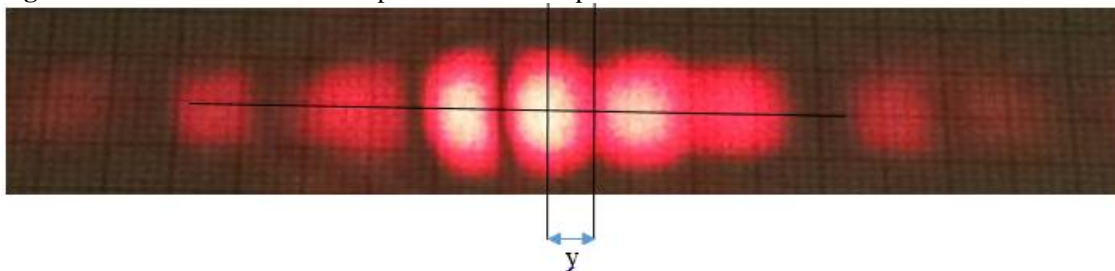
Sabendo que $\lambda = 632,8 \times 10^{-9} \text{ m}$

Então, $d = \frac{632,8 \times 10^{-9} \text{ m}}{1,33928 \times 10^{-3}} = 4,725 \times 10^{-4} \text{ m}$, que é a distância entre as fendas.

Logo a distância entre as fendas é de 0,472 mm.

Usamos o mesmo padrão de interferência para calcular a distância entre as fendas usando o padrão de interferência destrutiva e a respectiva relação matemática conforme a figura 15.

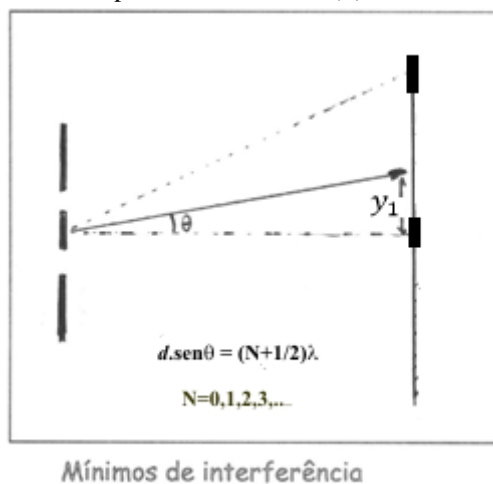
Figura 14. Padrão de interferência para uma fenda dupla



Fonte: Autor.

Fixamos o centro do foco, e o centro da interferência destrutiva (esquerda) e medimos a distância entre ele (y). Além de usa a relação geométrica obtida da figura 15.

Figura 15. Relação geométrica entre o padrão e a distância (L)



Fonte: Autor

$$d \cdot \text{sen}\theta = (N + 1/2)\lambda$$

Dados

$$N=0, L=5,6\text{m}, y_1 = 4\text{mm}, \lambda = 632,8\text{nm}$$

Por relação trigonométrica temos que

$$\text{sen}\theta = \frac{y_1}{L} = \frac{4 \times 10^{-3}\text{m}}{5,6\text{m}} = 7,143 \times 10^{-4}$$

Substituindo o valor de $\text{sen}\theta$ e isolando d temos que:

$$d = \frac{(N + 1/2)\lambda}{\text{sen}\theta}$$

$$d = \frac{(0 + 1/2)632,8 \times 10^{-9} \text{m}}{7,143 \times 10^{-4}} = 4,423 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Logo a distância entre as fendas é de 0,442mm

Fazendo a média entre os valores obtidos para a distância entre as fendas, na interferência construtiva, e a interferência destrutiva, obtemos:

$$\bar{d} = \frac{d_c + d_{nc}}{2} = \frac{0,472 \text{mm} + 0,442 \text{mm}}{2} = 0,457 \text{ mm}$$

Que é a distância média entre as fendas, valor próximo de um sistema comercial que foi de 0,55mm.

Foram realizadas experiências de interferência da luz usando uma luz de laser com comprimento de $\lambda = 532 \text{nm}$ (luz verde) e os padrões obtidos são mostrados na figura (16).

Nas figuras é possível observar padrões bem nítidos, de tal forma que poderíamos usar os mesmos cálculos usados na geometria do laser vermelho para calcular a distância entre as fendas.

4. ROTEIRO EXPERIMENTAL

Professor (a) o roteiro experimental poderá ser impresso separadamente da Cartilha, e deverá ser distribuído para os alunos nos grupos.

Organize a sala de aula para a experimentação, divida a sala em grupos, de 3 a 5 alunos. Os alunos com os materiais em mãos deveram a confeccionar as fendas e a montar os suportes de fixação dos dispositivos e do laser. Acompanhe esses procedimentos de perto, orientando os alunos nos procedimentos. Depois de feitas a parte de confecção, oriente os alunos na montagem experimental, no escurecimento da sala de aula e finalmente na realização do experimento. Toda a metodologia e os procedimentos estão nessa cartilha.

ROTEIRO EXPERIMENTAL

Difração e Interferência da luz

Nome da Escola: _____

Professor (a): _____

Turma: _____

Nome e número dos componentes do grupo:

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____

Data: ___ / ___ / ____

OBJETIVOS

- ✚ Confeccionar fendas simples e duplas com diferentes distâncias entre elas,
- ✚ Montar os suportes do emissor de luz e das fendas utilizando qualquer um dos materiais disponíveis em sala de aula,
- ✚ Coletar “fotografar” os dados dos padrões de difração e interferência da luz para as diferentes fendas confeccionadas e cores de lasers utilizados.
- ✚ Preencher a tabela 1, com os dados dos padrões de interferência.
- ✚ Realizar os cálculos e preencher a tabela 2.
- ✚ Relacionar os conteúdos teóricos com a parte experimental.
- ✚ Responder as perguntas do roteiro, sobre ondas, óptica, difração e interferência.

LISTA DE MATERIAIS

Os materiais utilizados para o experimento estão apresentados no quadro abaixo.

Tabela 4. Materiais utilizados para os experimentos de difração e interferência

Materiais	Especificação.
<ul style="list-style-type: none">• Folha de plástico• Latinha• Recipiente de Sabão líquido.• Tudo de creme dental	Construção da fenda.
<ul style="list-style-type: none">• Laser	Comprimento de onda de 650 nm, 532 nm.
<ul style="list-style-type: none">• Suporte de fendas	Opções livros, cadernos ou até mesmo o apagador.
<ul style="list-style-type: none">• Régua• Fita métrica	Régua plástica de 30,0 cm, fita métrica 5 m.
<ul style="list-style-type: none">• Fita adesiva	Fixar as fendas e laser no suporte.
<ul style="list-style-type: none">• Anteparo	Parede lisa de concreto.
<ul style="list-style-type: none">• Papel milimetrado	Papel para marcar os padrões de difração e Interferência.
<ul style="list-style-type: none">• Tesoura/Estilete	Para a construção das fendas.
<ul style="list-style-type: none">• Câmera/Celular	Fotografar os padrões de interferência.

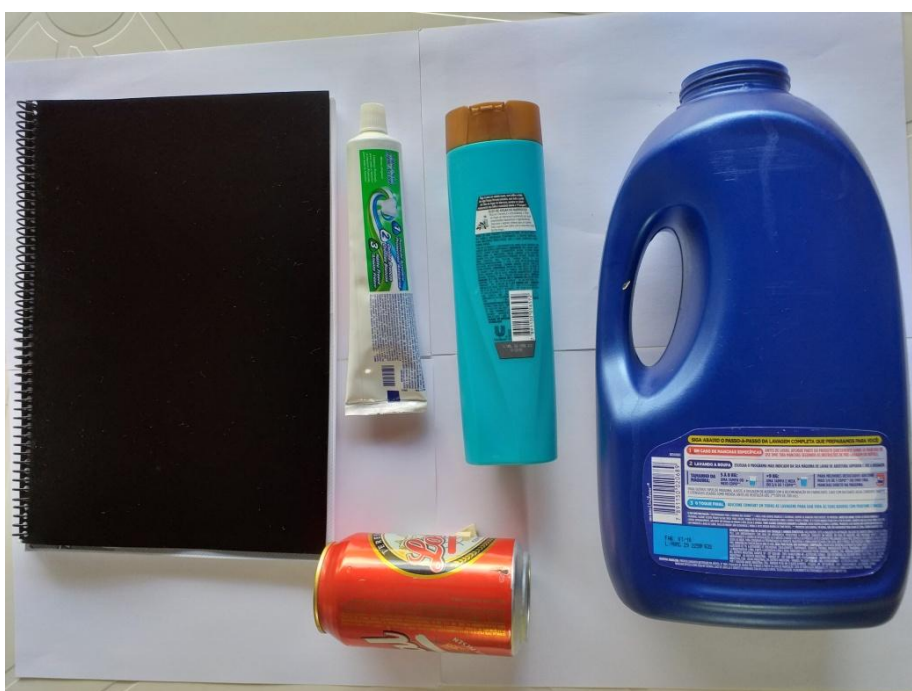
Fonte: Autor

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Construção dos dispositivos ópticos em sala de aula

Confecção das fendas simples e duplas usando plástico de encadernação, placas obtidas de latinhas de alumínio, recipiente de sabão líquida para roupas ou tubo de creme dental. com uso de tesoura. Corte as placas com aproximadamente 6 cm x 5 cm, de modo a ser posicionada num suporte em frente da saída do laser.

Figura 16. Seleção de materiais



Fonte: O autor

Depois de selecionados os materiais podemos realizar os cortes de forma retangulares. Para a realização da parte de corte dos materiais, oriente os alunos para que tenham muito cuidado ao manusear os equipamentos cortantes.

Figura 17. Corte dos dispositivos



Fonte. Autor

II) Faça uma pequena fenda utilizando uma tesoura de lamina fina ou um estilete. Utilize uma régua e trace uma linha reta para fazer a fenda mais reta possível. Observação à abertura da fenda deve ser bem fina, mais ou menos da espessura da lâmina de um estilete.

Figura 18. Seleção dos pontos de corte



Fonte: Autor.

Figura 19. Realização do corte



Fonte: Autor

4.3.2. Montagem experimental.

III) Fixe na parede uma folha de papel milimetrado.

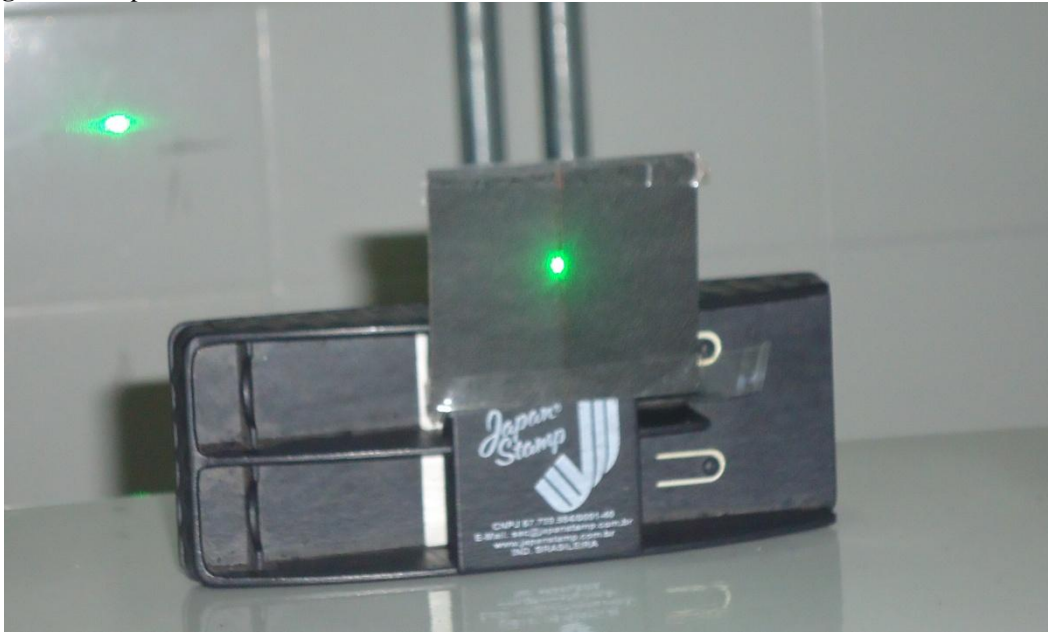
Figura 20. Uso de papel milimetrado



Fonte: Autor

IV) Construa um suporte para fixar a fenda, utilize como opções livros, cadernos ou até mesmo o apagador.

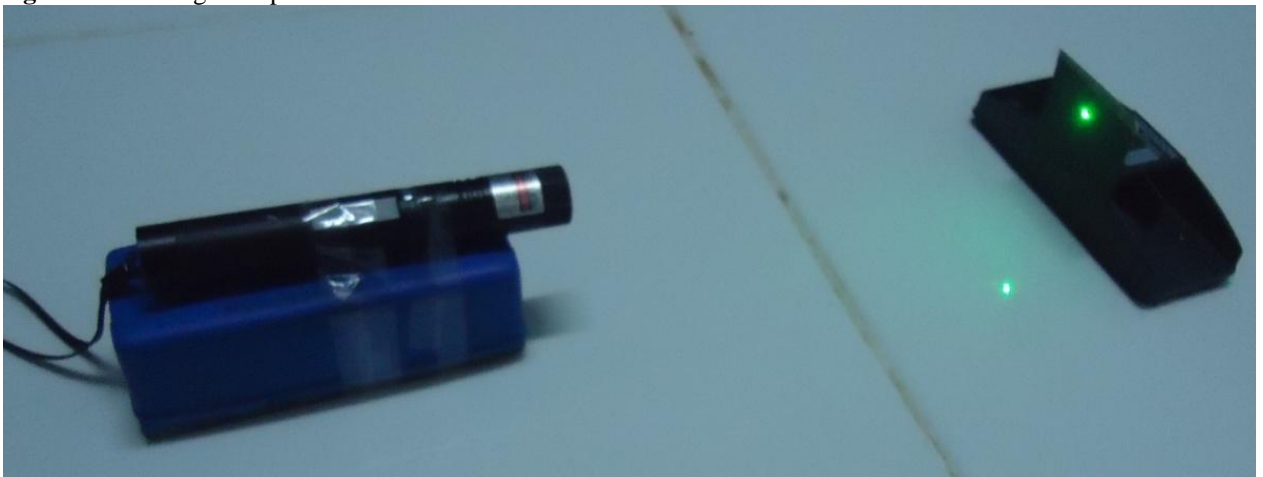
Figura 21. Suporte da fenda



Fonte: Autor.

V) Construa um suporte para fixar o laser, utilize as opções do item anterior.

Figura 22. Montagem experimental



Fonte: Autor

VI) Meça a distância d a fenda fixada e o anteparo “Parede”. Verifique a distancia que melhor visualize o padrão de difração e interferencia.

Figura 23. Utilização da trena



Fonte: Autor

VII) Acione o Laser e aponte o feixe para a fenda, procure a melhor posição, observe se esta aparecendo algum padrão de interferência no anteparo.

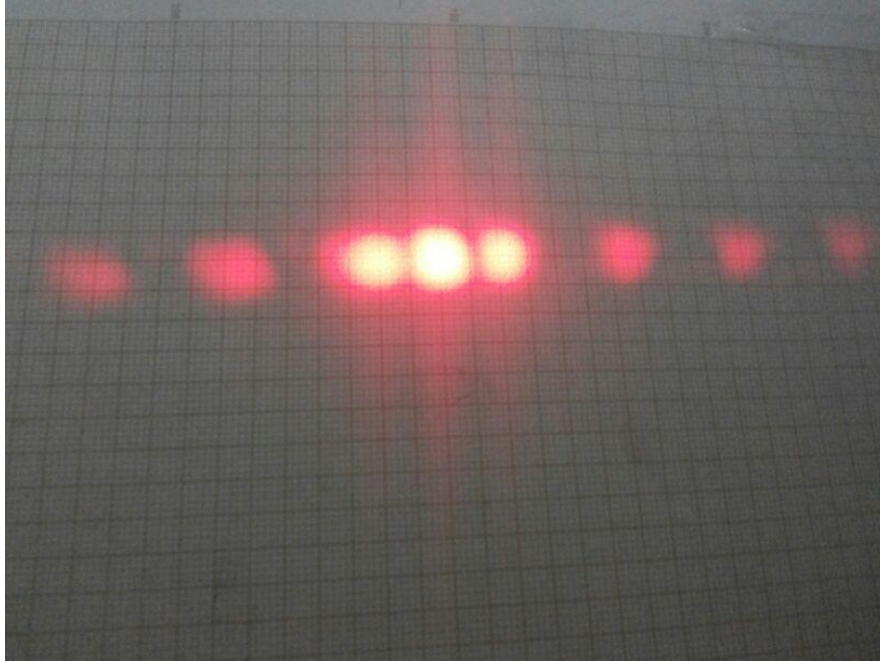
Figura 24. Montagem experimental suporte do Laser e da fenda



Fonte: Autor

VIII) Observe os padrões de interferência no papel milimetrado, colete os dados através de fotografias de modo que fique nítido o padrão de interferência.

Figura 25. Exemplo de um padrão de Interferência



Fonte: Autor

IX) Troque a fenda simples por uma fenda dupla, e observe os padrões de interferência no papel milimetrado, faça as fotografias de modo que fique nítido o padrão de interferência.

Tabulação dos dados

X) Preencha as tabelas e responda em grupo todas as perguntas do roteiro.

XI) Opcional: Baixe gratuitamente o aplicativo “Conversor de Unidades”



no Play Store



Tabela 5. Modelo de tabela que os alunos irão preencher para fenda simples

Tabela 1 Fenda simples

Laser Vermelho (), Laser Verde ()

Comprimento de onda do Laser: _____(nm)

Distância da fenda ao anteparo	(mm) L=	(cm) L=	(m) L=
Distância entre o Máximo Central e o primeiro Máximo à esquerda.	(mm) $y_{1esq} =$	(cm) $y_{1esq} =$	(m) $y_{1esq} =$
Distância entre o Máximo Central e o primeiro Máximo à direita.	(mm) $y_{1dir} =$	(cm) $y_{1dir} =$	(m) $y_{1dir} =$
Média aritmética dos valores do primeiro máximo à esquerda com a do primeiro Máximo à direita.	(mm) $Y_{1média} =$	(cm) $Y_{1média} =$	(m) $Y_{1média} =$
Valor da abertura da fenda simples. Observação utiliza o máximo da direita y_{1dir} ou da esquerda y_{1esq} para realizar os cálculos.	(mm) $a =$	(cm) $a =$	(m) $a =$

Fonte: Autor

Tabela 6. Modelo de tabela que os alunos irão preencher para fenda dupla

Tabela 2 Fenda dupla

Laser Vermelho (), Verde ()

Comprimento de onda do Laser: _____(nm)

Distância da fenda ao anteparo	(mm) L=	(cm) L=	(m) L=
Distância entre o Máximo Central e o primeiro Máximo à esquerda.	(mm) $y_{1esq} =$	(cm) $y_{1esq} =$	(m) $y_{1esq} =$
Distância entre o Máximo Central e o primeiro Máximo à direita.	(mm) $y_{1dir} =$	(cm) $y_{1dir} =$	(m) $y_{1dir} =$
Média aritmética dos valores do primeiro máximo à esquerda com a do primeiro Máximo à direita.	(mm) $Y_{1média} =$	(cm) $Y_{1média} =$	(m) $Y_{1média} =$
Valor da distância entre as fendas. Observação utiliza o máximo da direita y_{1dir} ou da esquerda y_{1esq} para realizar os cálculos.	(mm) $d =$	(cm) $d =$	(m) $d =$

Referências bibliográficas

BORGES, P. D, Apostila de Física, Santa Maria 2009.

Aberto Gaspar. Livro: Física Série Brasil, volume: Único. Ano 2007.

Blaidi, S.A; Martini, G; Reis, H. C; Spinelli, W. Livro: Conexões com a Física, Volume Único.

Máximo, A; Alvarenga, B. Livro: Curso de Física, Volume 2.

Nani, A. P. S; Válio, A. B. M; Fukui, A; Ferdinian, B; Molina, M. M; Venê. Livro: Ser Protagonista, edição 3º.

Paz, M.R.A; Mariano, W.M. Livro: Rede RCE educação e valores: 2º serie Física, Volume 2.

Borges, P. D, Apostila de Física, Santa Maria 2009.

BRAUN, Luci Fortunata Motter; BRAUN, Thomas. A montagem de Young no estudo da interferência, difração e coerência de fontes luminosas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 11, n. 3, p. 184-195, jan. 1994. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7146>>. Acesso em: 21 jun. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/7146>.

MOURA, Breno Arsioli; BOSS, Sergio Luiz Bragatto. Thomas Young e o resgate da teoria ondulatória da luz: Uma tradução comentada de sua Teoria Sobre Luz e Cores. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 37, n. 4, p. 4203-1-4203-24, Dec. 2015

Bonjorno, J. R, Bonjorno, V, Ramos, C. M. Livro: Física Fundamental – Novo, Volume: Único, 2º grau. São Paulo: FTD, Ano 1999.

QUESTIONÁRIO I

Prezado estudante,

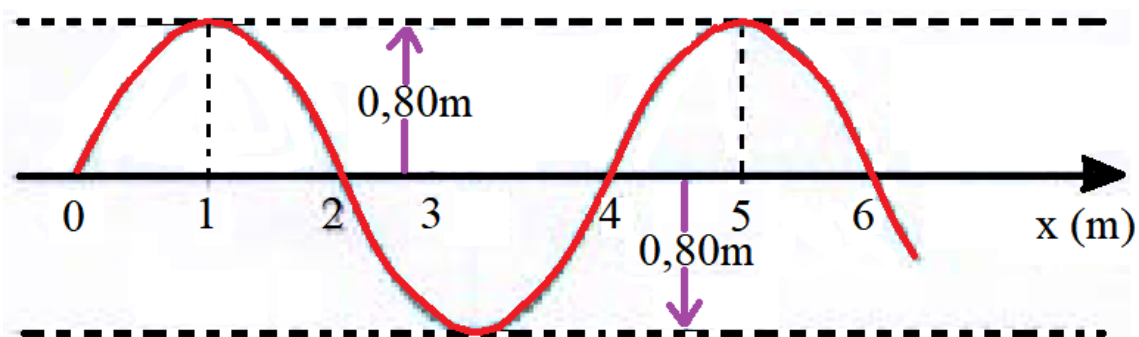
Você está sendo convidado a participar, como voluntário, em uma pesquisa cujos resultados servirão para uma análise diagnóstica sobre o conhecimento prévio que você possui sobre conteúdos ondas e óptica. Trata-se de um breve questionário contendo perguntas abertas e fechadas. A confidencialidade é garantida, e apenas os dados consolidados serão divulgados na pesquisa.

- 1) O que é uma onda?
 - a) São perturbações periódicas ou oscilações de partículas, provocado pela perturbação por meio das quais, muitas formas de energia propagam-se a partir de suas fontes.
 - b) É o movimento provocado pela força peso
 - c) É um estado de perturbação existente nos líquidos.
 - d) É o movimento causado pela vibração da matéria convencional.

- 2) Em relação à Natureza das ondas, como elas podem ser classificadas.
 - a) Ondas Mecânicas
 - b) Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas
 - c) Ondas Eletromagnéticas
 - d) Ondas de Matéria e ondas Magnéticas

- 3) Podemos classificar as propagações ondulatórias de acordo com três critérios:
 - a) Direção do movimento, natureza da onda e grau de intensidade para a propagação das ondas.
 - b) Direção do comprimento de onda, natureza do movimento o grau de liberdade.
 - c) Direção da vibração, natureza da vibração e grau de liberdade para a propagação das ondas.
 - d) Direção e sentido, caráter oscilatório e grau de liberdade para a propagação das ondas.

- 4) De acordo com o conceito de Difração assinale a alternativa correta:
- a) Difração é o formato das ondas.
 - b) Conceitua-se difração a diminuição da velocidade sofrida por ondas ao passarem por meios diferentes.
 - c) Na Difração ocorre aumento da frequência da onda quando a mesma contorna objetos.
 - d) Denomina-se difração o desvio sofrido por ondas ao passarem por um obstáculo, tal como as bordas de uma fenda em um anteparo.
- 5) De acordo com o conceito de Interferência assinale a alternativa correta::
- a) A interferência é o fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram, esse encontro é também conhecido como superposição de ondas.
 - b) A interferência é o desvio sofrido por ondas ao passarem por barreiras.
 - c) Conceitua-se Interferência de ondas a diminuição da intensidade do brilho quando uma onda de luz interfere-se com outra.
 - d) Denomina-se Interferência o modo como às ondas se comportam quando são submetidas a passarem de um meio para outro.
- 6) A figura mostra o perfil de uma corda onde se propaga uma onda periódica, com frequência de 10kHz. Determine:
- a) A amplitude e o comprimento da onda;
 - b) Sua velocidade de propagação.



- 7) A cor não é uma característica própria dos objetos, mas é definida pela luz que os ilumina. Dependendo do tipo de luz que ilumina um objeto, monocromática

- (uma cor) ou policromática (luz branca), ele pode apresentar-se com diferentes cores. Nesse caso porque se escolhe utilizar um retroprojektor (“Data-Show”) em uma parede branca em vez de uma parede preta?
- a) A parede branca possui a capacidade de refletir qualquer tipo de radiação incidente, por isso, podem apresentar-se em qualquer cor. A parede preta absorve qualquer tipo de luz incidente.
 - b) A parede branca possui a capacidade de absorver qualquer tipo de radiação incidente, por isso, podem apresentar-se em qualquer cor. A parede preta reflete qualquer tipo de luz incidente.
 - c) Paredes brancas ou pretas refletem igualmente qualquer tipo de radiação incidente, sem alteração da cor ou qualidade das imagens projetadas.
 - d) A parede branca absorve a radiação incidente pelo retroprojektor, assim como a parede preta.
- 8) A luz se propaga no vácuo e também em alguns tipos de meios materiais. Um meio é denominado transparente quando:
- a) Quando permite a passagem parcialmente da luz, ou seja a luz não passa por eles com tanta facilidade.
 - b) Quando não permite a passagem de luz, de modo que não podemos ver os objetos através dele.
 - c) Quando permite a passagem de luz de modo que podemos ver claramente os objetos através dele.
 - d) Quando esse meio absorve e reflete a luz, ou seja, a luz absorvida é transformada em outras formas de energia.
- 9) De acordo com o conceito de refração, assinale a alternativa correta:
- a) Refração é o fenômeno que ocorre quando a luz atravessa a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração, quando isso ocorre, à mudança na velocidade de propagação, no comprimento de onda e na direção de propagação da luz.
 - b) Refração é a mudança na velocidade de uma onda ao atravessar a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração. A refração não modifica a velocidade de propagação e o comprimento de onda se mantém o mesmo.

- c) A refração é o fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio heterogêneo e translúcido para um meio homogêneo e opaco. Nessa mudança, não ocorrer alterações na velocidade e na direção de propagação da luz.
- d) Refração é o fenômeno que consiste no fato de a luz voltar a se propagar no meio de origem, após incidir sobre um objeto ou superfície.

10) Marque (V) para as alternativas verdadeiras e (F) para as falsas:

- I) () A luz visível pode ser considerada uma onda eletromagnética.
- II) () A luz é tanto onda quanto partícula. A dualidade onda-partícula da luz mostra-nos esse seu comportamento duplo.
- III) () O som é uma onda eletromagnética.
- IV) () Ondas podem sofrer reflexão, refração, difração e interferência, e transportam energia, e essas características são compartilhadas pelas ondas mecânicas, e eletromagnéticas.
- V) () A velocidade de propagação de uma onda Mecânica é sempre maior que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética.
- VI) () Reflexão é a mudança na velocidade de uma onda ao atravessar a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração.
- VII) () Um meio homogêneo é aquele que apresenta as mesmas características em todos os elementos de volume. Um meio isotrópico, ou isotrópico, é aquele em que a velocidade de propagação da luz e as demais propriedades ópticas independem da direção em que é realizada a medida.
- VIII) () Reflexão regular ocorre em superfícies metálicas bem polidas, como espelhos. E Reflexão difusa ocorre em superfícies rugosas, e é responsável pela visibilidade dos objetos.
- IX) () Quando os raios de luz se cruzam, por exemplo, dois lasers de cores diferentes, estes mudam de trajetória e suas cores sofrem alterações.
- X) () A frequência é uma grandeza física que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações) em um determinado intervalo de tempo.

QUESTIONÁRIO II

Prezado estudante,

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, em uma pesquisa cujos resultados servirão para uma análise diagnóstica sobre o conhecimento prévio que você possui sobre conteúdos ondas e óptica. Trata-se de um breve questionário contendo perguntas abertas e fechadas. A confidencialidade é garantida, e apenas os dados consolidados serão divulgados na pesquisa.

11) O que é uma onda?

- e) São perturbações periódicas ou oscilações de partículas, provocado pela perturbação por meio das quais, muitas formas de energia propagam-se a partir de suas fontes.
- f) É um estado de perturbação existente nos líquidos.
- g) É o movimento causado pela vibração da matéria convencional.
- h) É o movimento provocado pela força peso

12) Em relação à Natureza das ondas, como elas podem ser classificadas.

- e) Ondas Mecânicas
- f) Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas
- g) Ondas Eletromagnéticas
- h) Ondas de Matéria e ondas Magnéticas

13) Podemos classificar as propagações ondulatórias de acordo com três critérios:

- e) Direção do movimento, natureza da onda e grau de intensidade para a propagação das ondas.
- f) Direção do comprimento de onda, natureza do movimento o grau de liberdade.
- g) Direção da vibração, natureza da vibração e grau de liberdade para a propagação das ondas.
- h) Direção e sentido, caráter oscilatório e grau de liberdade para a propagação das ondas.

14) Em relação aos graus de liberdade para a propagação das ondas assinale a alternativa correta:

- e) Nas propagações unidimensionais, as ondas se deslocam sobre uma superfície. Nas propagações bidimensionais, as ondas são produzidas sobre uma linha. Nas propagações tridimensionais, as ondas se propagam em todas as direções, por todo o espaço.
- f) Nas propagações unidimensionais, as ondas se propagam no ar. Nas propagações tridimensionais, as ondas se propagam na água.
- g) Nas propagações unidimensionais, as ondas se deslocam na água. Nas propagações bidimensionais, as ondas se propagam no ar. Nas propagações tridimensionais, as ondas se propagam nas cordas.
- h) Nas propagações unidimensionais, as ondas se deslocam sobre uma linha. Nas propagações bidimensionais, as ondas são produzidas sobre uma superfície. Nas propagações tridimensionais, as ondas se propagam em todas as direções, por todo o espaço.

15) Em relação às ondas periódicas, Amplitude, Frequência, Fase, Velocidade de fase, período e comprimento de onda. Assinale alternativa correta:

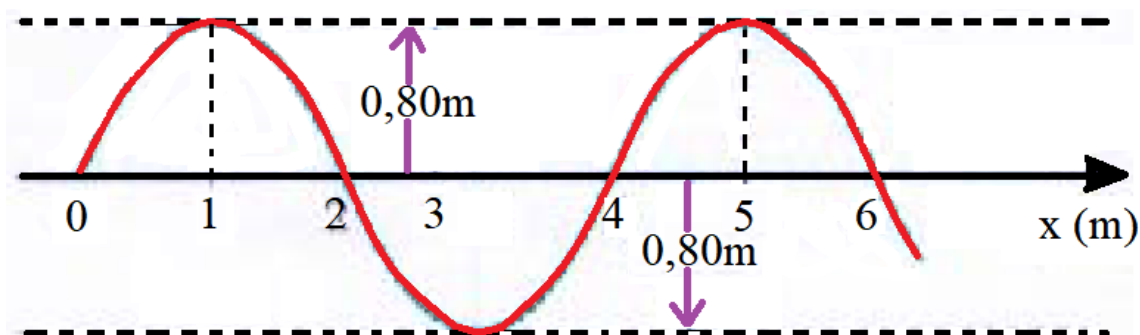
- e) **Amplitude da onda** (A) - É a medida da altura da onda. **Fase** - É o ângulo da inflexão em um ponto específico no tempo, medido em graus. **Velocidade de fase** - É a velocidade de propagação de uma onda. **Período** (T) - Intervalo de tempo (s) de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. **Comprimento de Onda** (λ) - É a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.
- f) **Amplitude da onda** (A) - É a medida do comprimento da onda. **Fase** - É o ângulo da reflexão em um ponto qualquer no tempo, medido em graus. **Velocidade de fase** - É a velocidade de propagação de uma onda. **Período** (T) - Intervalo de tempo (s) de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. **Comprimento de Onda** (λ) - É a menor distância entre dois pontos que vibram em concordância de fase, em particular é a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.
- g) **Amplitude da onda** (A) - É a medida do comprimento da onda. **Fase** - É o ângulo da inflexão em um ponto específico no tempo, medido em radianos.

Velocidade de fase – É a velocidade de propagação de uma onda. **Período** (T) – Intervalo de tempo (h) meia oscilação da onda. **Comprimento de Onda** (λ) - É a distância entre quatro cristas ou quatro vales consecutivos.

- h) **Amplitude da onda** (λ) - É a altura e o comprimento da onda. **Fase** - É o ângulo da reflexão em um ponto específico no tempo. **Velocidade de fase** – É a velocidade de oscilação da amplitude da onda. **Período** (T) – Intervalo de tempo (RPM) de uma oscilação completa de qualquer ponto da onda. **Comprimento de Onda** (A) - É distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos.

16) A figura mostra o perfil de uma corda onde se propaga uma onda periódica, com frequência de 10kHz. Determine:

- A amplitude e o comprimento da onda;
- Sua velocidade de propagação.



17) A cor não é uma característica própria dos objetos, mas é definida pela luz que os ilumina. Dependendo do tipo de luz que ilumina um objeto, monocromática (uma cor) ou policromática (luz branca), ele pode apresentar-se com diferentes cores. Nesse caso porque se escolhe utilizar um retroprojeter (“Data-Show”) em uma parede branca em vez de uma parede preta?

- A parede branca possui a capacidade de refletir qualquer tipo de radiação incidente, por isso, podem apresentar-se em qualquer cor. A parede preta absorve qualquer tipo de luz incidente.
- A parede branca possui a capacidade de absorver qualquer tipo de radiação incidente, por isso, podem apresentar-se em qualquer cor. A parede preta reflete qualquer tipo de luz incidente.

- g) Paredes brancas ou pretas refletem igualmente qualquer tipo de radiação incidente, sem alteração da cor ou qualidade das imagens projetadas.
 - h) A parede branca absorve a radiação incidente pelo retroprojektor, assim como a parede preta.
- 18) A luz se propaga no vácuo e também em alguns tipos de meios materiais. Um meio é denominado transparente quando:
- e) Quando permite a passagem parcialmente da luz, ou seja a luz não passa por eles com tanta facilidade.
 - f) Quando não permite a passagem de luz, de modo que não podemos ver os objetos através dele.
 - g) Quando permite a passagem de luz de modo que podemos ver claramente os objetos através dele.
 - h) Quando esse meio absorve e reflete a luz, ou seja, a luz absorvida é transformada em outras formas de energia.
- 19) De acordo com o conceito de refração, assinale a alternativa correta:
- e) Refração é o fenômeno que ocorre quando a luz atravessa a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração, quando isso ocorre, à mudança na velocidade de propagação, no comprimento de onda e na direção de propagação da luz.
 - f) Refração é a mudança na velocidade de uma onda ao atravessar a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração. A refração não modifica a velocidade de propagação e o comprimento de onda se mantém o mesmo.
 - g) A refração é o fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio heterogêneo e translúcido para um meio homogêneo e opaco. Nessa mudança, não ocorrer alterações na velocidade e na direção de propagação da luz.
 - h) Refração é o fenômeno que consiste no fato de a luz voltar a se propagar no meio de origem, após incidir sobre um objeto ou superfície.
- 20) Marque (V) para as alternativas verdadeiras e (F) para as falsas:
- I) () A luz visível pode ser considerada uma onda eletromagnética.

- II) () A luz é tanto onda quanto partícula. A dualidade onda-partícula da luz mostra-nos esse seu comportamento duplo.
- III) () O som é uma onda eletromagnética.
- IV) () Ondas podem sofrer reflexão, refração, difração e interferência, e transportam energia, e essas características são compartilhadas pelas ondas mecânicas, e eletromagnéticas.
- V) () A velocidade de propagação de uma onda Mecânica é sempre maior que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética.
- VI) () Reflexão é a mudança na velocidade de uma onda ao atravessar a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração.
- VII) () Um meio homogêneo é aquele que apresenta as mesmas características em todos os elementos de volume. Um meio isotrópico, ou isotrópico, é aquele em que a velocidade de propagação da luz e as demais propriedades ópticas independem da direção em que é realizada a medida.
- VIII) () Reflexão regular ocorre em superfícies metálicas bem polidas, como espelhos. E Reflexão difusa ocorre em superfícies rugosas, e é responsável pela visibilidade dos objetos.
- IX) () Quando os raios de luz se cruzam, por exemplo, dois lasers de cores diferentes, estes mudam de trajetória e suas cores sofrem alterações.
- X) () A frequência é uma grandeza física que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações) em um determinado intervalo de tempo.