FUNDAÇÃO ESCOLA TÉCNICA LIBERATO SALZANO VIEIRA DA CUNHA

CURSO TÉCNICO DE ELETRÔNICA

MICRÔMETRO DE LUZ COM LASER DE DIODO

ESMAEL DE OLIVEIRA FLÔRES
GABRIEL JONER GOMES
ROBSON JUNIOR DA ROCHA

TURMA 4311

Novo Hamburgo, maio de 2004

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 3

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4

2.1 Interferência 4

2.2 Difração 7

2.2.1 Difração de Fraunhofer 7

2.3 Laser 8

3 PROCEDIMENTOS 9

3.1 Determinando o comprimento de onda do laser 9

3.2 Difração em fios 11

3.3 Difração em orifícios 12

4 CONCLUSÃO 14

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

INTRODUÇÃO

No dia 23 de março de 2003, o professor Luiz André Mützenberger da disciplina de Física, apresentou para a turma 4311 as propostas para o trabalho trimestral a ser realizado para este trimestre. Os assuntos que deveriam ser abordados no trabalho possuem uma ligação direta com o conteúdo relativo às ondas estudado durante o primeiro trimestre.

O assunto que escolhemos para abordar no nosso trabalho é relacionado à óptica ondulatória, que nada mais é do que o estudo dos fenômenos óticos. No caso do nosso trabalho vamos considerar os princípios da ótica física, ou seja, adotando um modelo físico para a natureza da luz.

Para melhor compreensão desse assunto vamos abordar através de experiências algumas propriedades da luz como onda, que são a refração, a reflexão e a interferência, e que poderão ser facilmente visualizada com o auxílio de um laser. Através do estudo dessas propriedades pode-se determinar algumas medidas extremamente pequenas, como a espessura de um fio de cabelo, ou o diâmetro de uma pequena fenda por exemplo.

Assim foi elaborado esse relatório no qual pode-se visualizar as etapas das experiências bem como os resultados aos quais chegamos, possibilitando assim que as experiências sejam repetidas, seguindo as etapas aqui descritas e também comparar os resultados obtidos com o que nós obtemos.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

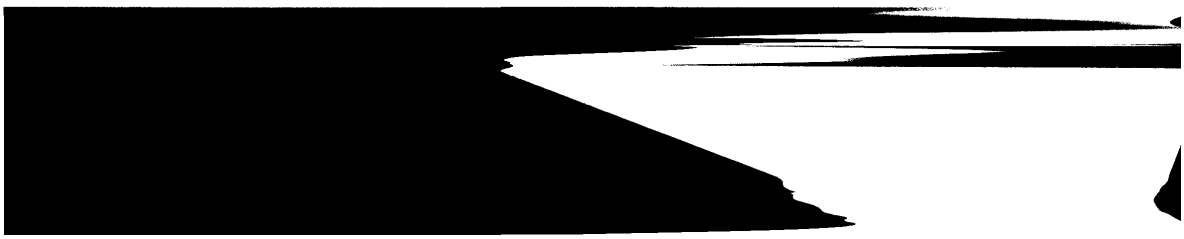
A óptica se divide em óptica física e óptica ondulatória. A óptica física tem o objetivo de estudar os fenômenos relacionados à luz, se preocupando com sua natureza, se ondulatória ou corpuscular. Já a óptica geométrica trata da luz sem se preocupar com a sua natureza.

Inicialmente, imaginava-se que a luz fosse corpuscular, mas após a experiência de Huygens, que determinou a velocidade da luz na água, admitiu-se que a luz fosse ondulatória. Porém, sua natureza não é tão simples assim: Fenômenos descobertos mais recentemente mostram que ele não pode ser entendida apenas pela sua natureza ondulatória — ela tem também uma natureza corpuscular. Atualmente admite-se a teoria onda-partícula.

2.1 Interferência

A interferência é um fenômeno tipicamente ondulatório. Ela se caracteriza pelo efeito produzido pelas ondas durante a travessia, resultante da sua superposição. Há regiões onde as ondas se reforçam positivamente, no encontro de dois picos, e negativamente, no encontro de dois vales, ou se anulam quando um pico e um vale se encontram.

Para a obtenção experimental da interferência de dois feixes de luz, Thomas Young utilizou uma engenhosa montagem. A mesma fonte é "descomposta" em duas. Veja a figura 1:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

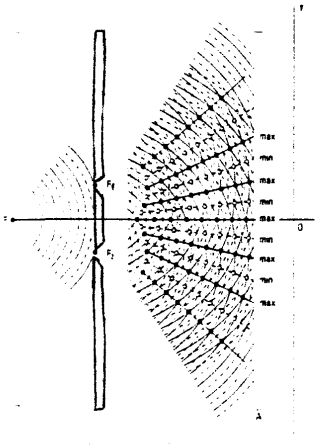


Figura 1

As figuras de interferência assim obtidas, compostas de faixas claras e escuras, conhecidas como franjas de interferência, passaram a ser um valioso instrumento para a determinação das características da radiação luminosa originária da fonte luminosa. Veja a figura 2:

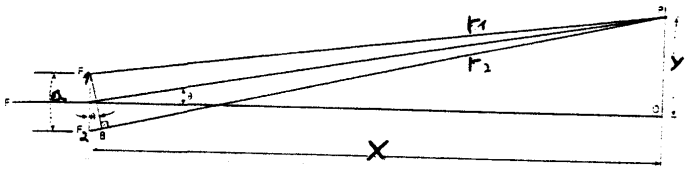


Figura 2

Pode-se determinar o ângulo θ e a posição y, correspondentes a cada franja clara, a partir de expressões matemáticas simples. Sendo "a", a distância entre as fendas, x a distância do plano das fendas ao anteparo e λ o comprimento de onda da radiação luminosa originária da fonte F, o ângulo θ é dado pela equação 1:

$$\text{sen}\ \theta = n * \lambda / a \qquad \text{(Equação 1)}$$

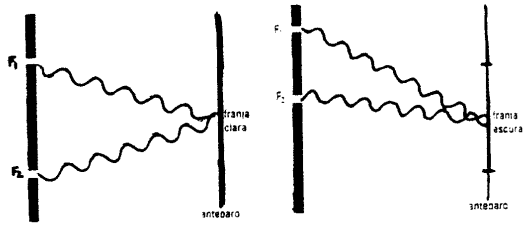
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Já a ordenada y de cada franja clara, em relação à origem O, é dada por:

$$Y = n * x * \lambda / a \qquad \text{(Equação 2)}$$

Onde n é um número inteiro, positivo ou negativo, correspondente à ordem numérica de cada franja a partir da origem. A posição em que se situam as franjas claras não é importante, mas as informações que a medida dessas posições podem nos oferecer são muito valiosas.

O efeito resultante dos raios de luz emitidos pelas fendas f1 e f2 ao atingir o anteparo A do ponto de vista ondulatório, pode ser obtido lembrando que ondas de mesma fase se reforçam e em oposição de fase se anulam, como mostram as figuras abaixo: (3 e 4)



Figuras 3 e 4

Para que dois raios de luz atinjam o anteparo na mesma fase, é preciso que a diferença entre as distâncias por eles percorridos seja igual a um número inteiro n de comprimento de onda. Se essa diferença for igual a um número não inteiro de comprimento de onda, eles atingem o anteparo em oposição de fase e se anulam. Veja a figura 5:

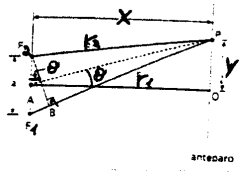
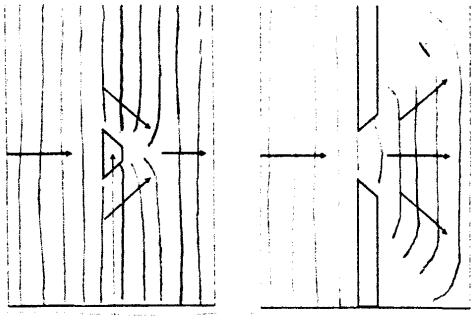


Figura 5

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.2 Difração

Como a interferência, a difração também é um fenômeno tipicamente ondulatório. A difração ocorre quando as ondas encontram um pequeno obstáculo — elas se abrem e tendem a contorna-los: Veja as figuras 6 e 7.



Figuras 6 e 7

2.2.1 Difração de Fraunhofer:

A situação mais simples que podemos estudar é a difração produzida por um feixe de luz monocromática que atravessa uma fenda estreita, conhecida como difração de Fraunhofer.

A característica da figura formada que pode ser obtida facilmente com um feixe de laser, é uma região central clara, com intensidade máxima, ladeada por regiões claras e escuras, veja na figura 8:

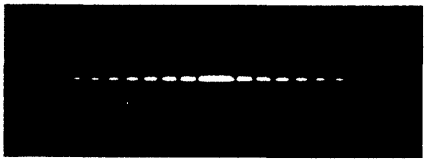


Figura 8

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Na figura 9, podemos ver que o claro de maior intensidade fica entre n = +1 e n = -1, ou seja, correspondente ao valor n = 0.

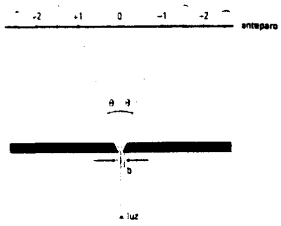


Figura 9

Para a difração em fios, temos o mesmo formato da figura 8, porém, com os máximos e mínimos invertidos, onde está claro ficará escuro e vice-versa.

2.3 Laser

A palavra laser vem da sigla *Light amplication by stimulated emission of radiation*, em inglês, que significa "Amplificação da luz por emissão de radiação estimulada". Nas fontes a luz se origina da emissão espontânea de fótons devida as oscilações de elétrons nos átomos de sólidos aquecidos, como os filamentos de lâmpadas, por exemplo. Os elétrons dos átomos do material aquecido saltam para níveis mais altos e, quando "caem" emitem fótons. Esse processo é espontâneo e aleatório — a luz gerada dessa forma não é coerente. É como se, numa cuba de ondas, milhões e milhões de martelinhos batessem na água livremente sem nenhum controle.

Em 1917, Einstein sugeriu que a "queda" dos elétrons poderia ser controlada desde que colidissem com fótons de mesmo nível energético, num processo chamado de *emissão estimulada*. Nesse processo, ou os átomos, ou os íons, ou as moléculas de determinado material são levados ou "bombeados", de alguma forma, para um nível energético mais alto — um estado excitado — e estimulados a emitir fótons, por colisão de fótons de mesma

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

energia da radiação estimuladora. Os fótons assim emitidos têm a mesma fase, o mesmo plano de polarização e a mesma da radiação estimuladora. Para que aja multiplicação do número de fótons, é preciso que o meio atingido pela radiação estimuladora tenha a maior parte de seus átomos, íons ou moléculas no estado excitado, num processo denominado *inversão de copulação*. A partir daí, um único fóton emitido aleatoriamente pode desencadear o processo.

Para que esse processo seja efetivo o meio excitado é colocado dentro de um *ressoador*, um tubo fechado nas extremidades por espelhos voltados para dentro, sendo um deles semi-transpaente. A radiação estimuladora é introduzida ao longo do eixo principal deste tubo. Os fótons assim emitidos percorrem o tubo internamente, refletindo-se em ambos os espelhos, para frente e para trás. Nesse vaivém novos fótons são emitidos — a radiação é amplificada — até que a radiação resultante atravesse o espelho semi-transparente na forma de um extenso feixe de luz paralelo e monocromático. O feixe é paralelo e extenso porque os fótons emitidos em outras direções escapam do tubo sem serem amplificados. Assim não passam pelo processo de amplificação devido às múltiplas reflexões nos espelhos.

3. PROCEDIMENTOS

3.1 Determinando o comprimento de onda do laser

Para conseguirmos determinar com precisão a espessura de fios, devemos primeiramente conhecer o comprimento de onda do laser utilizado. Sabemos que esse comprimento de onda varia de 630 nm a 680 nm.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Para realizarmos esse experimentos devemos dispor de um pedaço de CD de 650 MB, no qual sabemos que possui 630 linhas por milímetro. Veja a figura 10.

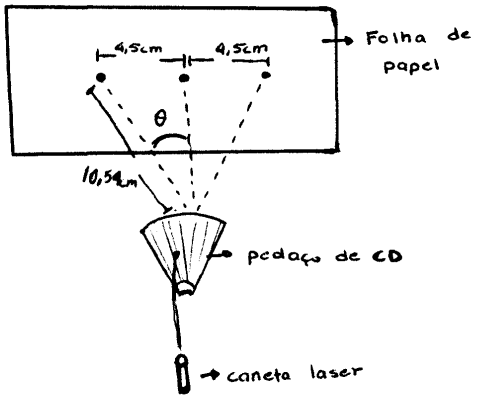


Figura 10

Através da equação 3, podemos calcular o ângulo θ, sendo X a distância do CD até o papel e Y a distância entre o máximo central e o primeiro máximo à esquerda:

$$Y / X = \text{tg}\ \theta \qquad \text{(Equação 3)}$$

Substituindo os valores na equação 3, encontramos:

$$0{,}045 / 0{,}1054 = \text{tg}\ \theta \rightarrow \theta = 23{,}12°$$

E através da equação 4 podemos calcular o comprimento de onda do laser:

$$\lambda = d * \text{sen}\theta \qquad \text{(Equação 4)}$$

$$\lambda = 1 / 630\ \text{mm} * \text{sen}\theta \rightarrow \lambda = 654{,}4\ \text{nm}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.2 Difração em fios

Ao tentarmos medir espessuras de fios com micrômetros convencionais temos a desvantagem de poder esmaga-los, assim não temos uma medida precisa. Já com o laser de diodo isso não acontece, conseguimos determinar sua espessura apenas com o fenômeno da difração. Nossa primeira experiência foi determinar a espessura de um fio de cabelo, o procedimento pode ser visto na figura 11:

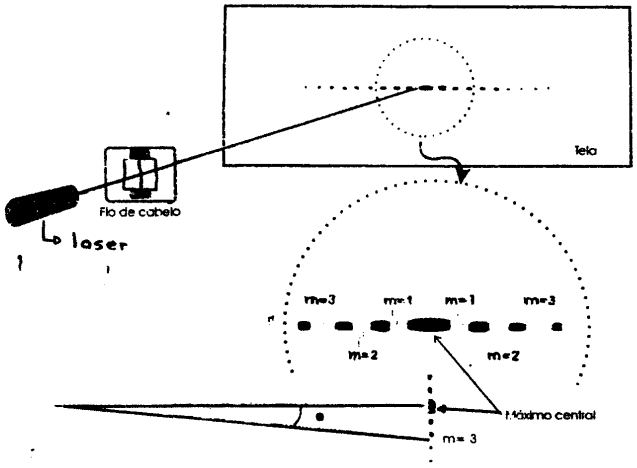


Figura 11

Sendo X a distância do laser até a parede e Y a metade da distância entre o mínimo = 1 e o mínimo = -1, ou seja, o mínimo da esquerda e o da direita. Encontramos os seguintes valores : x = 1m e y = 0,033m.

Através da equação 3, calculamos o ângulo θ, que resultou em 1,89°. E substituindo os valores na equação 4, calculamos o diâmetro do fio de cabelo: Aproximadamente 19,841 micrometros.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Também medimos a espessura de um fio de cobre, sendo daqueles bem finos, dos quais vários compõem um único fio. Encontramos os valores de X = 1m e Y = 7 mm, sendo que o ângulo calculado foi de 0,4°. E substituindo os valores na equação 4, encontramos a espessura de 108,2 micrometros.

Posicionando um fio de nylon em frente ao laser encontramos os seguintes valores: x = 1m e y = 1,3 cm. O ângulo resultou em 0,75° e sua espessura em 48,7 micrometros.

3.3 Difração em orifícios

Fazendo uma pequena fenda com a ponta de um estilete numa folha de alumínio, vemos a seguinte figura (12) ao direcionar o laser em uma parede:

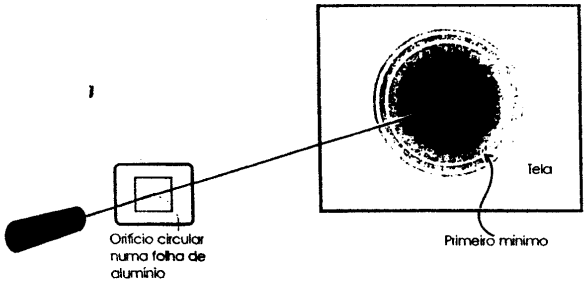


Figura 12

A distância entre o orifício e o centro da figura de interferência no anteparo será o cateto adjacente (X), e a distância entre o centro da figura até qualquer ponto do 1° anel escuro (1° mínimo) será o cateto oposto (Y). Medimos X = 4 m e Y = 0,01 m, resultando em um ângulo de 0,14°.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Para calcularmos o diâmetro da pequena fenda, utilizamos a equação 5:

$$\text{Diâmetro} = 1{,}22 * \lambda / \theta \qquad \text{(Equação 5)}$$

Substituindo os valores na equação 5, obtivemos o diâmetro igual a 5,6 micrometros. Para finalizar realizamos a experiência de verificar quantas linha existe em um CD de 700 MB, sabemos que um CD de 650 MB tem 630 linhas por milímetro. Então o outro deve ter um número maior de linhas por milímetro, já que tem mais capacidade de armazenamento.

Essa experiência foi realizada de maneira idêntica aquela que fizemos para determinar o comprimento de onda do laser, no entanto, de maneira inversa, pois antes sabíamos o número de linhas e queríamos descobrir o λ. Medimos então 5 cm em Y e 1 m em X, resultando em um ângulo de 25,24°. Substituindo os valores na equação 4 obtemos 657 linhas por milímetro.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

CONCLUSÃO

Após a realização desse trabalho podemos concluir que fazer esse tipo de experimento é uma opção interessante pois não se limita a utilizar apenas projetos que envolvam cálculos e fórmulas, mas também atividades onde os estudantes constroem e adaptam materiais para que com ele possam realizar medidas que ao serem comparadas com a parte teórica, apresentam resultados bastante satisfatórios.b

Todos os projetos de medição aqui descritos e realizados, já foram testados com alunos do ensino médio, e também em cursos de aperfeiçoamento para professores de física. Os resultados sempre foram bastante animadores, assim como os nosso que apresentaram valores muito semelhantes com os teoricamente conhecidos.

Assim como declaração final podemos dizer que ficamos muito surpresos com as fantásticas utilidades do laser de diodo e que com ele podemos obter informações sobre medidas que muitas consideramos desprezíveis e que quando observados pelos princípios da ótica podem representar-se em grande importância.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 – BONJORNO, Regina Azenha, José Roberto, Valter. Física fundamental 2° grau volume único. São Paulo, FTD, 1993.

2 - CATELLI, FRANCISCO ; VICENZI, SCHEILA. Departamento de Física e Química – Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul – RS. Laboratório caseiro: Transformando um laser de diodo para experimentos de óptica física. Março de 2002.

3 - CATELLI, F; VICENZI, Laboratório caseiro:Interferômetro de Michelson. Caderno catarinense de Física, v.18, p. 108-116, 2001.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com