

## ***FÍSICA ÓPTICA EXPERIMENTAL - DETERMINANDO O COMPRIMENTO DE ONDA ATRAVÉS DO EXPERIMENTO DE DUPLAS FENDAS.***

Damião Franceilton Marques De Sousa<sup>1</sup>

Luis Gomes De Negreiros Neto<sup>2</sup>

Reinaldo Freira Da Fonseca<sup>3</sup>

Ketly dos Santos Nascimento<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Durante muito a luz foi vista como algo material, como defendido por o físico Isaac Newton e seus seguidores, em sua teoria corpuscular para a luz, porém, nem todos os fenômenos que a luz fazia podiam ser explicados através desse pensamento, um deles é o que acontecia quando a luz passava por uma pequena abertura, onde a mesma sofria o fenômeno de *interferência*. O fenômeno de *interferência*, de suma importância para o avanço da física Óptica, sendo através desse fenômeno que fez com que estudiosos como Christiaan Huygens defender a ideia de que a luz se propagava como uma onda eletromagnética, onde esse fato foi apenas demonstrado em 1801 por pelo físico inglês Thomas Young, através do experimento conhecido como *dupla fenda*. Esse experimento demonstrou que a interferência só seria possível devido o caráter ondulatório que a luz possui. Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste em realizar esse experimento, de modo a estudar o fenômeno de *interferência*, e assim, determinar o comprimento de onda de uma luz monocromática (o *laser*). Sendo que, os resultados mostrados no decorrer do trabalho foram coerentes com que já se esperava, já que o comprimento de onda da luz utilizada estava entre o intervalo em que a cor se encontra na faixa de cores.

**Palavras-chave:** Dupla-fenda, Óptica, Experimental, Onda.

### **INTRODUÇÃO**

Uma das grandes discussões que se perpetuaram durante anos no ramo da física foram conceitos relacionados às características da luz, sua forma e comportamento por muito tempo foi tema de estudo por partes de grandes estudiosos, como o do físico inglês Isaac Newton, que defendia o pensamento corpuscular, que consistia na ideia de que a luz era composta por

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Licenciatura plena em Física da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, franceiltonmarques@gmail.com;

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Licenciatura plena em Física da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG,, lgomes1004@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Licenciatura plena em Física da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG,, reynaldofreire@gmail.com;

<sup>4</sup> Graduando do Curso de Licenciatura plena em Física da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG,, Ketlygirls@gmail.com;

um aglomerado de partículas em movimento, ou seja, no fim ele acreditava que a luz era algo material.

Essa teoria corpuscular defendida por Isaac Newton, e seus seguidores era algo bem fundamentado, tanto que se propagou por anos no meio científico, mesmo tendo discordância de alguns outros estudiosos como do físico Christiaan Huygens, bem famoso por seus estudos sobre cores e luz, que defendia a ideia de que a luz se comportava como uma onda eletromagnética.

A demonstração desta propriedade ondulatória da luz foi feita pelo físico inglês Thomas Young, através do experimento conhecido como *dupla fenda*, também conhecido como *experimento de fenda dupla de Young*, em sua homenagem. Esse experimento possibilitou os estudos sobre alguns fenômenos como os de: interferência, difração, e polarização. Fenômenos esses, que não podia ser explicado pela ótica geométrica, ou seja, pela representação da luz através da caracterização corpuscular formulada por Isaac Newton, mas sim, por uma nova área conhecida como ótica física, que estuda a luz como sendo uma onda eletromagnética.

Desta forma, este trabalho terá como intuito principal relatar a repetição desse experimento de *dupla fenda*, feito durante as aulas da disciplina de Física experimental IV, que teve como objetivo principal o estudo de um desses fenômenos característico da ondulatoriedade da luz, sendo ele o fenômeno de interferência, e assim determinar o comprimento da luz monocromática, utilizada para realizar tal atividade. Além, do objetivo didático que é realizar esse experimento com alguns materiais de fáceis manuseios, que futuramente podemos reproduzi-los, com nossas futuras turmas, quando assim profissionais da educação, ou seja, experimentos importantes para a história da ciência, que podem ser realizados sem o auxílio de equipamentos sofisticadíssimos.

## METODOLOGIA

Para realização do experimento foi-se utilizado:

1. Uma fonte de luz monocromática, mas especificamente um laser, que expelia uma cor vermelha;
2. Tela com duplas fendas (com distâncias entre as fendas de 0.25 mm, 0.50mm, 0.75 mm, 1.00 mm);
3. Suportes, tanto para a fonte de luz;
4. Fita métrica
5. Paquímetro.

O experimento consiste em ajustar a fonte de luz, com auxílio do suporte, de modo que a mesma fosse incidida perpendicularmente, sobre a tela com *duplas fendas* com diferentes tamanhos, e sucessivamente, sendo incidida também perpendicularmente sobre a parede, na qual formará a figura de interferência (com características semelhantes ao visto na imagem 1b). Essas figuras de interferência foram bem visualizadas sobre uma folha de papel

A4 (presa à parede), identificando-se de maneira manual as franjas do fenômeno, e medindo com auxílio do paquímetro.

Repetindo esse passo, para as quatro fendas contidas na tela com distâncias ( $d$ ) diferentes entre elas, e já indicadas na tela. A distância da parede a tela foi medida com o uso de uma fita métrica, sendo ela de  $D = 5,38$  m. Assim, conhecendo a distância ( $D$ ) e as distâncias entre as franjas ( $y$ ) podemos determinar o ângulo ( $\theta$ ) dado pela equação (4). E ao ter essas medidas através da equação (2) o valor comprimento de onda da luz ( $\lambda$ ) pode ser determinado, de acordo como será mostrado nos resultados a diante.

## DESENVOLVIMENTO

Antes, do experimento de *Dupla fenda* de Young, fenômenos como os de difração e a polarização, como também o fenômeno de interferência, aqui estudado, também perturbava a mente dos estudiosos da época de Christiaan Huygens, devido ao fato desses fenômenos não poderem serem explicados através da Física Clássica de Isaac Newton.

O termo interferência indica a superposição de duas ou mais ondas na mesma região do espaço. Quando isso ocorre, a onda resultante em qualquer ponto em um dado instante é determinada pelo princípio da superposição (YOUNG, H. D. e FREEDMAN R.A; 2009). Segundo BAUER, Wolfgang. et al (2013), que ocorre devido a uma importante propriedade das equações de onda (equação 1), sendo essa propriedade a linearidade.

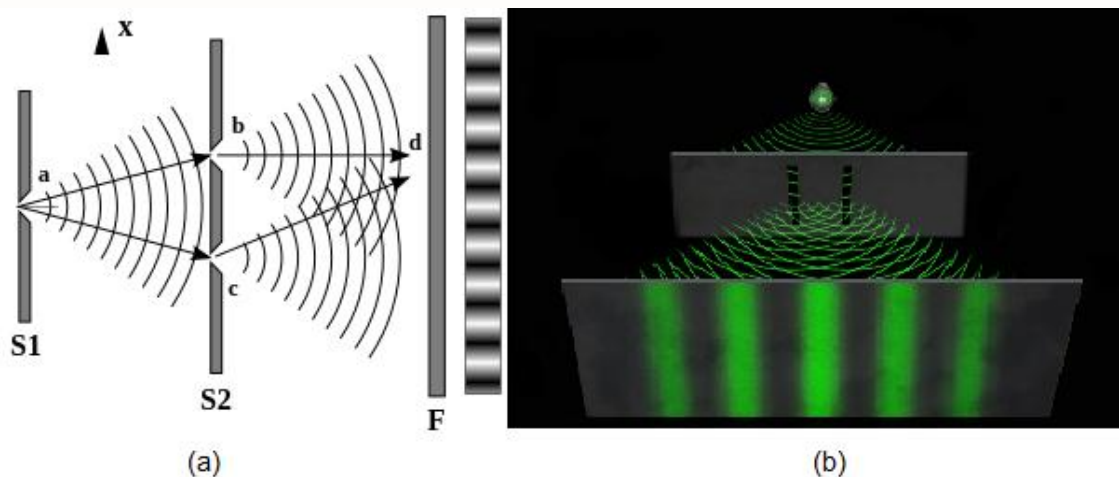
$$d \cdot \sin \theta = r_1 - r_2 = m \cdot \lambda \quad (1)$$

Em termos físicos, temos que soluções de onda podem ser adicionadas, ou subtraídas, ou combinadas e o resultado sempre será novamente uma solução de onda, (BAUER, Wolfgang. et al , 2013).

Quando as ondas individuais se reforçam mutuamente, esse efeito constitui a interferência construtiva, porém se ocorre uns cancelamentos totais ou parciais dessas ondas individuais chamaram esse efeito de interferência destrutiva.

Este fenômeno é bem observado para ondas mecânicas, como as ondas sonoras, que geralmente independente da fonte produzem ondas idênticas, ou seja, ondas senoidais com a mesma frequência ( $f$ ) e comprimento de onda ( $\lambda$ ), sendo assim ondas coerentes. Porém quando tratamos de ondas eletromagnéticas como a luz, o problema é um pouco mais delicado, já que apenas alguns tipos de luz obedecem a essa ideia de ondas idênticas, como por exemplo, à luz monocromática, mas comumente falando a luz de uma única cor (ou seja, a luz produzida por um laser), que foi à utilizada pelo físico inglês Thomas Young em seu experimento de dupla fenda (ilustrado abaixo, pela imagem1), para demonstrar a característica ondulatória da luz. Sendo, que luz não monocromáticas podem ser utilizadas, porém o experimento torna-se, muito mais complicado.

**Imagem 1:** Experimento de dupla fenda: (a) representação esquemática do comportamento das ondas luminosas, em um plano. (b) representação tridimensional do comportamento das ondas luminosas.



**Fonte Imagem 1 (a):** <<http://professorbiriba.com.br/boilerplate/img/img-colegio/dupla-fenda.gif>>

**Fonte Imagem 1 (b):**

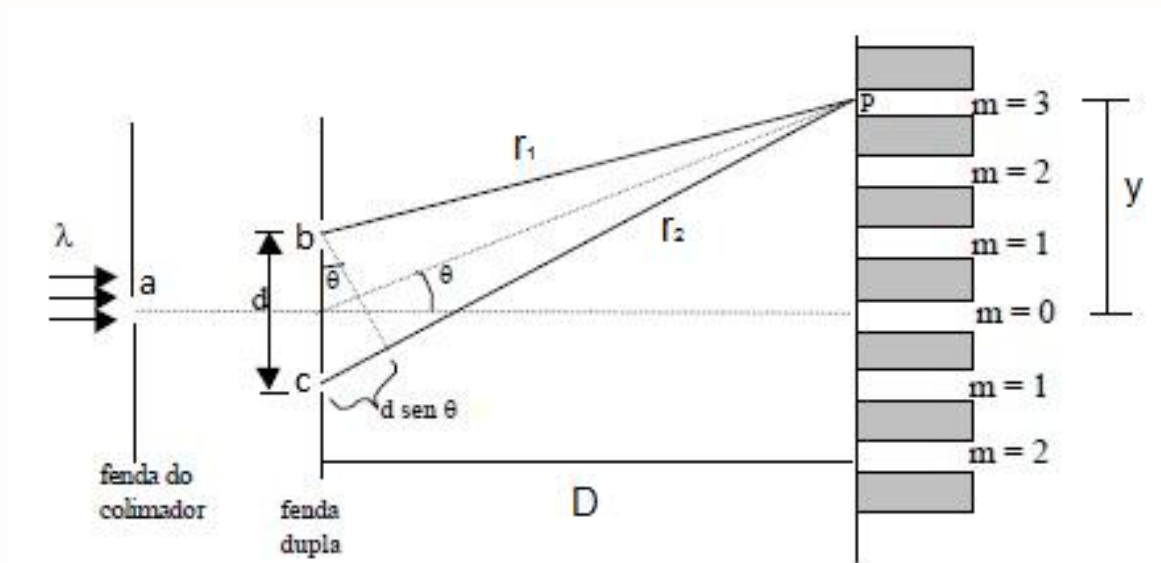
<[https://www.google.com/search?q=interferencia+experiencia+de+young&rlz=1C1AVFA\\_enBR816BR816&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjn9N\\_v2JffAhUEjJAKHb42C9UQ\\_AUIDigB#imgrc=sNqHAFBK BmDA8M:>](https://www.google.com/search?q=interferencia+experiencia+de+young&rlz=1C1AVFA_enBR816BR816&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjn9N_v2JffAhUEjJAKHb42C9UQ_AUIDigB#imgrc=sNqHAFBK BmDA8M:>)>

O experimento de *dupla fenda* consiste em uma luz monocromática incidida na direção de um anteparo (S1) que terá uma fenda muito estreita da ordem de  $1\mu\text{m}$ , a luz que emerge da fenda *a* do anteparo (S1) incide sobre as duas fendas *b* e *c*, ambas localizadas no segundo anteparo (S2), que têm a mesma ordem de largura da primeira fenda localizada no primeiro anteparo. Segundo YOUNG, H. D. e FREEDMAN R.A. (2009) ondas cilíndricas emanam da fenda *a* incide em fase sobre as fendas (*b* e *c*) porque elas percorrem as mesmas distância ao partir da fenda *a*, sendo assim ondas coerente. NUSSENZVEIG, H. Moysés (1998), afirma que essa formação de ondas esféricas, quando a luz passa por uma fenda acontece conforme o Princípio de Huygens, onde cada fenda funcionará como fontes puntiformes.

Como teremos que as ondas providas das fendas *b* e *c*, terão a mesma fase, ou seja, são fontes de luz coerentes, elas se comportam de forma idênticas, como uma luz monocromática, e assim interferirem entre elas. Essas figuras de interferência podem vistas colocando uma tela (F) após o segundo anteparo (S2), o que foi feito por Thomas Young em seu experimento (figura 1), onde identificou o que chamou de *franjas* claras e escuras, que são pontos máximos e mínimos da luz, ou seja, onde teremos interferências construtivas e destrutivas, respectivamente.

As interferências construtivas e destrutivas (ou as *franjas* claras e escuras) dependem da diferença de caminho ( $d \cdot \sin \theta$ ) percorrido pelas ondas de luz, providas duplas fendas localizadas no segundo anteparo, conforme representado na imagem abaixo:

**Imagem 2:** Representação do fenômeno de Interferência.



**Fonte:** [https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi-i7id2pffAhVHkJAKHWyjA-wQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fpir2.forumeiros.com%2Ft50987-interferencia-de-onda&psig=AOvVaw2D-J6Vdb\\_ifFg3v4RC7M6A&ust=1544614858301250](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi-i7id2pffAhVHkJAKHWyjA-wQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fpir2.forumeiros.com%2Ft50987-interferencia-de-onda&psig=AOvVaw2D-J6Vdb_ifFg3v4RC7M6A&ust=1544614858301250)

Sendo que, quando a diferença de caminho nos dá um múltiplo inteiro de comprimento de onda ( $\lambda$ ), o resultado é uma franja brilhante, ou seja, teremos uma interferência construtiva. Caso o resultado da diferença de caminho seja um múltiplo semi-inteiro do comprimento de onda uma franja escura é detectada, e assim, teremos uma interferência destrutiva. Matematicamente, falando temos as interferências construtivas e destrutivas são expressas, respectivamente, pelas equações (2) e (3).

$$d \cdot \text{sen } \theta = r_1 - r_2 = m \cdot \lambda \quad (2)$$

*Interferência construtiva, fenda dupla.*

$$d \cdot \text{sen } \theta = r_1 - r_2 = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \lambda \quad (3)$$

*Interferência destrutiva, fenda dupla.*

Onde,  $r_1 - r_2$  são caminhos que a luz percorre ao sair de cada fenda,  $m$  pode assumir qualquer valor de números inteiros, que ajuda a identificar o número de *franj*as brilhantes contém o fenômeno de interferência. O ângulo  $\theta$  é o ângulo feito por  $r_1$  e  $r_2$  diante da reta perpendicular que une o segundo anteparo e a tela em que as *franj*as são vistas (conforme é ilustrado na imagem 2), sendo facilmente calculado de acordo com auxílio da equação (4) ou a equação (5).

$$\text{tg } \theta = \frac{y}{D} \quad (4)$$

$y$  = distância da franja central ( $m=0$ ) até uma franja brilhante, e  $D$  é a distância do segundo anteparo até a tela, (conforme é ilustrado na imagem 2).

$$\text{sen } \theta = \frac{1}{d} \cdot m \cdot \lambda \quad (5)$$

Quando tratamos de ângulos muito pequenos, como no caso de  $D \gg d$ , temos que o valor do seno é aproximadamente o valor da função tangente, para o mesmo ângulo, matematicamente, falando temos:

$$\text{sen } \theta \approx \text{tg } \theta \quad (6)$$

Assim, considerando a condição dado pela equação (6), ao reescrevendo a equação (2), temos que:

$$d \cdot \frac{y}{D} = m \cdot \lambda \quad (7)$$

Explicitando o comprimento de onda ( $\lambda$ ), na equação acima obtemos que:

$$\lambda = \frac{d \cdot y}{D \cdot m} \quad (8)$$

Assim, obtemos uma equação para comprimento de onda, que depende de variáveis que podem ser facilmente medidas, como feito no experimento de *dupla fenda*, e que será relatado neste trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar o experimento como foi descrito anteriormente, obtivemos uma distância média ( $y$ ) para as franjas claras, conforme mostrado na tabela abaixo:

Distância entre as fendas ( $d$ )	Distância média entre as franjas ( $y$ )
$0,25 \cdot 10^{-3}$	$10,8 \cdot 10^{-3}$
$0,5 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$
$0,75 \cdot 10^{-3}$	$5,257 \cdot 10^{-3}$
$1 \cdot 10^{-3}$	$3,657 \cdot 10^{-3}$

**Tabela 1:** Distâncias médias de  $y$  de acordo com a espessura da fenda ( $d$ )

Substituindo os valores acima na equação (8), de modo que possamos determinar um valor para o comprimento de onda ( $\lambda$ ), temos que, os valores encontrados estão determinados na tabela:2 abaixo, organizados de acordo com as espessuras da fenda ( $d$ ).

Distância entre as fendas ( $d$ )	Comprimento de onda ( $\lambda$ )
$0,25 \cdot 10^{-3}$	501,86 nm
$0,5 \cdot 10^{-3}$	687,73 nm
$0,75 \cdot 10^{-3}$	732,85 nm
$1 \cdot 10^{-3}$	679,74 nm
Média do comprimento de onda ( $\lambda$ )	650,05 nm

**Tabela 2:** Comprimento de onda ( $\lambda$ ) de acordo com a espessura da fenda ( $d$ ).

Com os valores de  $D$  e  $d$ , é dados o ângulo ( $\theta$ ) calculado pela através da equação (4), temos que seus valores mostrados na tabela: 3 localizada abaixo:

Distância entre as fendas ( $d$ )	Ângulo ( $\theta^\circ$ )
$0,25 \cdot 10^{-3}$	0,115017395
$0,5 \cdot 10^{-3}$	0,078808272
$0,75 \cdot 10^{-3}$	0,05598584
$1 \cdot 10^{-3}$	0,038946214

**Tabela 3:** Ângulo ( $\theta$ ) de acordo com a espessura da fenda ( $d$ ).

De acordo, com os resultados obtidos vimos que a distância ( $y$ ), é inversamente proporcional à distância entre as fendas ( $d$ ), logo  $y$  aumenta de acordo com que  $d$  diminui (de acordo com os resultados dados na tabela: 3). Sendo, o ângulo ( $\theta$ ) como dado pela expressão (4) é proporcional à medida de  $y$ , consequentemente, também diminuirá com o aumento da distância entre as fendas, ou seja, com o aumento de  $d$ . O que era esperado, com a diminuição da medida  $y$ , mais próximas às franjas estará umas das outras, e assim, fazendo um ângulo ( $\theta$ ) menor com a reta perpendicular a parede.

Além do mais, obtivemos que a luz monocromática (laser) de cor vermelha teve um comprimento de onda aproximado de 650,05 nm, o que está de acordo com a teoria, já que luz vermelha se encontra entre os comprimentos de onda aproximadamente 600 nm a 700nm.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos é possivelmente observado que a determinação das franjas através do experimento de Yong de *dupla fenda*, é aceitável para determinar o comprimento de onda de uma luz monocromática, como a do laser utilizado no experimento. Já que, o valor obtido experimentalmente para o comprimento de onda para a luz vermelha está dentro do intervalo da faixa da luz em que a mesma está presente. Desta forma, podemos perceber a relevância didática experimental do estudo realizado, pois mesmo com alguns materiais como a folha A4, e seu manuseio, os resultados e o fenômeno de interferência foram eficazes. E é nesse ponto que percebemos a importância tanto para o término do experimento quanto para a formação profissional de nós licenciando que através de experimentos como estes, feitos com alguns matérias de fáceis manuseios, podemos ter o discernimento de quando futuros professores leva-los para sala de aula.

## REFERÊNCIAS

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, G. D; DIAS, Helio. *Física Para Universitários: relatividade, oscilações, ondas e calor*. Tradução: Manoel Almeida Andrade neto; Trieste dos Santos Freire Ricci. Porto Alegre: AMGH, 2013.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. *Curso de Física Básica: Ótica, Relatividade e Física Quântica*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. (pág 01-45).

YOUNG, H. D. *Física IV: Ótica e Física Moderna*. Tradução de Cláudia Martins. São Paulo: Addison Wesley, 2009. (pág 01-28).