



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO**

Instituto de Física

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



MNPEF

Roteiro didático de aplicação do interferômetro de Michelson-Morley para medida do comprimento de onda do LASER

Hercílio Pereira Cordova

&

Helio Salim de Amorim ; Carlos Augusto Domingues Zarro

Material instrucional associado à dissertação de mestrado de Hercílio Pereira Cordova, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
Setembro de 2016

Roteiro didático de aplicação do interferômetro de Michelson-Morley para medida do comprimento de onda do LASER

Hercilio Pereira Cordova
&

Helio Salim de Amorim; Carlos Augusto Domingues Zarro

1 Introdução

Um das aplicações do interferômetro de Michelson-Morley é a medida do comprimento de onda da luz usada no equipamento, no caso é usado um LASER verde de 100 mW com foco expandido a fim de facilitar a obtenção da imagem de interferência. O interferômetro faz uso de dois espelhos, sendo um deles com deslocamento no sentido longitudinal do caminho óptico, assim com uso de um parafuso micrométrico e contando o número de franjas deslocado podemos calcular o comprimento de onda do LASER.

Esta aplicação deve ser feita depois de o interferômetro de Michelson-Morley ser apresentado a sala de aula e os alunos já terem aprendido sobre a imagem de interferência e o funcionamento do interferômetro. Os cálculos são de fácil aplicação, ideais para uso em turmas de terceiro anos no terceiro ou quarto bimestre.

O manuseio pelos alunos deve ser orientado, de forma a evitar oscilações na base que possam causar instabilidade na imagem de interferência. Por se tratar de um experimento chamativo, muitos alunos acabam por querer participar, assim é conveniente instruir grupos de quatro alunos (ver figura 1) por vez nas medidas do comprimento de onda, sendo que 10 minutos para cada grupo é o suficiente.



Figura 1. Alunos do C.E. Sonia Regina Scudese medindo o comprimento de onda do LASER.

A fundamentação teórica sobre interferência e funcionamento do interferômetro está no Roteiro Didático a seguir.

2 Roteiro de aplicação em sala de aula

Interferômetro de Michelson-Morley

Roteiro didático para aplicação do equipamento

Medindo o comprimento de onda do LASER verde

Professor: _____ Data ___/___/_____

Nome:..... n°

Nome:..... n°

Nome:..... n°

Nome:..... n°

Objetivos: Apresentar os conceitos envolvidos no interferômetro de Michelson, seu contexto histórico e suas funções como ferramenta de medidas da ordem do nano metro. Aplicando as propriedades de interferência da luz, reflexão, espelhos e lentes.

Como faremos? Utilizando um equipamento, chamado interferômetro e com uma configuração de espelhos de forma que um feixe de LASER é dividido em dois feixes, para posteriormente serem combinados formando uma figura de interferência construtiva e destrutiva.

Fundamentação teórica: Interferômetro pode ser definido como um equipamento que faz uso das interações de interferências de ondas eletromagnéticas para realizar medidas.

Utilizando uma fonte de luz coerente e monocromática na forma de feixe, o interferômetro faz uso de um divisor de feixe, que consiste em um semi-espelho, que reflete 50% do raio incidente e deixa passar ou transmitir os outros 50%. Cada feixe percorre um trajeto diferente, o qual é chamamos de caminho óptico.

Em cada caminho óptico o feixe é refletido de volta pelo mesmo caminho por um espelho, assim os dois feixes retornarão ao divisor de feixe sendo novamente uma parcela transmitida e outra refletida. A parcela transmitida retorna a fonte, a parcela refletida é direcionada a um anteparo, que pode ser uma tela de projeção, parede ou qualquer superfície que permita visualizar o feixe. Ver figura 1.

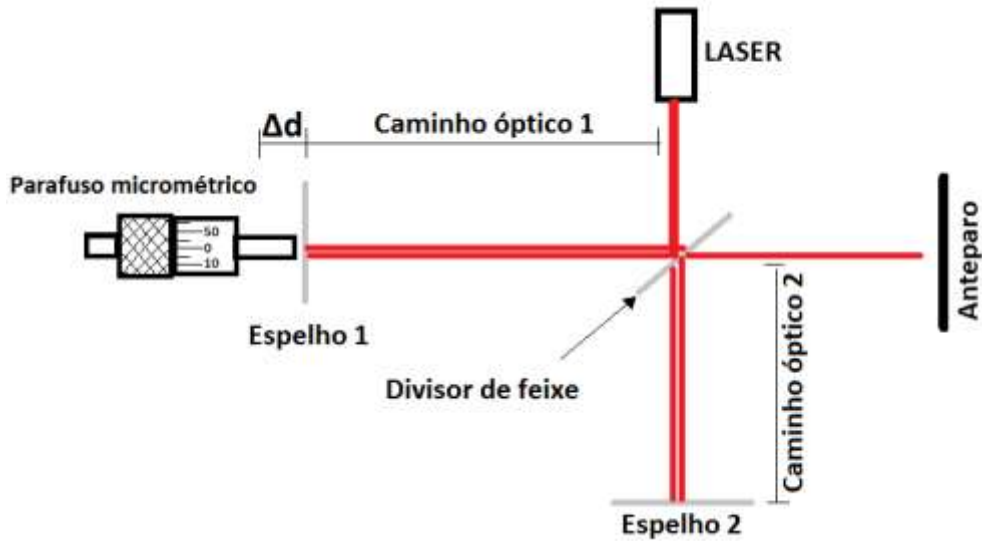


Figura 1. Esquema do interferômetro.

Ao se encontrarem no anteparo cada feixe de luz sofre interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva.

Interferência construtiva: Considerando a luz uma onda, e estando em fase, a interação de duas ondas resulta em uma soma de amplitudes, que no interferômetro é visualizado como um anel ou barra mais intensa. Ver figura 2.

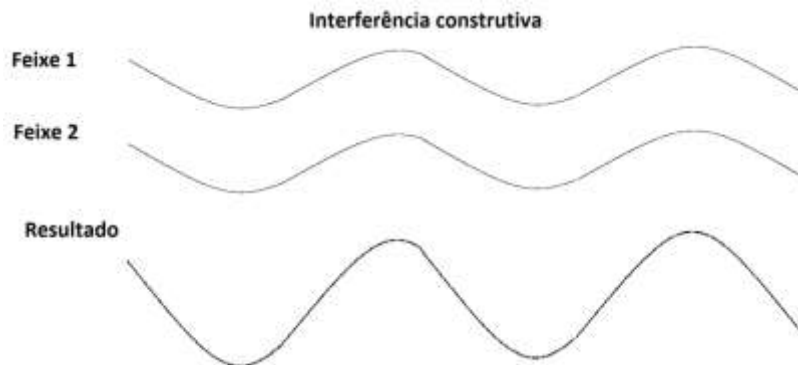


Figura 2. Interferência construtiva entre ondas

Interferência destrutiva: Considerando a mesma situação, mas as ondas estando fora de fase a resultante é nula, ou seja, é visualizada como a ausência de luz, como barras ou anéis escuros. Ver figura 3.

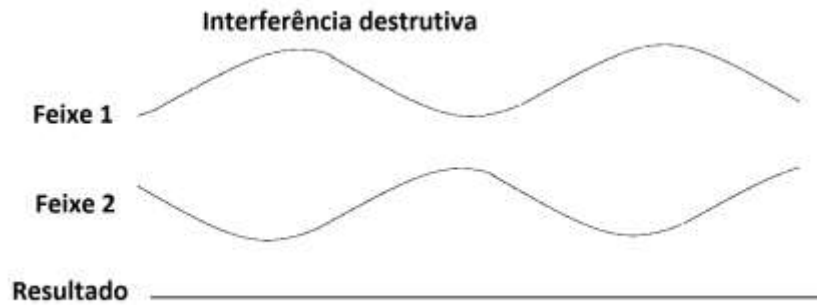


Figura 3. Interferência destrutiva entre ondas

Olhando o anteparo de frente devemos ver uma figura com anéis concêntricos ou barras paralelas. Ver figura 4.



Figura 4. Anéis concêntricos e barras paralelas

A propriedade de medida do interferômetro encontra-se no fato que sempre que um dos caminhos ópticos sofre uma alteração de comprimento igual a meio comprimento de onda da luz usada, os anéis ou barras a qual chamaremos de franjas sofrem um deslocamento (como se andassem). Assim no caso dos anéis concêntricos o ponto escuro no meio se torna claro, caso haja mais uma mudança no caminho igual a meio comprimento de onda ele voltara a ser escuro. Os espelhos ficam organizados em cima da base de acordo com a figura 5.

Contando o numero de mudança de claro → escuro → claro, temos uma forma de realizar medidas com uma alta precisão. Ver figura 6.



Figura 5. Interferômetro de Michelson



Figura 6. Imagem de interferência

Medida do Comprimento de onda do LASER

Utilizando as propriedades da interferência entre onda, vamos medir o comprimento de onda do LASER usado no interferômetro. O fabricante diz que esse comprimento é de 532nm, contudo o diodo LASER pode ter uma variação de $\pm 10\text{nm}$, ou seja, o comprimento pode ir de 542 a 522 nm.

Como faremos a medida? Em primeiro vamos estabilizar a figura de interferência, e usando o micrômetro vamos medir o deslocamento do espelho que está no caminho óptico do feixe transmitido. Assim o caminho óptico vai sofrer uma alteração, que resulta na mudança dos anéis ou franjas de interferência.

Para chegar ao valor do comprimento de onda vamos usar as seguintes operações:

1. Estabilizar imagem de interferência.
2. Anotar o valor em que se encontra o micrometro.
3. Girar lentamente tambor do micrometro e contar o numero de franjas que mudaram.
4. Quando chegar a 100 alterações ou mais, parar de girar o tambor.
5. Anotar o valor final.

Com esses dois dados, o numero de franjas e os valores final e inicial, vamos fazer as seguintes considerações:

$$\text{Variação do micrômetro} = \text{Valor final} - \text{valor inicial} \rightarrow \Delta d = |df - di|$$

Devemos considerar que o feixe que reflete no espelho móvel passa duas vezes pelo mesmo caminho, assim temos que o comprimento de onda seja duas vezes o caminho real que o espelho foi movimentado dividido pelo numero de franjas:

$$\lambda = \frac{3}{16} \frac{(\Delta L \cdot 10^{-5})}{n}$$

Sendo:

λ = comprimento de onda do LASER em metros.

ΔL = Diferença lida no colar graduado do micrometro. Posição final (P_f) – Posição inicial (P_i),

10^{-5} = Relação para equivalência para a unidade de metro. Pois o colar está na escala de 10^{-2} mm e o micrometro em escala de mm (10^{-3}), assim tem-se: $1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-5}$

n = Numero de franjas que se deslocaram durante a medida.

$3/16$ = Produto dos dois caminhos ópticos (2) pelo fator de redução do braço de alavanca (3/32). Temos $2 \cdot 3/32 = 3/16$

Anotações das medidas

	Anotações das medidas	
1° medida	2° medida	3° medida
$d_i = \dots\dots\dots$	$d_i = \dots\dots\dots$	$d_i = \dots\dots\dots$
$d_f = \dots\dots\dots$	$d_f = \dots\dots\dots$	$d_f = \dots\dots\dots$
$n = \dots\dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$
$\lambda = \dots\dots\dots$	$\lambda = \dots\dots\dots$	$\lambda = \dots\dots\dots$

Di = inicio da leitura no colar do micrômetro.

Df = Fim da leitura no colar do micrômetr

3 Conclusão.

A aplicação deste experimento em sala de aula é prático, contudo requer atenção do professor, já que o interferômetro é muito sensível a vibrações. É preciso deixar que os alunos mexam no equipamento, que tentem calibrar a figura de interferência e sintam a dificuldade do experimento.

Ao girar o fuso micrométrico é preciso muita delicadeza para não vibrar a base, assim o aluno terá não uma medida, mas uma experiência onde foi preciso habilidade e conhecimento, resultando em uma aula prática e não puramente expositiva.