



**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° .....

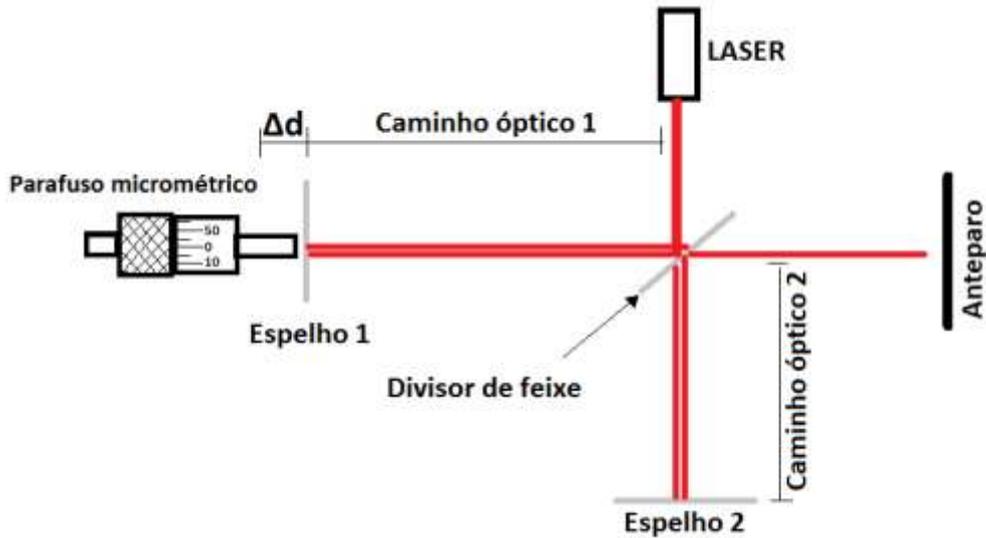
**Objetivos:** Apresentar os conceitos envolvidos no interferômetro de Michelson, seu contexto histórico e suas funções como ferramenta de medidas da ordem do nano metro. Aplicando as propriedades de interferência da luz, reflexão, espelhos e lentes.

**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.

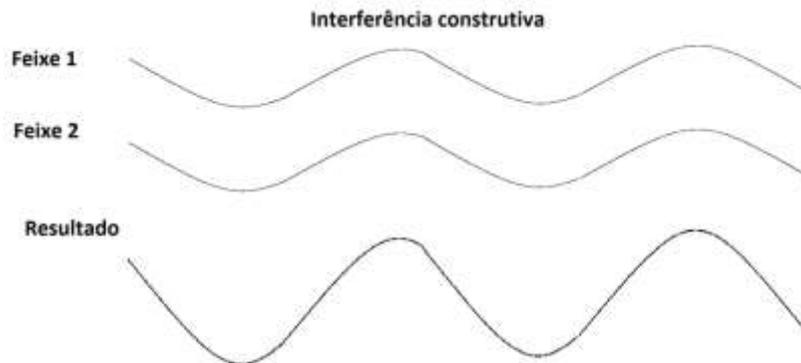
Em cada caminho óptico o feixe é refletido de volta pelo mesmo caminho por um espelho, assim os dois feixes retornarão ao divisor de feixe sendo novamente uma parcela transmitida e outra refletida. A parcela transmitida retorna a fonte, a parcela refletida é direcionada a um anteparo, que pode ser uma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



**Figura 1. Esquema do interferômetro.**

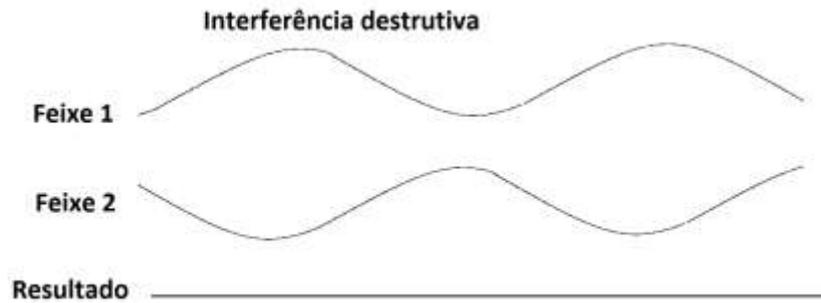
Ao se encontrarem no anteparo cada feixe de luz sofre interferência, que pode ser construtiva ou destrutiva.

**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.



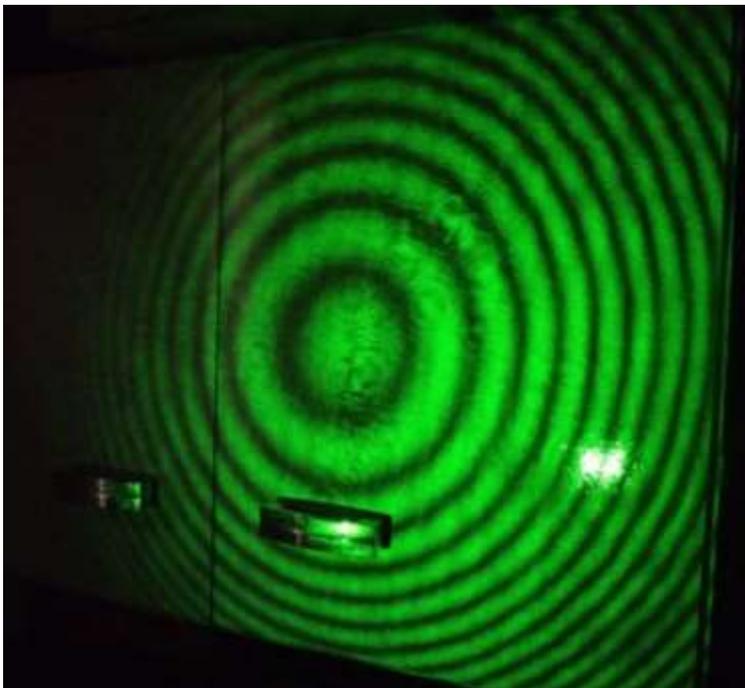
**Figura 4. Anéis concêntricos e barras paralelas**

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:

Varição do micrômetro = Valor final – 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:**

$\lambda$  = comprimento de onda do LASER em metros.

$\Delta L$  = 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
$d_i = \dots\dots\dots$	$d_i = \dots\dots\dots$	$d_i = \dots\dots\dots$
$df = \dots\dots\dots$	$df = \dots\dots\dots$	$df = \dots\dots\dots$
$n = \dots\dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$
$\lambda = \dots\dots\dots$	$\lambda = \dots\dots\dots$	$\lambda = \dots\dots\dots$

$D_i$  = inicio da leitura no colar do micrômetro.

$D_f$  = 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.