

Interferômetro de Michelson

DEMONSTRAÇÃO E ESTUDO DO MODO DE FUNCIONAMENTO DE UM INTERFERÔMETRO DE MICHELSON.

- Determinação da longitude de onda da luz do laser.
- Determinação do índice de refração do ar em função da pressão do ar.

UE4030410

02/17 JS/ALF

FUNDAMENTOS GERAIS

O interferômetro de Michelson foi originariamente projetado por A. A. Michelson para comprovar o movimento da Terra em relação ao éter luminoso. O seu princípio construtivo (veja fig. 1) tem, porém um significado fundamental, já que ele pode ser aplicado para a medição interferométrica, por exemplo, de variações de comprimentos, de espessuras de camadas ou de índices de refração: um feixe de luz divergente é dividido em dois feixes parciais com direções diferentes através de um espelho semitransparente. Ambos os feixes parciais são refletidos em si e são logo juntados para serem superpostos numa tela de observação. Lá surge uma imagem de interferência que reage de forma sensível a alteração das distâncias óticas de percurso, ou seja, o produto do índice de refração e do comprimento geométrico do percurso de um feixe parcial. Com um índice de refração mantido constante podem então serem determinadas variações do percurso geométrico, por exemplo, variações no comprimento de materiais através da dilatação térmica. Se o percurso geométrico for mantido constante, pode-se determinar o índice de refração ou sua alteração através da variação da pressão, da temperatura ou da densidade.

Conforme se o comprimento do caminho ótico aumenta ou diminui, surgem ou desaparecem listras de interferência no centro da imagem de interferência. Entre a variação Δs do comprimento ótico do percurso e a longitude de onda da luz λ existe a relação

$$(1) \quad 2 \cdot \Delta s = z \cdot \lambda,$$

sendo que o número inteiro z , positivo ou negativo, dá o número listras de interferência que surgem ou desaparecem na tela de observação.

Se para a medição da longitude de onda da luz um dos dois espelhos for deslocado no ar numa distância Δx precisamente definida por meio de dispositivo de ajuste fino, então se pode aplicar $n = 1$ como índice de refração com boa aproximação. Decorrente disso, a variação da distância do percurso ótico é:

$$(2) \quad \Delta s = \Delta x$$

A situação é diferente quando uma câmara evacuada de comprimento d é posicionada num feixe parcial. Se agora se deixa entrar ar na câmara deixando assim a pressão atingir o valor p , então a distância de percurso ótico varia de

$$(3) \quad \Delta s = (n(p) - 1) \cdot d = A \cdot p \cdot d,$$

já que a dependência do índice de refração da pressão do ar a temperatura constante pode ser representada por

$$(4) \quad n(p) = 1 + A \cdot p.$$

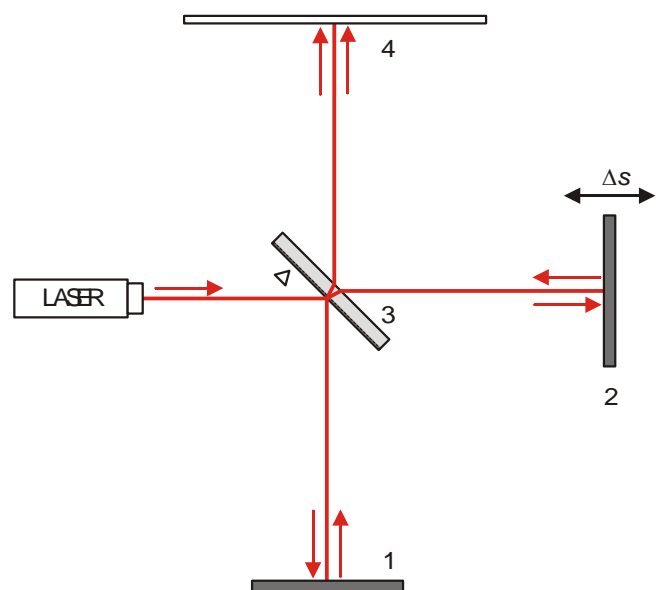


Fig.1: Percurso de feixe num interferômetro de Michelson
1: Espelho fixo, 2: Espelho móvel,
3: Divisor de raio, 4: Tela

LISTA DE APARELHOS

1	Interferômetro	1002651 (U10350)
1	Conjunto de aparelhos complementares para o interferômetro	1002652 (U10351)
1	Laser de He-Ne	1003165 (U21840)
1	Bomba manual de vácuo	1012856 (U205001)
1	Mangueira de silicone 6 mm	1002622 (U10146)

MONTAGEM



Fig. 2: Interferômetro de Michelson

Indicação: A altura necessária do feixe do raio de luz acima da placa de trabalho é de 60 – 62 mm.

- No possível, colocar o interferômetro horizontalmente sobre uma mesa estável.
- Montar o laser por meio da extensão hexagonal sobre o suporte de laser e no possível colocá-lo reto em frente da lente de divergência.
- Retirar o espelho fixo e o divisor do feixe de raio.
- Desparafusar o parafuso de ajuste da lente de divergência e virar a lente de divergência no passo do feixe.
- Focar o laser de tal maneira, que o seu feixe atinja centralizado o espelho móvel e o feixe refletido caia de volta centralizado sobre o laser.
- Em forma de teste virar a lente de divergência na passagem do feixe de raio e corrigir a passagem do feixe de raio de tal forma que ele também seja atingido centralizadamente.
- Seguidamente virar de novo a lente de divergência fora da passagem do feixe de raio.
- Montar o espelho fixo e ajustá-lo tanto com os parafusos de ajuste, para que a distância entre a placa suporte do espelho e do verdadeiro suporte seja igual ao redor e seja de aproximadamente 5-6 mm.
- Montar o divisor de raio com o lado marcado com um triângulo em direção da divisão angular, que reflete os parciais de tal maneira, que os dois pontos mais luminosos visíveis na tela de observação estejam colocados, no possível, numa posição de linha vertical.
- Ajustar o espelho fixo de tal maneira, para que os dois pontos mais luminosos se superponham completamente sobre a tela.
- Virar a lente de divergência de novo na passagem do raio e no possível aparafusá-la na posição em que o

lugar mais luminoso da imagem esteja situado no centro da tela.

- Inclinar a tela contra a vertical, para que o observador possa ver uma imagem iluminada e clara.
- Re-ajustar o espelho fixo, para receber os anéis de interferência centralizados na tela.

EXECUÇÃO

Determinação da longitude de onda da luz do laser:

“Indicação: No possível, durante a medição não deve chegar ar de respiração na passagem do raio, devido que a mudança da densidade do ar far-se-á notória diretamente por meio de anéis de interferência ‘continuados’.

- Por enquanto desparafusar o parafuso de ajuste do micrômetro em sentido anti-horário até aproximadamente 25 mm e então enroscá-lo de volta vagorosamente em sentido horário até $x(0) = 20,00$ mm.
- Depois de enroscar o parafuso do micrômetro vagorosamente no sentido horário até que se formem 30 anéis de interferência completos.
- Ler a posição $x(30)$ do parafuso do micrômetro e anotar o resultado.

Determinação do índice de refração do ar em função da pressão do ar:

- Girar o divisor de raio para que a camada de reflexão de parciais aponte para atrás à direita.
- Colocar a célula de vácuo no raio parcial direito (Fig. 3).
- Conectar a bomba de vácuo à célula de vácuo.
- Reajustar o espelho ajustável de forma mínima para manter os anéis de interferência centralizados na tela.
- Evacuar a célula de vácuo vagorosamente e contar a quantidade z dos anéis que desaparecem.
- Em intervalos regulares anotar a depressão p e a pertencente quantidade z .

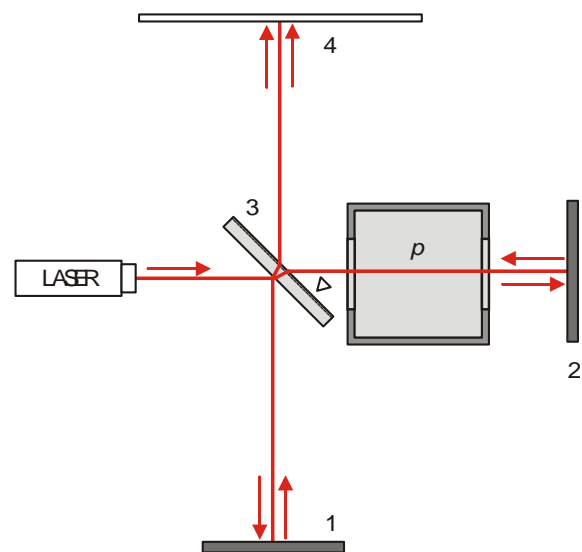


Fig.3: Câmara evacuada no feixe de raios do interferômetro de Michelson

EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Determinação da longitude de onda da luz do laser:

$z = 30$, $x(0) = 15,98$ mm, $x(30) = 7,77$ mm,
 Relação de transmissão: 1 : 830

Determinação do índice de refração do ar em função da pressão do ar:

Tab. 1: A quantidade z dos anéis de interferência produzidos pelo esvaziamento de uma célula de vácuo em dependência da variação de pressão Δp

Δp / hPa	p / hPa	z
220	780	10
420	580	16,5
550	450	21,5
650	350	25
720	280	28
780	220	30
800	200	31
820	180	32
840	160	33

ANÁLISE

Determinação da longitude de onda da luz do laser:

A partir de (1) e (2) obtém-se como equação determinante para o cálculo do comprimento de onda da luz a partir da distância de deslocamento do espelho:

$$\lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z}$$

Para a criação de 30 anéis de interferência, a distância necessária de deslocamento do espelho é

$$\Delta x = \frac{x(0) - x(30)}{830} = 9,9 \mu\text{m}$$

Portanto: $\lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z} = 660\text{nm}$

Valor de tabela: $\lambda_{\text{HeNe}} = 632,8$ nm

Determinação do índice de refração do ar em função da pressão do ar:

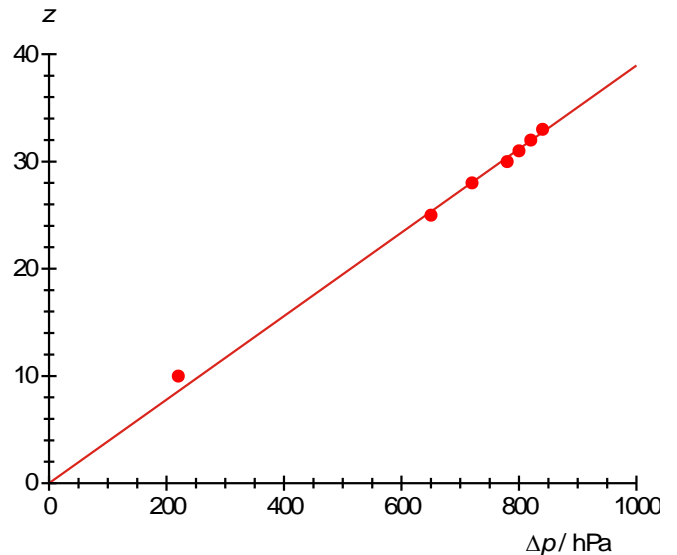


Fig. 4: Quantidade das listras de interferência em função da variação de pressão

Fig. 4 mostra a dependência da quantidade z das listras de interferência produzidas por esvaziamento, da variação de pressão Δp num diagrama. Os pontos de medição situam-se na moldura da precisão de medição sobre uma reta de origem com a subida

$$a = \frac{2 \cdot A \cdot d}{\lambda} = 0,039 \frac{1}{\text{hPa}}$$

Portanto

$$A = \frac{a \cdot \lambda}{2 \cdot d} = 0,30 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{hPa}}$$

O número de refração do ar com pressão normal, portanto é

$$n = 1 + A \cdot 1000 \text{hPa} = 1,0003$$

