

NOVA **DIDACTA**

Sistemas Didáticos



PHYWE

Física Laser

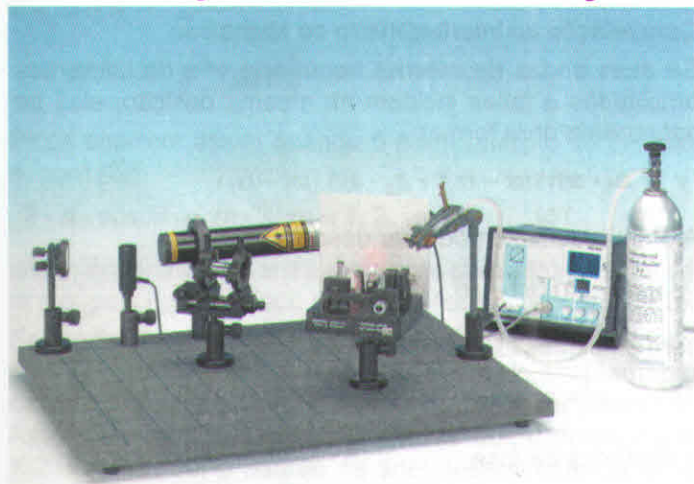
Refração do CO₂ com Interferômetro de Michelson

P2220705

MANUAL DO USUÁRIO

Soluções Tecnológicas

Determinação do índice de refração do CO₂ com o interferômetro de Michelson



O que você pode aprender...

- Interferência
- Comprimento de onda
- Índice de refração
- Velocidade da luz ←
- Fase
- Fonte virtual de luz.

Princípio:

A interferência da luz é causada por meio de dois espelhos de acordo com o arranjo de Michelson. A mudança da pressão numa cuveta de medição situada no caminho do feixe permite que se determine o índice de refração do ar.

O que você vai necessitar:

Placa de base com pés de borracha	✓	08700.00	1
Laser HeNe	✓	08180.93	1
Suporte ajustável 35 x 35 mm	✓	08711.00	1
✓ Espelho de superfície 30 x 30 mm	✓	08711.01	1
✓ Pé magnético	✓	08710.00	(5)
✓ Interferômetro de Michelson	✓	08557.00	1
✓ Lente objetiva, 25x ~ 20x	✓	62470.00	1
Dispositivo deslizante, horizontal	✓	08713.00	1
Dispositivo para deslocamento xy	✓	08714.00	(1) 2
Anel adaptador	✓	08714.01	1
Anteparo metálico, 300 x 300 mm	✓	08062.00	1
Cuveta para efeito Faraday	✓	08625.00	1
Cilindro de pressão, CO ₂	✓	41772.06	1
Adaptador para cilindro de pressão	✓	33494.00	1
✓ Pipeta	✓	64701.00	1
✓ Mangueira de silicone, di = 5 mm, 5 x 1, 1 m	✓	39297.00	1
✓ Garra universal com articulação	✓	37716.00	1

- 1 POWER SUPPLY FOR LASER HEAD 5mW

2 anéis de vidro da caixa do laser He-Ne

- PIN HOLE 30 micron
Cód: 08743-00
- ICD-204

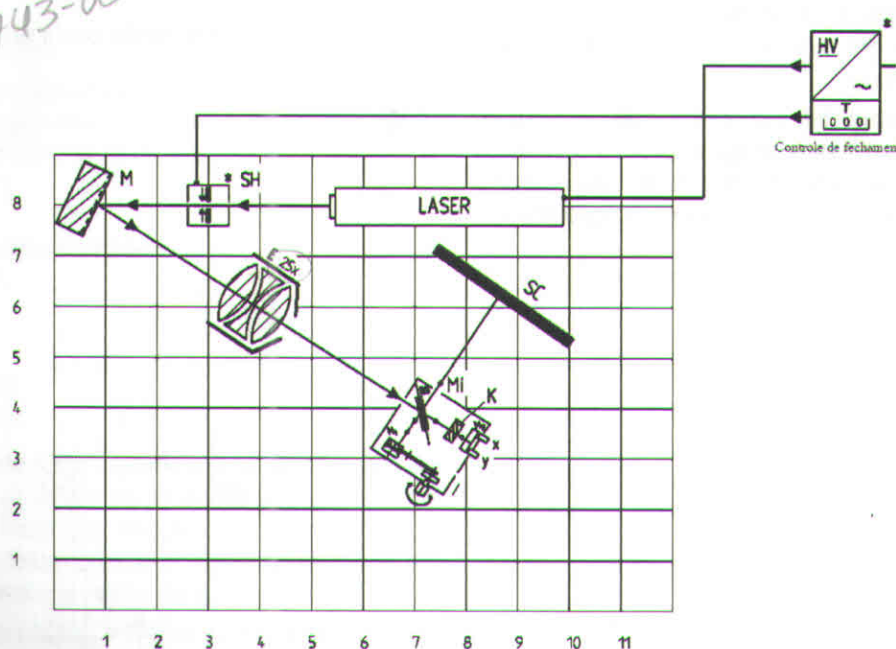


Fig. 1: Arranjo experimental para determinar o índice de refração do CO₂ por meio do interferômetro de Michelson (* necessário somente para laser de 5 mW)

Arranjo e execução

- O arranjo experimental é mostrado na Fig. 1. A altura recomendada para o arranjo (altura do caminho do feixe) deve ser 130 mm.
- A cuveta é presa ao interferômetro de Michelson e uma peça de conexão é fechada por meio de uma rolha de Teflon.
- Depois de ajustar o caminho do feixe por meio do espelho ajustável M, o feixe é alargado por meio do sistema correspondente. Para tanto, o diafragma circular deslizante é deslocado em direção à lente, até que esteja na área focal. Nesse meio tempo, a posição do diafragma circular e da lente sempre deve ser reajustada lateralmente. O feixe alargado não deve exibir nenhum padrão de interferência.
- Depois disto, ambos os espelhos do interferômetro são ajustados.
- O feixe laser incide no espelho semitransparente em um ângulo de 45° e é dividido.
- Ambos os feixes parciais são refletidos pelos espelhos correspondentes e incidem no anteparo S.
- Os dois pontos de luz são superpostos por meio dos dois parafusos de ajuste de um dos dois espelhos. O ajuste é realizado até que os círculos concêntricos de interferência sejam claramente visíveis no centro.
- Para determinar o índice de refração, o micrômetro de parafuso é girado para a posição inicial, na qual o centro dos círculos de interferência parece escuro.
- O cilindro de pressão com dióxido de carbono é conectado à pipeta de vidro por meio da válvula e uma mangueira de silicone. A pipeta de vidro é orientada por meio da garra universal ajustada no pé magnético, de tal maneira que a ponta aponte para o tubo de conexão não fechado da cuveta.
- A pressão na cuveta é reduzida com a bomba manual. Assim que o centro dos círculos de interferência exibir intensidade mínima, a pressão e a quantidade correspondente de mínimos atravessados são registradas.
- A válvula de gás é aberta de tal maneira que o glás escoe bem lentamente. Observam-se mudanças entre os picos e mínimos dos anéis de interferência. Estas mudanças terminam depois de um certo tempo, quando a cuveta estiver completamente cheia de CO₂.

Teoria e avaliação

Com relação ao interferômetro de Michelson

Se duas ondas de mesma frequência ω e de diferentes amplitudes e fases incidem na mesma posição, elas se sobrepõem para formar:

$$y = a_1 \cdot \sin(\omega t - \alpha_1) + a_2 \cdot \sin(\omega t - \alpha_2)$$

A onda resultante pode ser descrita por:

$$y = A \cdot \sin(\omega t - \alpha)$$

com amplitude

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2 a_1 a_2 \cdot \cos \delta \quad (1)$$

e diferença de fase

$$\delta = \alpha_1 - \alpha_2$$

No interferômetro de Michelson, a luz é dividida em dois feixes parciais por uma placa de vidro semitransparente (divisor de amplitude), refletida por dois espelhos e levada a interferir depois da placa de vidro. Como apenas os pontos de luz aumentados podem exibir anéis de interferência, o feixe de luz é alargado por um sistema correspondente entre o laser e a placa de vidro.

Se o espelho real M_2 for substituído por sua imagem virtual M_2' obtida através da reflexão da placa de vidro, um ponto P da fonte real de luz aparece como pontos P' e P'' das fontes virtuais de luz L1 e L2.

Devido à diferença de caminhos de feixe, e com as designações da Fig. 3, a diferença de fase é:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2 \cdot d \cdot \cos \Theta \quad (2)$$

onde λ é o comprimento de onda da luz laser usada.

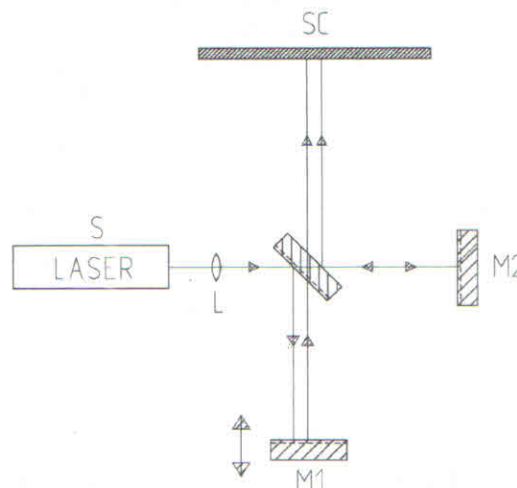


Fig. 2: Arranjo de Michelson para interferência

De acordo com (1), a distribuição de intensidade para $a_1 = a_2 = a$ é

$$I \sim A^2 = 4 \cdot a^2 \cdot \cos^2 \frac{\delta}{2} \quad (3)$$

Picos ocorrem assim quando δ é um múltiplo de 2π , isto é, com (2):

$$2 \cdot d \cdot \cos \Theta = m \cdot \lambda; m = 1, 2, \dots \quad (4)$$

isto é, encontram-se anéis circulares para valores fixos de m e d , pois λ permanece constante (comparar com Fig.3). Se mudar-se a posição do espelho móvel M_1 , de modo que, por exemplo, d diminua, o diâmetro do anel também diminui de acordo com (4), pois m é fixo para este anel. Assim, um anel desaparece toda vez que d diminuir por $\lambda/2$. Para $d = 0$, o padrão de anel desaparece. Se M_1 e M_2 não forem paralelos, obtém-se listras curvadas que se tornam retas para $d = 0$.

A fim de medir-se o índice de refração do CO_2 , uma cuveta previamente resfriada com ar e com plano paralelo limitando as paredes é usada. Esta cuveta é introduzida no caminho do feixe entre o sistema divisor de feixe e um espelho.

Como os índices de refração do ar e do CO_2 são diferentes, o índice de refração na cuveta é proporcional à quantidade de CO_2 introduzida.

O comprimento do caminho óptico r na cuveta de caminho geométrico l é assim diferente para o ar e para o dióxido de carbono. Como o feixe de luz viaja duas vezes através da cuveta, o comprimento geométrico do caminho óptico é $s = 2 \cdot l$.

Um resultado disto é:

$r_1 = n_1 s$ para o ar com índice de refração n_1 $r_2 = n_2 s$ para o dióxido de carbono

com índice de refração n_2

Contando as mudanças entre picos e mínimos, a mudança do comprimento de caminho óptico Δr é medida, porque uma mudança de um mínimo para um pico corresponde a uma mudança por $\lambda/2$.

Assim $N \cdot \lambda / 2 = \Delta r$, e obtém-se:

$$r_2 = r_1 + \Delta r \quad (5)$$

$$n_2 = n_1 + \Delta n \quad (6)$$

De (5) e (6) segue que:

$$\Delta r = \Delta n \cdot s \quad (7)$$

A partir do experimento 4.2, sabe-se que quando o índice de refração diminui, os anéis de interferência aumentam de dentro para fora. Assim, a direção do movimento dos anéis permite que se determine se o índice de refração do gás examinado é menor ou maior do que o do ar.

Quando se mede com o CO_2 , o índice de refração é maior do que o do ar, porque os anéis se movem para dentro quando a cuveta está cheia de CO_2 .

Uma medição mostrou que podem-se observar 9 mudanças entre picos e mínimos. Isto corresponde a uma modificação de caminho óptico do $\Delta r = 4.5 \cdot \lambda$ ($\lambda = 632.8$ nm). O comprimento geométrico s da cuveta é 12 mm para as dimensões externas (o comprimento da coluna de CO_2 é 10 mm).

De acordo com (7) obtém-se assim:

$$\Delta n = 1.4238 \cdot 10^{-4}$$

Com o valor da literatura para o índice de refração do ar em pressão normal e 20°C de $n_1 = 1.000272(2)$, obtém-se um índice de refração para o CO_2 de

$$n_2 = 1.000414(4).$$

O valor da literatura para o índice de refração de CO_2 em pressão normal e 20 °C é:

$$n_2(\text{Lit.}) = 1.000416.$$

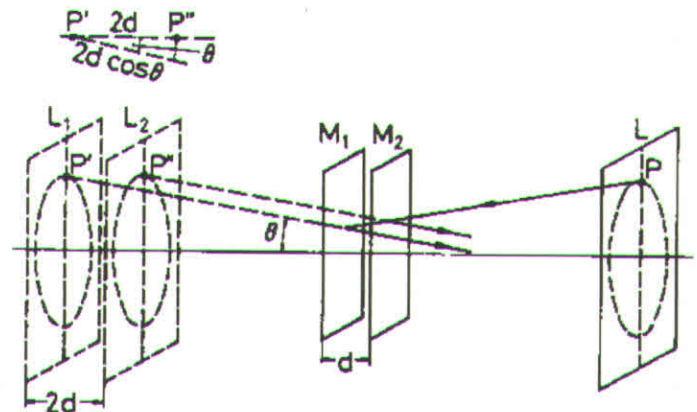


Fig. 3: Formação de anéis de interferência

Espaço para anotações