



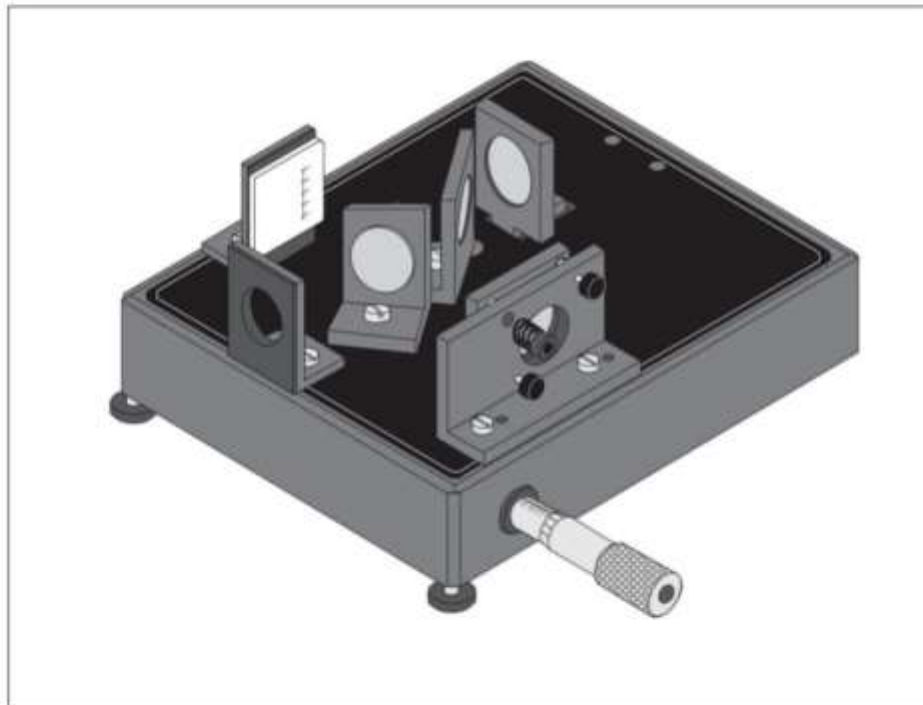
**Manual de instruções e**

012-07137B

**Guia de experimentos para  
Modelos científicos PASCO**

**OS-9255A até OS-9258A**

## INTERFERÔMETRO DE PRECISÃO



**PASCO**®

10101 Foothills Blvd. • Roseville, CA 95747-7100  
Phone (916) 786-3800 • FAX (916) 786-8905 • [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

better  
ways to  
teach science

## Mesa de conteúdo

<b>Seção</b>	<b>Página</b>
Direitos autorais, garantia e devolução do arquivamento .....	ii-iii
Introdução .....	1
Equipamento .....	2
Teoria de operação .....	5
Michelson	
Twyman-Green	
Fabry-Perot	
Configuração e operação .....	9
Dicas sobre como usar um interferômetro .....	15
Fontes de erro	
Solução de problemas	
Experimentos	
Experimento 1: Introdução a interferometria .....	18
Experimento 2: O índice de refração do ar .....	22
Experimento 3: O índice de refração do vidro .....	26
Sugestões para experimentos adicionais .....	29
Manutenção .....	31
Guia do professor .....	34-37

## Direitos autorais, garantia e devolução de equipamentos

**Por favor** – sinta-se a vontade para duplicar este manual sujeito às restrições de direitos autorais abaixo

### **Aviso de direitos autorais**

A precisão científica 012-05187C da PASCO

O manual do interferômetro é protegido por direitos autorais e todos os direitos reservados.

No entanto, é concedida permissão a

instituições de ensino sem fins lucrativos para reprodução de qualquer parte do manual, desde que as reproduções sejam usadas apenas para seus laboratórios e não sejam vendidas com fins lucrativos.

A reprodução sob quaisquer outras circunstâncias, sem o consentimento por escrito da PASCO Scientific, é proibida.

### **Garantia limitada**

A PASCO Scientific garante que o produto está livre de defeitos de materiais e mão de obra por um período de um ano a partir da data de envio ao cliente.

A PASCO reparará ou substituirá, a seu critério, qualquer parte do produto que seja considerada defeituosa em material ou mão de obra. A garantia não cobre danos ao produto causados por abuso ou uso impróprio.

A determinação se uma falha do produto é resultado de um defeito de fabricação ou uso impróprio pelo cliente deve ser feita exclusivamente pela PASCO Scientific.

A responsabilidade pela devolução do equipamento para reparo em garantia é do cliente. O equipamento deve ser devidamente embalado para evitar danos e envio com postagem ou frete pré-pago. (Danos causados por embalagem inadequada do equipamento para envio de devolução não serão cobertos pela garantia.) Os custos de envio para devolução do equipamento após o reparo serão pagos pela PASCO Scientific.

### **Devolução do Equipamento**

Se o produto tiver que ser devolvido à PASCO Scientific por qualquer motivo, notifique a PASCO Scientific por carta, telefone ou fax ANTES de devolver o produto.

Mediante notificação, a autorização de devolução e as instruções de envio serão prontamente emitidas.

**NOTA: Nenhum equipamento sera aceito para devolução sem autorização da pasco.**

Ao devolver o equipamento para reparo, as unidades devem ser embaladas adequadamente. As transportadoras não se responsabilizam por danos causados por embalagem inadequada. Para ter certeza de que a unidade não será danificada no transporte, observe as seguintes regras:

1. A caixa de embalagem deve ser forte o suficiente para o item enviado.
2. Certifique-se de que haja pelo menos cinco centímetros de material de embalagem entre qualquer ponto do aparelho e as paredes internas da caixa.
3. Certifique-se de que o material de embalagem não se desloque na caixa ou fique comprimido, permitindo que o instrumento entre em contato com a caixa de embalagem.

Endereço: PASCO científico

10101 Foothills Blvd.  
Roseville, CA 95747-7100

Telefone: (916) 786-3800

FAX: (916) 786-3292

Email: [techsupp@pasco.com](mailto:techsupp@pasco.com)

Rede: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

## Introdução

O Interferômetro de Precisão OS-9255A fornece uma introdução teórica e prática à interferometria.

Medições precisas podem ser feitas em três modos:

### **Michelson**

O Interferômetro de Michelson é historicamente importante e também fornece uma configuração interferométrica simples para a introdução de princípios básicos. Os alunos podem medir o comprimento de onda da luz e os índices de refração do ar e de outras substâncias.

### **Twyman-Green**

O interferômetro Twyman-Green é uma importante ferramenta contemporânea para testar componentes ópticos. Tornou possível criar sistemas ópticos com precisão de uma fração de comprimento de onda.

*NOTA: O interferômetro de precisão PASCO não foi projetado para teste de componentes reais no modo Twyman-Green. Pretende-se apenas fornecer uma introdução simples a esta importante aplicação de interferometria.*

### **Fabry-Perot**

O Interferômetro de Fabry-Perot também é uma importante ferramenta contemporânea, utilizada na maioria das vezes para espectrometria de alta resolução. As franjas são mais nítidas, mais finas e mais espaçadas do que as franjas de Michelson, de modo que pequenas diferenças no comprimento de onda podem ser resolvidas com precisão. O interferômetro de Fabry-Perot também é importante na teoria do laser, pois fornece a cavidade ressonante na qual ocorre a amplificação da luz.

Alternar entre esses três modos de operação e alinhar os componentes é relativamente simples, pois todos os espelhos são montados na base em posições fixas, usando parafusos de painel cativos. Lentes, telas de visualização e outros componentes são montados magneticamente na base usando os suportes de componentes incluídos.

As medições são precisas em todos os três modos de operação. Uma base de alumínio usinado de 5 kg fornece uma superfície estável para experimentos e medições. Todos os espelhos são planos para 1/4 de comprimento de onda e o micrômetro embutido resolve o movimento do espelho dentro de um micron.

## Equipamento

O Interferômetro de Precisão OS-9255A inclui os seguintes equipamentos:

- Base de 5kg com micrômetro embutido
- Espelho ajustável
- Espelho Móvel
- Divisor de feixe
- Placa compensadora
- (2) Suporte de componente
- Tela de visualização
- Lente, Distância focal de 18 mm
- Difusor
- Estojo de armazenamento equipado

### Equipamento adicional necessário

- Laser (OS-9171)
- Banco de Laser (OS-9172)

*NOTA: O equipamento anterior inclui tudo o que é necessário para a interferometria básica de Michelson. Você pode produzir franjas claras e fazer medições precisas do comprimento de onda de sua fonte. No entanto, para realizar os experimentos neste manual, você precisará de componentes adicionais, como os acessórios do interferômetro OS-9256A ou um conjunto comparável de seus próprios componentes.*

*O Interferômetro de Precisão está disponível como um sistema completo. Consulte o seu catálogo PASCO atual para obter detalhes.*

### Equipamento adicional recomendado

Os acessórios do interferômetro OS-9256A incluem:

- Ponteiro giratório
- Célula de vácuo
- Suporte de Componente
- Lente, distância focal de 18 mm
- Lente, distância focal de 48 mm
- Prato de vidro
- (2) polarizadores
- Bomba de vácuo com manômetro



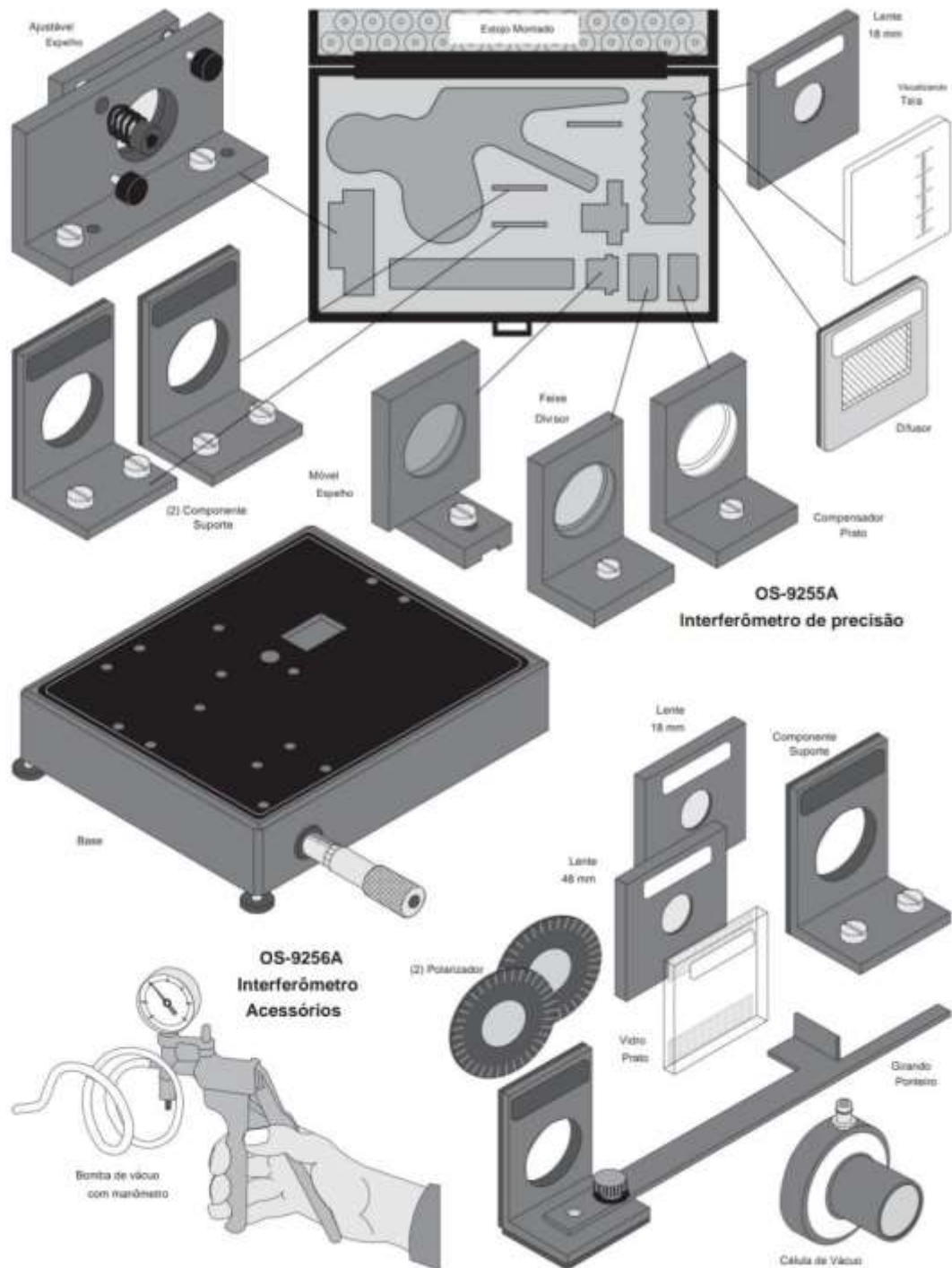
*NOTA: O estojo embutido OS-9255A também oferece armazenamento para esses componentes acessórios.*

### Sobre a fonte de luz

Recomendamos fortemente um laser para a maioria das aplicações introdutórias. Uma fonte de luz espectral pode ser usada (veja o Apêndice), mas isso realmente constitui um experimento em si para alunos iniciantes. Uma fonte de laser é fácil de usar e produz franjas nítidas e brilhantes.

A bancada de alinhamento a laser OS-9171 e a bancada de alinhamento a laser OS-9172 estão disponíveis na PASCO. No entanto, qualquer laser de baixa potência que opere na faixa visível

funcionará bem. Se você quiser demonstrar a importância da polarização na interferometria, um laser não polarizado deve ser usado. Para facilitar o alinhamento, a viga deve estar aproximadamente 4 cm acima do nível do tampo da bancada.



# Teoria da operação

## Teoria da interferência

Um feixe de luz pode ser modelado como uma onda de campos elétricos e magnéticos oscilantes. Quando dois ou mais feixes de luz se encontram no espaço, esses campos se somam de acordo com o princípio da superposição. Ou seja, em cada ponto no espaço, os campos elétrico e magnético são determinados como a soma vetorial dos campos dos feixes separados.

Se cada feixe de luz se originar de uma fonte separada, geralmente não há relação fixa entre as oscilações eletromagnéticas nos feixes. A qualquer instante no tempo haverá pontos no espaço onde os campos se somam para produzir uma força máxima de campo. No entanto, as oscilações da luz visível são muito mais rápidas do que o olho humano pode apreender. Como não há relação fixa entre as oscilações, um ponto em que há um máximo em um instante pode ter um mínimo no instante seguinte. O olho humano calcula a média desses resultados e percebe uma intensidade uniforme de luz.

Se os feixes de luz se originam da mesma fonte, geralmente há algum grau de correlação entre a frequência e a fase das oscilações. Em um ponto no espaço, a luz dos feixes pode estar continuamente em fase. Neste caso, o campo combinado será sempre um máximo e um ponto brilhante será visto. Em outro ponto, a luz dos feixes pode estar continuamente fora de fase e um mínimo, ou ponto escuro, será visto.

Thomas Young foi um dos primeiros a projetar um método para produzir tal padrão de interferência. Ele permitiu que um único e estreito feixe de luz caísse em duas fendas estreitas e espaçadas. Em frente às fendas, ele colocou uma tela de visualização. Onde a luz das duas fendas atingiu a tela, apareceu um padrão regular de faixas escuras e brilhantes. Quando realizado pela primeira vez, o experimento de Young ofereceu evidências importantes para a natureza ondulatória da luz.

As fendas de Young podem ser usadas como um simplesinterferômetro. Se o espaçamento entre as fendas for conhecido, o espaçamento dos máximos e mínimos pode ser usado para determinar o comprimento de onda da luz. Por outro lado, se o comprimento de onda da luz for conhecido, o espaçamento das fendas pode ser determinado a partir dos padrões de interferência.

## Interferômetro de Michelson

Em 1881, 78 anos após Young apresentar seu experimento de duas fendas, AA Michelson projetou e construiu um interferômetro usando um princípio semelhante. Originalmente, Michelson projetou seu interferômetro como um meio de testar a existência do éter, um meio hipotético no qual a luz se propaga. Devido em parte aos seus esforços, o éter não é mais considerado uma hipótese viável. Mas, além disso, o interferômetro de Michelson tornou-se um

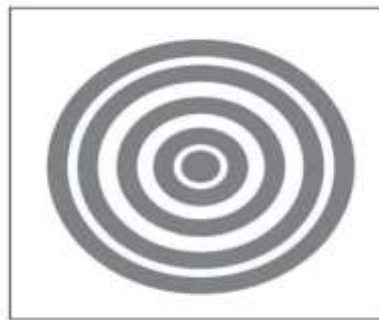


instrumento amplamente utilizado para medir o comprimento de onda da luz, para usar o comprimento de onda de uma fonte de luz conhecida para medir distâncias extremamente pequenas e para investigar meios ópticos.

A Figura 1 mostra um diagrama de um interferômetro de Michelson. O feixe de luz do laser atinge o divisor de feixe, que reflete 50% da luz incidente e transmite os outros 50%. O feixe incidente é, portanto, dividido em dois feixes; um feixe é transmitido para o espelho móvel (M1), o outro é refletido para o espelho fixo (M2).

Ambos os espelhos refletem a luz diretamente de volta para o divisor de feixe. Metade da luz de M1 é refletida do divisor de feixe para a tela de visualização e metade da luz de M2 é transmitida através do divisor de feixe para a tela de visualização.

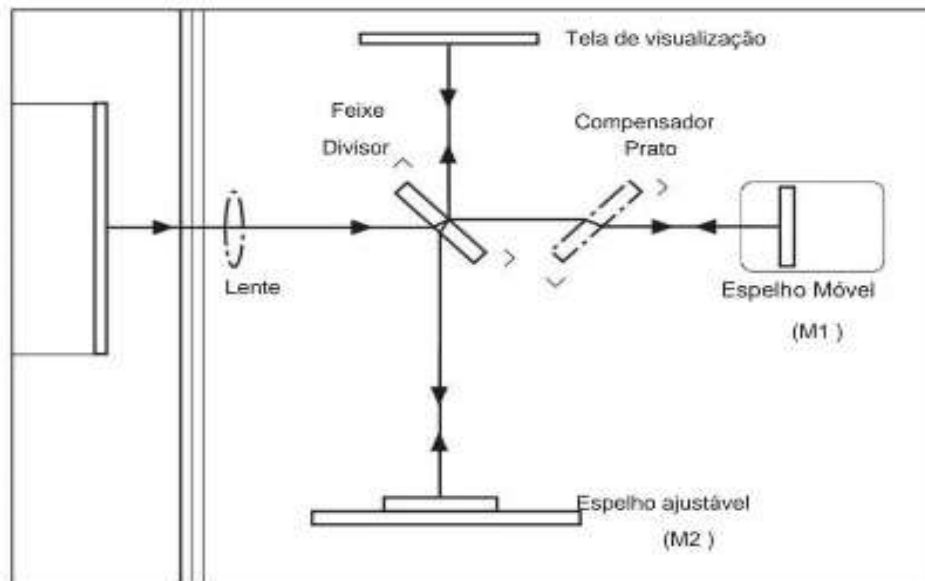
Desta forma, o original feixe de luz é dividido, e porções do resultado feixes são trazidos de volta juntos. Desde que os feixes sejam da mesma fonte, suas fases são altamente correlacionados. Quando uma lente é colocada entre a fonte de laser e o divisor de feixe, o raio de luz se espalha e um padrão de interferência de anéis escuros e brilhantes, ou franjas, é visto na tela (Figura 2).



**Figura 2. Franjas**

Como os dois feixes de luz interferentes foram separados do mesmo feixe inicial, eles estavam inicialmente em fase. Sua fase relativa quando eles se encontram em qualquer ponto da tela de visualização, portanto, depende da diferença no comprimento de seus caminhos ópticos para chegar a esse ponto.

Movendo M1, o comprimento do caminho de uma das vigas pode ser variado. Como o feixe percorre o caminho entre M1 e o divisor de feixe duas vezes, mover M1  $1/4$  do comprimento de onda para mais perto do divisor de feixe reduzirá o caminho óptico desse feixe em  $1/2$  comprimento de onda. O padrão de interferência mudará os raios dos máximos serão reduzidos para que agora ocupem a posição dos antigos mínimos. Se M1 for movido um comprimento de onda adicional de  $1/4$  para mais perto do divisor de feixe, os raios dos máximos serão novamente reduzidos para as posições de comércio de máximos e mínimos, mas esse novo arranjo será indistinguível do padrão original.



**Figura 1. Interferômetro de Michelson**

Movendo lentamente o espelho uma distância medida  $d_m$ , e contando  $m$ , o número de vezes que o padrão de franja é restaurado ao seu estado original, o comprimento de onda da luz ( $\lambda$ ) pode ser calculado como:

$$\lambda = \frac{2d_m}{m}$$

Se o comprimento de onda da luz for conhecido, o mesmo procedimento pode ser usado para medir  $d_m$ .

***Nota: Usando o compensador***

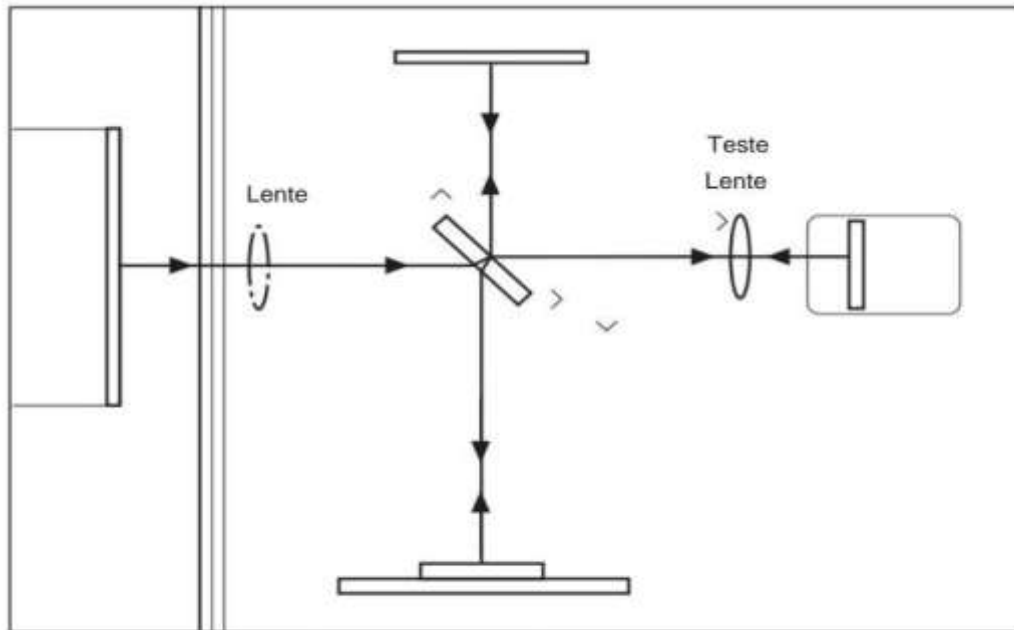
Na Figura 1, observe que um feixe passa pelo vidro do divisor de feixe apenas uma vez, enquanto o outro passa por ele três vezes. Se for usada uma fonte de luz altamente coerente e monocromática, como um laser, isso não é problema. Com outras fontes de luz isso é um problema.

A diferença no comprimento efetivo do caminho dos feixes separados é aumentada, diminuindo assim a coerência dos feixes na tela de visualização. Isso irá obscurecer o padrão de interferência.

Um compensador é idêntico ao divisor de feixe, mas sem o revestimento refletivo. Ao inseri-lo na trajetória do feixe, conforme mostra a Figura 1, ambos os feixes passam pela mesma espessura de vidro, eliminando esse problema.

**O interferômetro de Twyman-Green**

O interferômetro Twyman-Green é uma variação do interferômetro de Michelson que é usado para testar componentes ópticos. Uma lente pode ser testada colocando-a no caminho do feixe, de modo que apenas um dos feixes interferentes passe pela lente de teste (consulte a Figura 3). Quaisquer irregularidades na lente podem ser detectadas no padrão de interferência resultante. Em particular, aberração esférica, como o astigmatismo aparecem como variações específicas no padrão de franjas.



**Figura 3. Interferômetro Twyman-Green**

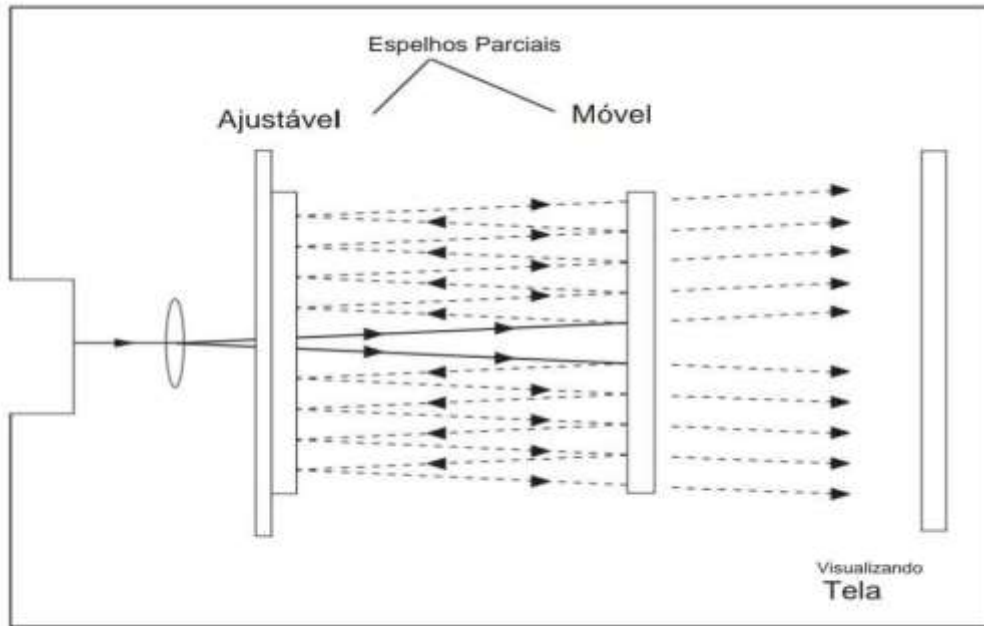
### **O interferômetro de Fabry-Perot**

No Interferômetro de Fabry-Perot, dois espelhos parciais são alinhados paralelamente um ao outro, formando uma cavidade refletora. A Figura 4 mostra dois raios de luz entrando em tal cavidade e refletindo para frente e para trás no interior. A cada reflexão, parte do feixe é transmitida, dividindo cada raio incidente em uma série de raios. Como os raios transmitidos são todos separados de um único raio incidente, eles têm uma relação de fase constante (assumindo que uma fonte de luz suficientemente coerente é usada).

A relação de fase entre os raios transmitidos depende do ângulo em que cada raio entra na cavidade e da distância entre os dois espelhos. O resultado é um padrão de franja circular, semelhante ao padrão Michelson, mas com franjas mais finas, mais

brilhantes e mais espaçadas. A nitidez das franjas de Fabry-Perot o torna uma ferramenta valiosa em espectrometria de alta resolução.

Tal como acontece com o Interferômetro de Michelson, como o móvel espelho é movido para perto ou para longe do espelho fixo, o padrão de franjas muda. Quando o movimento do espelho é igual a  $1/2$  do comprimento de onda da fonte de luz, o novo padrão de franja é idêntico ao original.



**Figura 4. Interferômetro Fabry-Perot**

## Configuração e operação

### Alinhamento a Laser

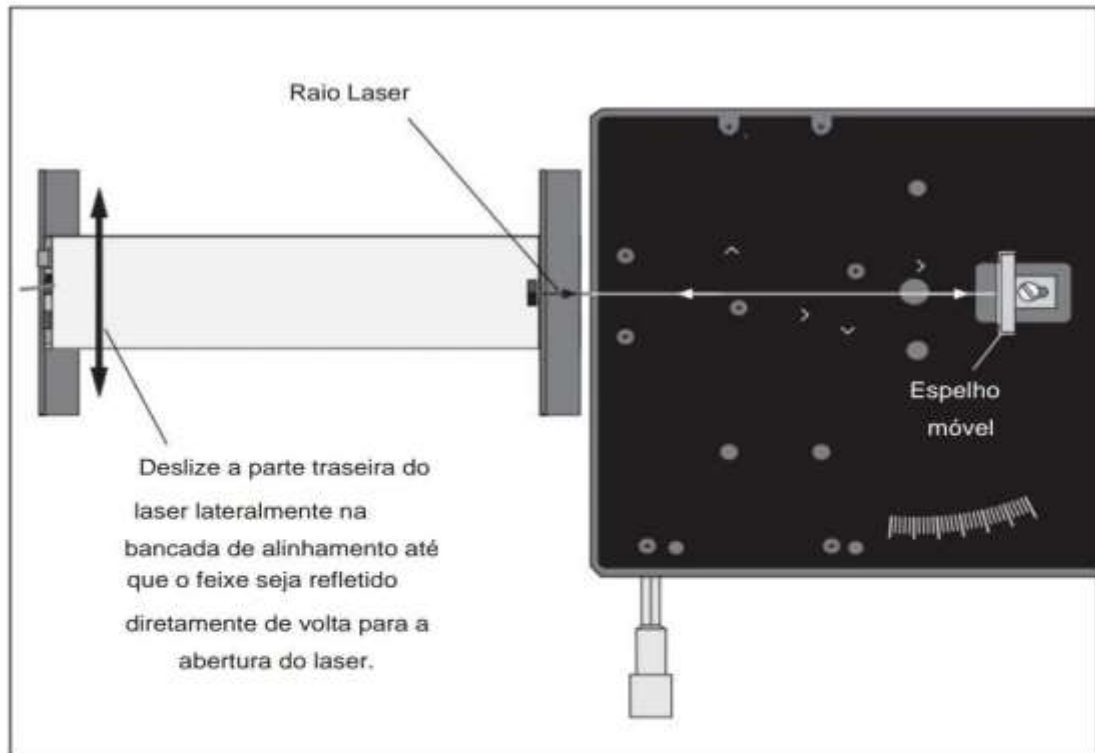
- Se você estiver usando um laser PASCO e uma Bancada de Alinhamento a Laser, o procedimento de configuração e alinhamento é o seguinte.
- Se você estiver usando um laser diferente, o procedimento de alinhamento é semelhante. Ajuste o laser para que o feixe fique aproximadamente 4cm acima do tampo da mesa. Em seguida, alinhe a viga como nos passos 4 e 5, abaixo.
- Se você estiver usando uma fonte de luz espectral em vez de um laser, consulte Sugestões para experiências adicionais, próximo ao final do manual.

### Para configurar e alinhar seu PASCO Laser:

1. Coloque a base do interferômetro em uma mesa de laboratório com o botão do micrômetro apontando para você.
2. Posicione a bancada de alinhamento a laser à esquerda do base aproximadamente perpendicular à base do interferômetro e coloque o laser na bancada.
3. Fixe o espelho móvel no orifício embutido na base do interferômetro.
4. Ligue o laser. Usando os parafusos de nivelamento na bancada do laser, ajuste sua altura até que o feixe de laser fique aproximadamente paralelo com a parte superior da base do interferômetro e atinja o espelho móvel no centro. (Para verificar se o feixe está paralelo à base, coloque um pedaço de papel no caminho do feixe, com a borda do papel encostada na base.

Marque a altura do feixe no papel. Usando o pedaço de papel, verifique que a altura da viga é a mesma em ambas as extremidades da bancada.)

5. Ajuste a posição XY do laser até que o feixe seja refletido do espelho móvel de volta para a abertura do laser. Isso é feito mais facilmente deslizando suavemente a extremidade traseira do laser transversalmente ao eixo da bancada de alinhamento, conforme mostrado na Figura 5. Agora você está pronto para configurar o interferômetro em qualquer um de seus três modos de operação.



**Figura 5. Alinhando o Laser**

**NOTA:**

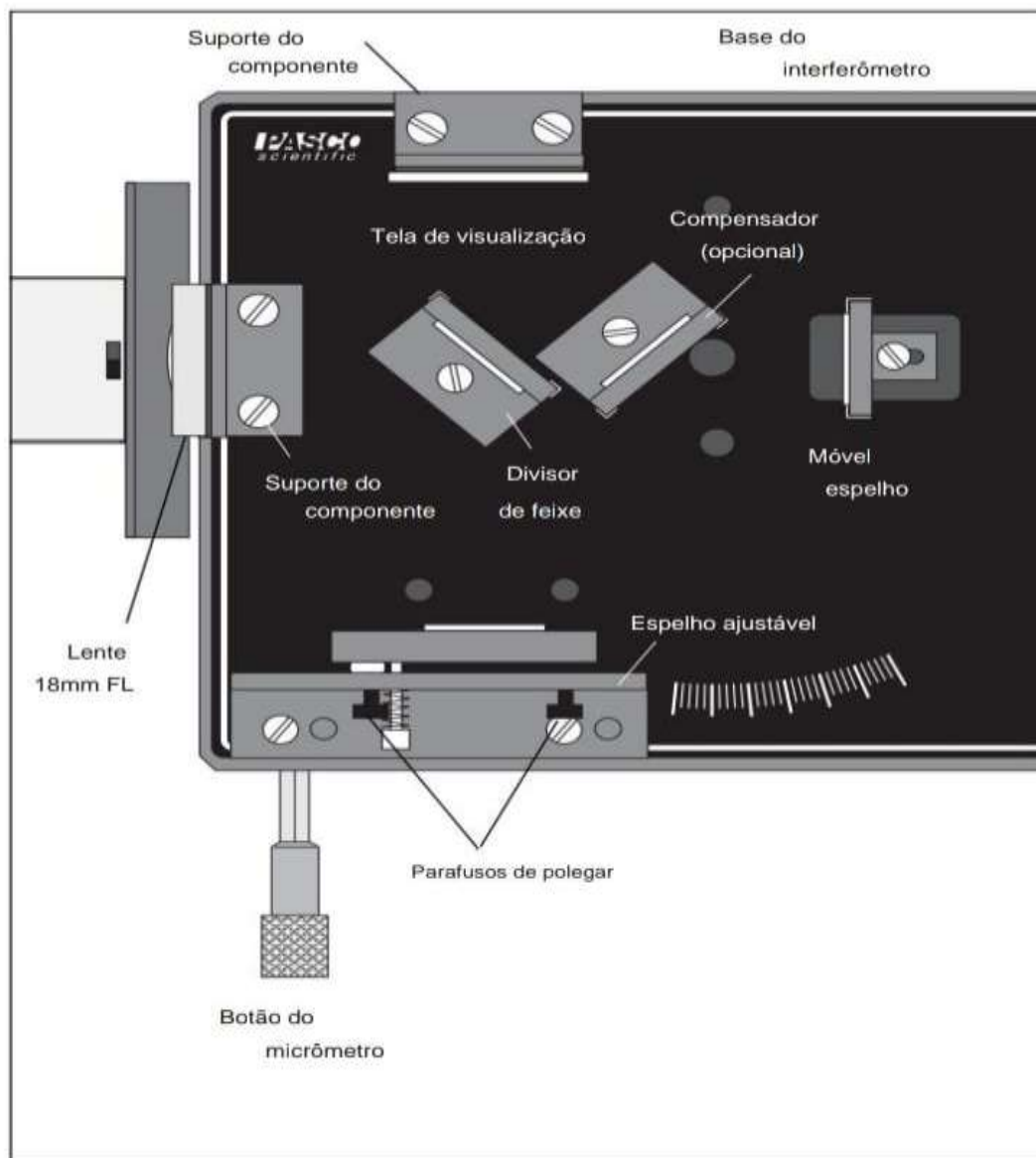
Para facilitar a instalação, a colocação dos componentes individuais nos vários modos é indicada na etiqueta.

**Modo Michelson**

- 1 Alinhe o laser e a base do interferômetro conforme descrito anteriormente. O feixe de laser deve ser aproximadamente paralelo ao topo da base, deve atingir o centro do espelho móvel e deve ser refletido diretamente de volta para a abertura do laser.
- 2 Monte o espelho ajustável na base do interferômetro.

Posicione um suporte de componente na frente do laser. Coloque o outro suporte de componente em frente ao espelho ajustável e prenda a tela de visualização em seu suporte magnético. Consulte a figura 6.

- 3 Posicione o divisor de feixe em um ângulo de 45 graus em relação ao feixe de laser, dentro das marcas de cortes, para que o feixe seja refletido no espelho fixo. Ajuste o ângulo do divisor de feixe conforme necessário para que o feixe refletido atinja o espelho fixo próximo ao seu centro.
- 4 Agora deve haver dois conjuntos de pontos brilhantes na tela de visualização; um conjunto vem do espelho fixo e o outro vem do espelho móvel. Cada conjunto de pontos deve incluir um ponto brilhante com dois ou mais pontos de brilho menor( devido a vários reflexos). Ajuste o ângulo divisor de feixe novamente até que os dois conjunto de pontos estejam o mais próximo possível e, em seguida, aperte o parafuso de aperto manual para prender o divisor de feixe.

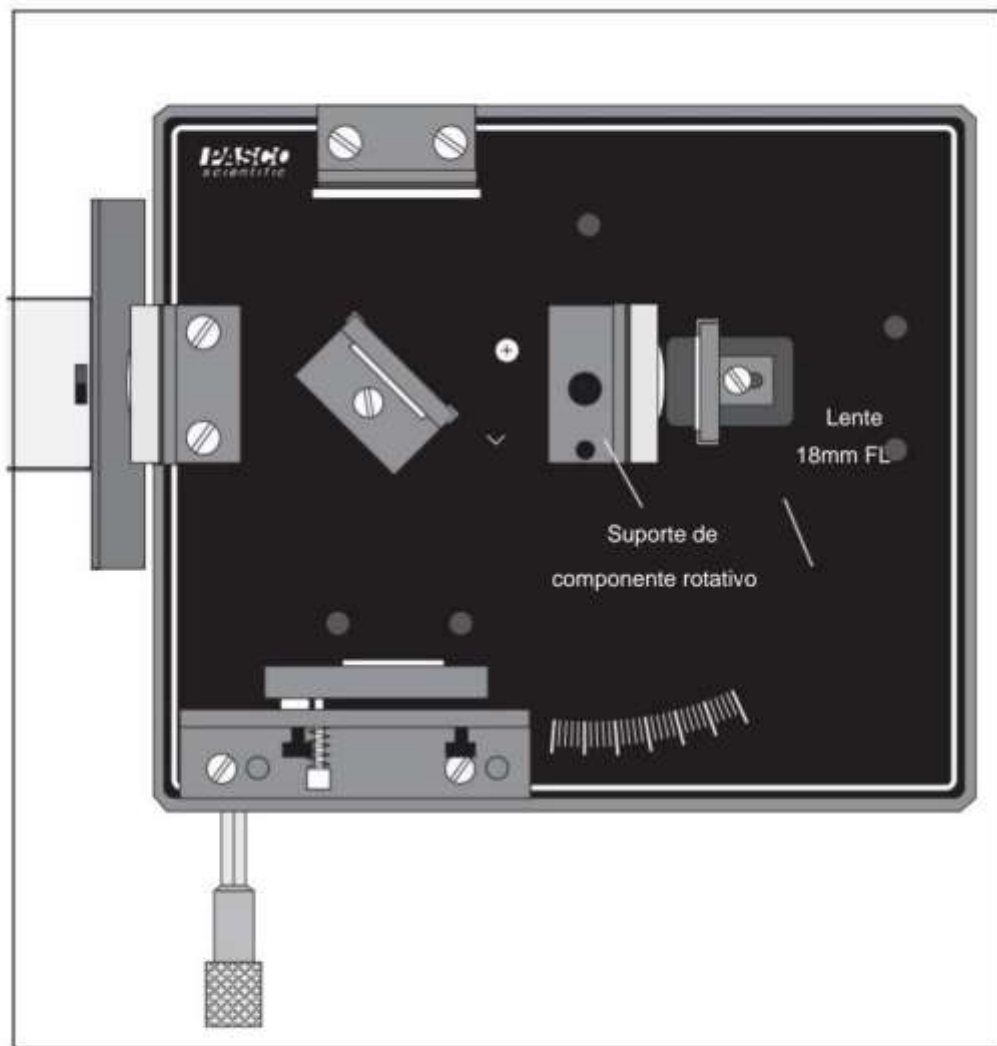


**Figura 6. Configuração do Modo Michelson**

- 5 Usando os parafusos de aperto manual na parte de trás do espelho ajustável, ajuste a inclinação do espelho até que os dois conjuntos de pontos na tela de visualização coincidam.
- 6 O compensador não é necessário para produzir franjas de interferência ao usar uma fonte de luz. No entanto, se você desejar usar o compensador, ele é montado perpendicularmente ao divisor de feixe, conforme mostrado.
- 7 Encaixe a lente FL de 18 mm no suporte magnético do suporte do componente na frente do laser, conforme mostrado, e ajuste sua posição até que o feixe divergente esteja centralizado no divisor de feixe. Agora você deve ver franjas circulares na tela de visualização. Caso contrário, ajuste com cuidado apenas a inclinação do espelho ajustável até que as franjas se aproximem.
- 8 Se você tiver problemas para obter franjas, consulte Solução de problemas no final desta seção.

### **Modo Twyman-Green**

- 1- Configure o interferômetro no modo Michelson, conforme descrito acima
- 2- Remova o ponteiro do componente rotacional suporte. ( Recomenda-se guardar o ponteiro, arruela e parafuso de aperto manual na caixa de armazenamento.) Coloque o suporte de componentes entre o divisor de feixe e o espelho móvel ( consulte a figura 7). Ele se prende magneticamente. Monte uma segunda lente FL de 18mm (L2) em seu suporte magnético e posicione-a.
- 3- Remova a lente original (L1) da frente do laser. Observe os dois conjuntos de pontos na tela de visualização um conjunto do espelho móvel e um conjunto do espelho ajustável. Ajuste a posição de L2 até que ambos conjuntos de pontos fiquem do mesmo tamanho.
- 4- Ajuste a inclinação do espelho ajustável até que os dois conjuntos de pontos coincidam.
- 5- Recoloque a lente L1 na frente do laser. Mova a tela de visualização para que fique a pelo menos 12 polegadas da borda da base do interferômetro. As franjas devem aparecer no disco brilhante da tela de visualização. Ajuste finos de L1 podem ser necessários para encontrar as franjas. Um pedaço de papel branco ou papelão pode ser usado como tela de visualização. Uma lente convexa FL de 48 mm também pode ser usada para ampliar a imagem projetada das franjas.



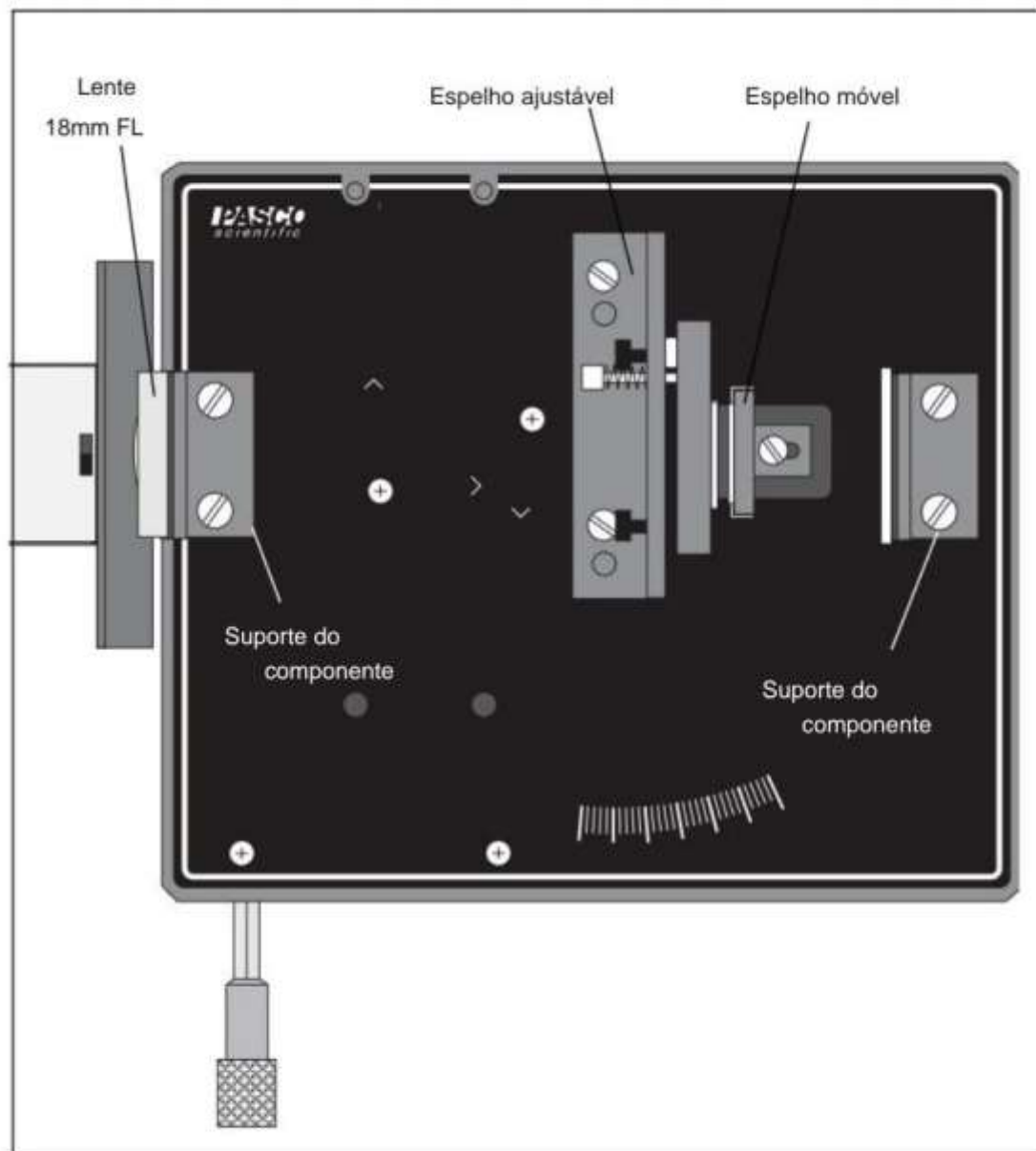
**Figura 7. Configuração do modo Twyman-Green**

### **Modo Fabry-Perot**

- 1 Alinhe o laser e a base do interferômetro conforme descrito em *Alinhamento* do Laser no início desta seção. O feixe de laser deve ser aproximadamente paralelo ao topo da base, deve atingir o centro do espelho móvel e deve ser refletido diretamente de volta para a abertura do laser.
- 2 Monte um espelho ajustável onde indicado na base do interferômetro e suporte de um componente na frente do espelho móvel. Veja a figura 8.
- 3 Coloque o outro suporte de componente atrás do espelho móvel e prenda a tela de visualização em seu suporte magnético. Você deverá ver várias imagens do feixe do laser na tela de visualização.
- 4 Usando os parafusos de aperto manual, ajuste a inclinação do espelho ajustável até que haja apenas um ponto brilhante na tela.
- 5 Agora monte a lente FL de 18 mm no suporte de componentes frontal. Um padrão de interferência claro e nítido deve ser visível na tela de visualização. Se você usar luz com dois



comprimentos de ondas componentes, em vez de um laser com dois comprimentos de ondas componentes, em vez de um laser, dois conjuntos de franjas podem ser distinguidos na tela de visualização.



**Figura 8. Configuração do modo Fabry-Perot**

## **Dicas sobre como usar o interferômetro**

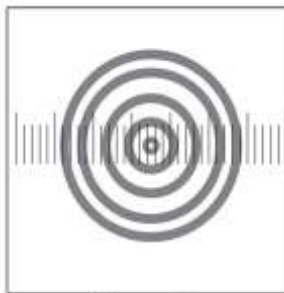
### **Contagem de franjas precisas**

As técnicas a seguir podem ajudá-lo a fazer medidas.

- 1- Não é necessário que seu padrão de interferência seja perfeitamente simétrico ou nítido. Contanto que você possa claramente distinguir os máximos e mínimos, você pode fazer

medições precisas.

- 2- É fácil perder a noção ao contar as franjas. A técnica a seguir pode ajudar. Centralize a interferência padrão na visualização da tela usando os parafusos de dedo na parte de trás do espelho fixo. Selecione uma linha de referência na escala milimétrica e alinhe-a com o limite entre um máximo e um mínimo (ver Figura 9). Mova o mostrador do micrômetro até o limite entre o próximo máximo e mínimo atinge a mesma posição que o original fronteira. (O padrão de franja deve ser o mesmo que na posição original.) Uma franja se foi.



**Figure 9.  
Counting Fringes**

- 3- Ao girar o botão do micrômetro para contar franjas, sempre gire uma volta completa antes de começar contando, depois continue girando na mesma direção enquanto conta. Isso eliminará quase totalmente os erros devidos à folga no movimento do micrômetro.
- 4- Sempre faça várias leituras e faça a média delas para maior precisão.
- 5- O anel deslizante na base do botão do micrômetro ajusta a tensão no mostrador. Antes de fazer uma medição, certifique-se de que a tensão esteja ajustada para lhe dar o melhor controle possível sobre o movimento do espelho.

### **Calibrando o micrômetro**

Para medições ainda mais precisas do espelho movimento, você pode usar um laser para calibrar o micrômetro. Para fazer isso, configure o interferômetro em Michelson ou modo Fabry-Perot. Gire o botão do micrômetro conforme você conte pelo menos 20 franjas. Observe com atenção a mudança de a leitura do micrômetro e registre esse valor como  $d'$ . O movimento real do espelho,  $d$ , é igual a  $N\lambda/2$ , onde  $\lambda$  é o comprimento de onda conhecido da luz (0,6328  $\mu\text{m}$  para um laser de hélio-neon padrão) e  $N$  é o número de franjas que foram contados. Em medições futuras, multiplique seu leituras do micrômetro por  $d/d'$  para uma medição mais precisa.

*NOTA: Você também pode ajustar a calibração do micrômetro mecanicamente. O processo não é difícil, mas para resultados mais precisos, o procedimento acima ainda é recomendado. Consulte a seção Manutenção no fim do manual de calibração mecânica procedimento.*

## Demonstrações

O interferômetro PASCO não foi projetado para grandes demonstrações. No entanto, para pequenas demonstrações, você pode usar a lente de distância focal de 48 mm (incluída no Acessórios para interferômetro) para ampliar o padrão de franja e projete-o em uma parede ou tela. É útil ter um laser poderoso para grandes projeções.

## Usando o difusor

Às vezes é mais conveniente visualizar a interferência padrão através do difusor em vez de na visualização tela. Basta colocar o difusor onde você normalmente coloque a tela de visualização e olhe através dela em direção ao interferômetro.

## Fontes de erro experimental

**Folga** - Embora o espelho cuidadosamente projetado da PASCO o movimento reduz consideravelmente a folga, todo sistema mecânico é suscetível à folga. No entanto, os efeitos a folga pode ser praticamente eliminada com o uso adequado técnica de contagem de franjas (ver item 3 em Contagem precisa de franjas, na página anterior).

**Cursor do espelho** - A quantidade de movimento do espelho por giro do mostrador do micrômetro é constante dentro de 1,5%. A maior parte desse erro ocorre nas extremidades extremas do movimento total possível do espelho. Para muito preciso medições, consulte Calibrando o micrômetro, acima, e lembre-se que os espelhos são planos dentro de  $\frac{1}{4}$  comprimento de onda em sua superfície.

## Solução de problemas

Se você tiver problemas para produzir um conjunto claro de interferência franjas, considere as seguintes possíveis fontes de dificuldade:

- 1- **Aqueça seu Laser** - Muitos lasers variam em intensidade e/ou polarização à medida que se aquecem. Para eliminar qualquer possíveis variações de franja ou intensidade, permitem que o laser aquecer antes de configurar um experimento. (O laser PASCO deve aquecer em cerca de 1 hora.)
- 2- **Verifique seus espelhos** - O divisor de feixe e espelho móvel são cuidadosamente montados em seus suportes permanecer perpendicular à base do interferômetro quando configurado. Se os suportes estiverem levemente dobrados alinhamento, os padrões de franja resultantes serão distorcidos um pouco. Se estiverem significativamente desalinhados, pode ser impossível obter franjas.
- 3- **Franjas de fundo** - Reflexões da frente e as superfícies traseiras dos espelhos e do divisor de feixe geralmente causam padrões de interferência menores no fundo do padrão de franja principal. Esses fundos padrões normalmente não se movem quando o espelho é movido, e não tem impacto nas medições feitas usando o padrão de interferência principal.

- 4- **Correntes de convecção** - Se o padrão de franja parecer ondular ou vibrar, verifique se há correntes de ar. Até uma leve brisa pode afetar as franjas.
- 5- **Vibração** - Em condições normais, o a base do interferômetro e os suportes do espelho são estáveis suficiente para fornecer uma configuração livre de vibração. No entanto, se a mesa de experimentos estiver vibrando o suficiente, ela irá afetar o padrão de interferência.

*IMPORTANTE: Se o espelho móvel não mover ao girar o botão do micrômetro, consulte Substituição do Espaçador do Micrômetro **no Seção de Manutenção no final deste manual.***

**Espelhos Interferômetros** - 3,175 cm de diâmetro; 0,635 + 0,012 cm de espessura; plano para 1/4 de comprimento de onda em ambos laterais; revestido em um lado para 80% de refletância e 20% transmissão.

**Divisor de feixe** - 3,175 cm de diâmetro; 0,635 + 0,012 cm espesso; plana a 1/4 de comprimento de onda em ambos os lados; revestido em um lado para 50% de refletância e 50% de transmissão.

**Compensador** - Idêntico ao divisor de feixe, mas não revestido.

**Espelho Móvel** - movimento é controlado pelo micrômetro embutido na base do interferômetro; girar o dial no sentido horário move o espelho em direção ao direita (olhando do lado do micrômetro); 25 microns por rotação do mostrador do micrômetro ( $\pm 1\%$  próximo ao centro do movimento); movimento através da distância total de viagem é linear para dentro de 1,5%.

**IMPORTANTE: Evite tocar em todas as superfícies do espelho. Pequenos arranhões e sujeira podem prejudicar a clareza imagens de interferência. Consulte a seção Manutenção em final deste manual para instruções de limpeza.**

## Experimento 1: Introdução a Interferometria

### Equipamentos necessários

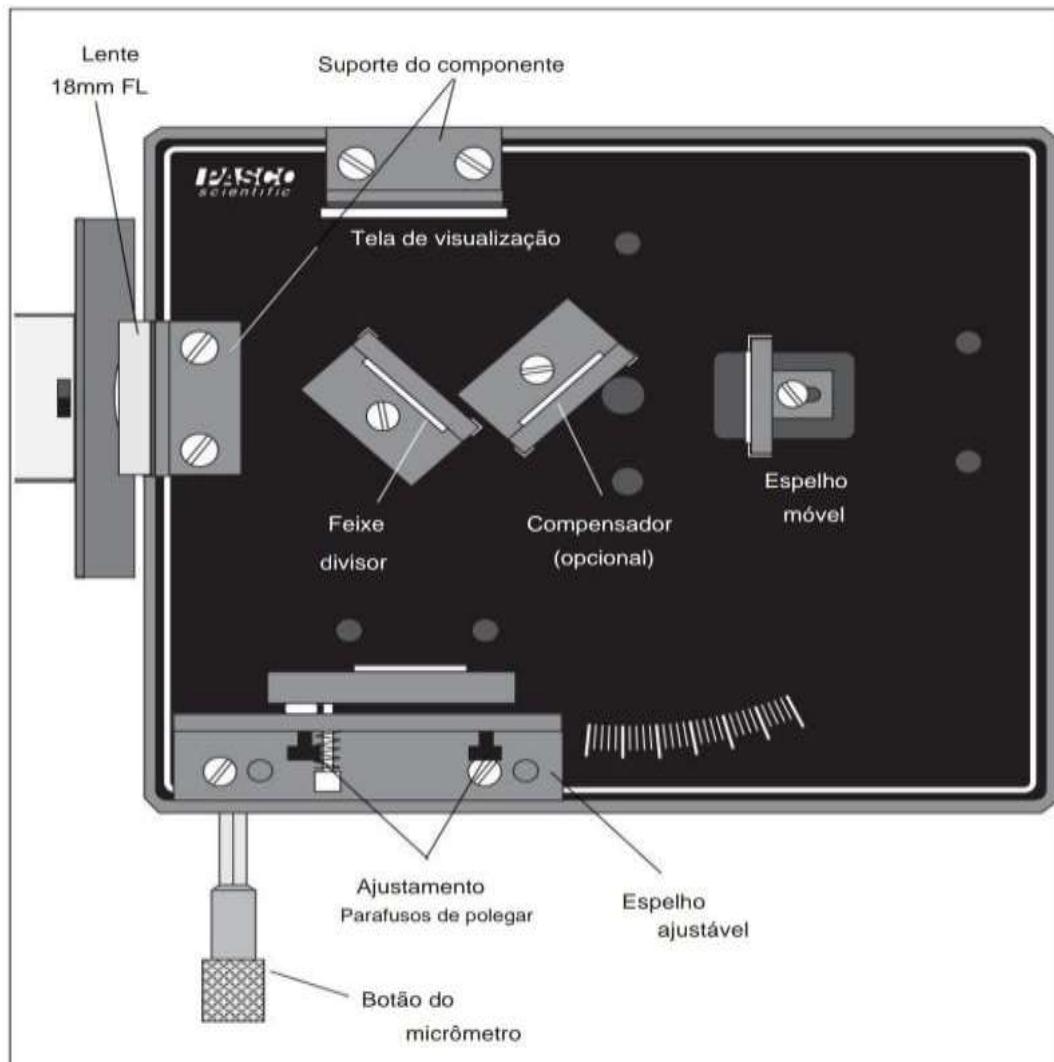
- Interferômetro Básico(OS-9255A)
- Laser
- Bancada de alinhamento a laser (OS-9172)
- Acessórios do Interferômetro (OS-9256A)
- Suporte de componente
- (2) Polarizadores calibrados

### Introdução

Em geral, um interferômetro pode ser usado em dois caminhos. Se as características da luz fonte são conhecidos com precisão (comprimento de onda, polarização, intensidade), mudanças no feixe caminho pode ser introduzido e os efeitos sobre o padrão de interferência pode ser

analisado. Os experimentos 2 e 3 são exemplos desse procedimento. Sobre por outro lado, introduzindo mudanças específicas o caminho do feixe, a informação pode ser obtida sobre a fonte de luz que está sendo usada.

Nesta experiência, você usará o interferômetro para medir o comprimento de onda de sua fonte de luz. Se você tem um par de polarizadores, você também pode investigar a polarização de sua fonte.



**Figura 1.1. Configuração do modo Michelson**

## Procedimento

### Parte I: Comprimento de onda

- 1- Alinhe o laser e o interferômetro no modo Michelson, para que um padrão de interferência seja claramente visível em seu tela de visualização. Consulte Configuração e operação para obter instruções.

- 2- Ajuste o botão do micrômetro para uma leitura média (aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ ). Nesta posição, a relação entre a leitura do micrômetro e o movimento do espelho é quase linear.
- 3- Gire o botão do micrômetro uma volta completa no sentido anti-horário. Continue girando no sentido anti-horário até que o zero no botão está alinhado com a marca de índice. Registre a leitura do micrômetro.

*NOTA: Quando você inverte a direção na qual você gira o botão do micrômetro, há uma pequena quantidade de folga mecânica antes que o espelho comece a se mover. Isso é chamado de folga mecânica e está presente em todos os sistemas que envolvem inversões na direção do movimento. Começando com uma volta completa no sentido anti-horário e, em seguida, girando apenas no sentido anti-horário ao contar as franjas, você pode eliminar erros devido à folga.*

- 4- Ajuste a posição da tela de visualização para que uma das marcas na escala milimétrica esteja alinhada com uma das franjas em seu padrão de interferência. Você achará mais fácil contar as franjas se a marca de referência for uma ou duas franjas para fora do centro do padrão.
- 5- Gire o botão do micrômetro lentamente no sentido anti-horário. Conte as franjas conforme elas passam pela sua marca de referência. Continue até que um número predeterminado de franjas tenha ultrapassado sua marca (conte pelo menos 20 franjas). Como você terminar sua contagem, as franjas devem estar na mesma posição em relação à sua marca de referência em que estavam quando você começou a contar. Registre a leitura final do mostrador do micrômetro.
- 6- Registre  $d_m$ , a distância que o espelho móvel se moveu em direção ao divisor de feixe de acordo com sua leituras do botão do micrômetro. Lembre-se, cada pequena divisão no botão do micrômetro corresponde a um  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  metros) de movimento do espelho.
- 7- Registre  $N$ , o número de transições marginais que você contou.
- 8- Repita as etapas 3 a 7 várias vezes, registrando seus resultados a cada vez.
- 9- Vá para a parte dois. Se você tiver tempo depois, tente configurar o interferômetro no modo Fabry-Perot e repetindo os passos 3 a 8.

## **Parte II: Polarização (usando o polarizador calibrado, parte dos acessórios do interferômetro OS-9256A)**

- 1- Coloque um polarizador entre o laser e o divisor de feixe. Tente vários ângulos de polarização. Como isso afeta o brilho e a clareza do padrão de franja?
- 2- Remova esse polarizador e coloque um polarizador na frente do espelho fixo ou móvel. tente vários ângulos de polarização. Como isso afeta o padrão de franja?
- 3- Agora experimente dois polarizadores, um na frente do espelho fixo e outro na frente do espelho móvel. Primeiro gire um polarizador, depois o outro. Mais uma vez, observe os efeitos.

## **Análise**

### **Parte I**

Para cada tentativa, calcule o comprimento de onda da luz ( $\lambda = 2dm/N$ ) e faça a média dos resultados. Se você tentou o modo Fabry-Perot também, calcule o comprimento de onda independentemente para esses dados. a mesma fórmula se aplica.

### **Parte II**

- 1- A partir de suas observações na etapa 1 do procedimento, você pode determinar as características de polarização da sua fonte de luz? Varia com o tempo?
- 2- Suas observações da etapa 2 fornecem mais informações sobre a polarização de seu fonte?
- 3- De suas observações na etapa 3, os feixes de polarização cruzada interferem?

### **Questões**

- 1- No cálculo para determinar o valor de  $\lambda$  com base no movimento do micrômetro, por que  $dm$  foi multiplicado por dois?
- 2- Por que mover o espelho através de muitas transições marginais em vez de apenas uma? Por que fazer várias medições e tirar a média dos resultados?
- 3- Se você tentou o modo Fabry-Perot, sua medida  $\lambda$  foi a mesma? Se não, você pode especular sobre possíveis motivos da diferença? Você tem mais confiança em um valor do que no outro?
- 4- Se o comprimento de onda de sua fonte de luz for conhecido com precisão, compare seus resultados com o conhecido valor. Se há uma diferença, a que você a atribui?
- 5- Ao medir o movimento do espelho usando o mostrador do micrômetro no interferômetro, quais fatores limitam a precisão de sua medição?
- 6- Ao medir o movimento do espelho contando franjas usando uma fonte de luz de comprimento de onda conhecido, Que fatores podem limitar a precisão de sua medição?
- 7- Qual é o papel da polarização na produção de um padrão de interferência?

## Experimento 2 : O Índice de Refração do Ar

### Equipamentos necessários

- Interferômetro Básico ( OS-9255A)
- Laser (OS-9171)
- Bancada de alinhamento a laser (OS-9172)
- Acessórios do interferômetro ( OS-9256A)
- Ponteiro rotativo, célula de vácuo e bomba de vácuo

### Introdução

No interferômetro de Michelson, as características do padrão de franja dependem das relações de fase entre os dois feixes interferentes. Existem duas maneiras de mudar as relações de fase. Uma maneira é mudar a distância percorrido por um ou ambos os feixes (movendo o móvel espelho, por exemplo). Outra maneira é mudar o meio através do qual um ou ambos os feixes passam. Qualquer método influenciará o padrão de interferência. Dentro nesta experiência, você usará o segundo método para medir o índice de refração do ar.

Para a luz de uma frequência específica, o comprimento de onda  $\lambda$  varia de acordo com a fórmula:

$$\lambda = \lambda_0 / n;$$

onde  $\lambda_0$  é o comprimento de onda da luz no vácuo, e  $n$  é o índice de refração para o material em que a luz está se propagando. Para pressões razoavelmente baixas, o índice de refração de um gás varia linearmente com o gás pressão. Claro que para um vácuo, onde a pressão é zero, o índice de refração é exatamente 1. Um gráfico de índice de refração versus pressão para um gás é mostrado em Figura 2.1. Determinando experimentalmente a inclinação, o índice de refração do ar pode ser determinado em vários pressões.

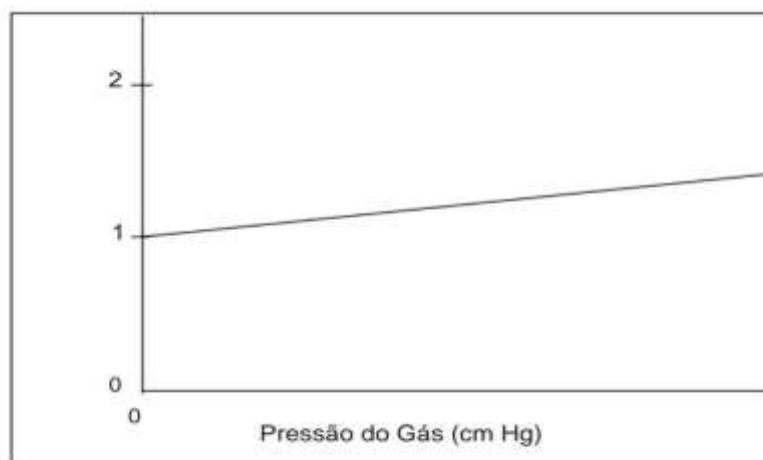
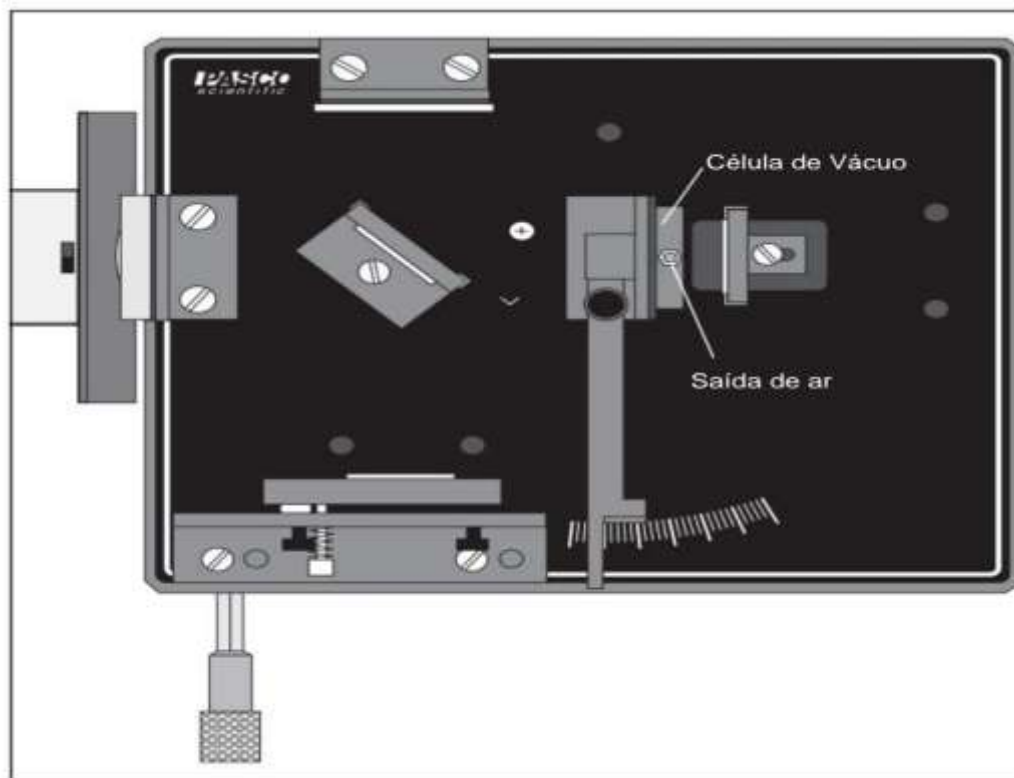


Figura 2.1. Índice de refração versus pressão do gás





**Figura 2.2. Configuração do equipamento**

### **Procedimento**

- 1- Alinhe o laser e o interferômetro no modo Michelson. Consulte Configuração e operação.
- 2- Coloque o ponteiro rotacional entre o espelho móvel e o divisor de feixe (ver Figura 2.2). Prenda a célula de vácuo ao seu suporte magnético e empurre a mangueira de ar da bomba de vácuo sobre o orifício de saída de ar da célula. Ajuste o alinhamento do espelho fixo conforme necessário para que o centro do padrão de interferência é claramente visível na tela de visualização. (O padrão de franja será um pouco distorcido por irregularidades nas placas de vidro da célula de vácuo. Isso não é um problema.)
- 3- Para medições precisas, as placas terminais da célula de vácuo devem estar perpendiculares ao laser feixe. Gire a célula e observe as franjas. Com base em suas observações, como você pode ter certeza que a célula de vácuo está devidamente alinhada?
- 4- Certifique-se de que o ar na célula de vácuo esteja à pressão atmosférica. Se você estiver usando a bomba de vácuo portátil OS-8502, isso pode ser feito girando a chave seletora de liberação de vácuo.
- 5- Gravar  $P_i$  a leitura inicial no medidor da bomba de vácuo. Bombeie lentamente o ar na célula de vácuo. Como você faz isso, conta  $N$ , o número de transições marginais que ocorrem. Quando terminar, registre  $N$  e também  $p_f$ , a leitura final do vacuômetro. (Algumas pessoas preferem começar com a célula de vácuo evacuada, em seguida, conte as franjas enquanto elas deixam o ar sair lentamente. Use o método que for mais fácil para você.)

**NOTA: A maioria dos medidores de vácuo mede a pressão em relação à pressão atmosférica (ou seja, 34 cm Hg significa que a pressão é 34 cm Hg abaixo da pressão atmosférica, que é ~ 76 cm Hg). o real pressão dentro da célula é:**

$$P_{\text{absoluto}} = P_{\text{atmosférico}} - P_{\text{medido}}$$

### Analizando seus dados

À medida que o feixe de laser passa para frente e para trás entre o divisor de feixe e o espelho móvel, ele passa duas vezes através da célula de vácuo. Fora da célula, os comprimentos do caminho óptico dos dois feixes de interferômetro não mudam ao longo do experimento. Dentro da célula, no entanto, o comprimento de onda da luz fica mais longo medida que a pressão é reduzida.

Suponha que originalmente o comprimento da célula,  $d$ , fosse de 10 comprimentos de onda (claro, é muito mais longo). Como você bombear a célula, o comprimento de onda aumenta até que, em algum ponto, a célula tenha apenas 9,5 comprimentos de onda. Como o feixe de laser passa duas vezes pela célula, a luz agora passa por uma oscilação a menos dentro a célula. Isso tem o mesmo efeito no padrão de interferência quando o espelho móvel é movido em direção ao divisor de feixe em  $1/2$  comprimento de onda. Uma única transição de franja terá ocorrido.

Originalmente existem  $N_i = 2d/\lambda_i$  comprimentos de onda de luz dentro da célula (contando ambas as passagens do laser feixe). Na pressão final há  $N_f = 2d/\lambda_f$  comprimentos de onda dentro da célula. A diferença entre esses valores,  $N_i - N_f$ , é apenas  $N$ , o número de franjas que você contou ao evacuar a cela. Portanto:

$$N = 2d/\lambda_i - 2d/\lambda_f$$

No entanto,  $\lambda_i = \lambda_0/n_i$  e  $\lambda_f = \lambda_0/n_f$ , onde  $n_i$  e  $n_f$  são os valores inicial e final para o índice de refração do ar dentro da célula. Portanto  $N = 2d(n_i - n_f) / \lambda_0$ ; para que  $n_i - n_f = N\lambda_0/2d$ . A inclinação de o gráfico  $n$  vs pressão é, portanto:

$$\frac{n_i - n_f}{P_i - P_f} = \frac{N\lambda_0}{2d(P_i - P_f)}$$

No qual  $P_i$  = a pressão inicial do ar;  $P_f$  = a pressão final do ar;  $n_i$  = o índice de refração do ar à pressão  $P_i$ ;  $n_f$  = o índice de refração do ar na pressão  $P_f$ ;  $N$  = o número de transições marginais contadas durante evacuação;  $\lambda_0$  = o comprimento de onda da luz do laser no vácuo (consulte seu instrutor);  $d$  = o comprimento da célula de vácuo (3,0 cm).

- 1- Calcule a inclinação do gráfico  $n$  vs pressão para o ar.
- 2- Em um pedaço de papel separado, desenhe o gráfico  $n$  vs pressão.

### Questões

- 1- A partir do seu gráfico, o que é  $n_{atm}$ , o índice de refração do ar a uma pressão de 1 atmosfera (76 cm Hg)
- 2- Neste experimento, uma relação linear entre a pressão e o índice de refração foi assumida. Quanto você pode testar essa suposição?
- 3- O índice de refração de um gás depende tanto da temperatura quanto da pressão. Descrever um experimento que determinaria a dependência da temperatura do índice de refração do ar.

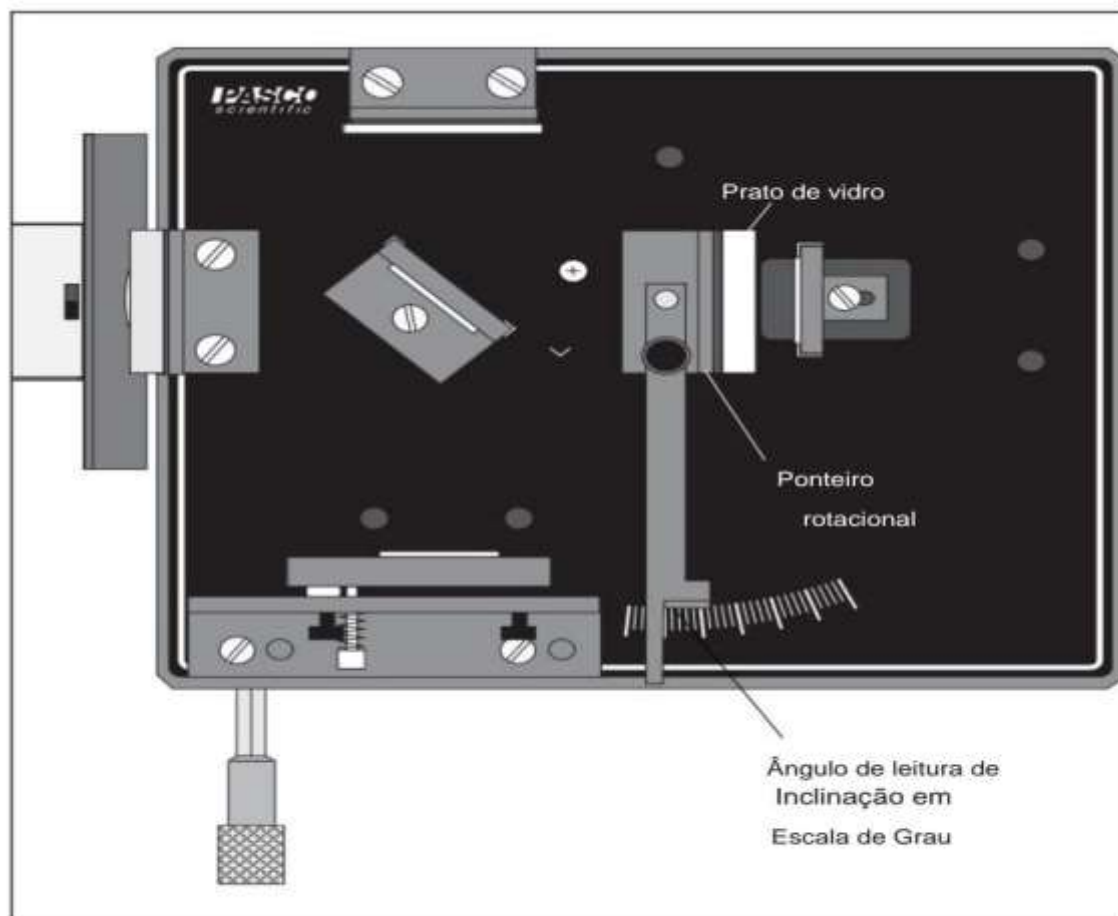
## Experimento 3: O Índice de Refração do Vidro

### Equipamento necessário

- Interferômetro Básico (OS-9255A)
- Laser (OS-9171A)
- Bancada de alinhamento a laser (OS-9172)
- Acessórios para Interferômetro
- Mesa giratória e placa de vidro

### Introdução

No Experimento 2, o índice de refração do ar foi medido pela variação lenta da densidade do ar ao longo de um comprimento fixo de um caminho de feixe no Michelson Interferômetro. Esse método obviamente não funcionará com uma substância sólida, como o vidro. Portanto, em para medir o índice de refração do vidro, é necessário variar lentamente o comprimento do vidro através qual o feixe do interferômetro passa. Esta experiência introduz uma técnica para fazer tal medição.



**Figura 3.1. Configuração do equipamento**

### Procedimento

- 1- Alinhe o laser e o interferômetro no modo Michelson. Consulte Configuração e Operação.
- 2- Coloque a mesa rotativa entre o divisor de feixe e espelho móvel, perpendicular ao caminho óptico.

**NOTA: se o espelho móvel estiver muito à frente, a mesa giratória não caberá. você pode precisar solte o parafuso e deslize o espelho mais para trás.**

- 3- Monte a placa de vidro no suporte magnético do ponteiro rotacional.
- 4- Posicione o ponteiro de modo que sua borda "0" na escala Vernier esteja alinhada com o zero no grau escala na base do interferômetro.
- 5- Remova a lente da frente do laser. Segure a tela de visualização entre a placa de vidro e o espelho móvel. Se houver um ponto brilhante e alguns pontos secundários na tela de visualização, ajuste o ângulo da mesa giratória até que haja um ponto brilhante. Em seguida, realinhe a escala do ponteiro. A placa agora deve estar perpendicular ao caminho óptico.

- 6- Substitua a tela de visualização e a lente e faça os pequenos ajustes necessários para obter um conjunto claro de franjas na tela de visualização.
- 7- Gire lentamente a mesa movendo o braço da alavanca. Conte o número de transições marginais que ocorrem conforme você gira a mesa de 0 graus para um ângulo  $\theta$  (pelo menos 10 graus).

### **Análise de dados**

Em princípio, o método para calcular o índice de refração é relativamente simples. a luz passa através de um comprimento maior de vidro à medida que a placa é girada. As etapas gerais para medir o índice de a refração nesse caso é a seguinte:

- 1- Determine a mudança no comprimento do caminho do feixe de luz quando a placa de vidro é girada. determinar como grande parte da mudança no comprimento do caminho é através do vidro,  $d_g(\theta)$ , e quanto é através do ar,  $d_a(\theta)$ .
- 2- Relacione a mudança no comprimento do caminho com suas transições de franja medidas com a seguinte equação:

$$\frac{2n_a d_a(\theta) + 2n_g d_g(\theta)}{\lambda_0}$$

onde  $n_a$  = o índice de refração do ar (ver Experimento 2),  $n_g$  = índice de refração do vidro placa (ainda desconhecida),  $\lambda_0$  = o comprimento de onda da sua fonte de luz no vácuo, e  $N$  = o número de transições marginais que você contou.

Fazer esta análise para a placa de vidro é bastante complicado, então vamos deixar você com a equação mostrado abaixo para calcular o índice de refração com base em suas medições. No entanto, nós encorajá-lo a tentar a análise por si mesmo. Isso aumentará muito sua compreensão da medida e também das complicações inerentes à análise.

$$\frac{(2t - N\lambda_0)(1 - \cos\theta)}{2t(1 - \cos\theta) - N\lambda_0}$$

Onde  $t$  = a espessura da placa de vidro.

*NOTA: Nossos agradecimentos ao Prof. Ernest Henninger, DePauw University, por fornecer esta equação de Light Principles and Measurements, de Monk, McGraw-Hill, 1937.*

## Sugestões para experiências adicionais

### Twyman-Green

A operação Twyman-Green oferece aos alunos uma visão rápida e qualitativa de como a interferometria pode ser usada para testar componentes. Consulte Modo Twyman-Green na Configuração e Seção de operação do manual.

Qualquer distorção do padrão de franja circular é devido a aberração esférica da lente de teste. Gire a lente até ela fica em vários ângulos em relação ao caminho óptico e observa a mudança de padrão de franja. A distorção aqui se deve parcialmente a astigmatismo da lente.

### Franjas de luz Espectrais

Embora a interferometria seja mais fácil com uma fonte de luz laser, as medições podem ser feitas com sucesso usando qualquer fonte monocromática de brilho suficiente. No entanto, se um laser não é usado, geralmente não é possível projetar as franjas de interferência em uma tela. Em vez disso, as franjas são vistas olhando para o divisor de feixe (ou para o espelho móvel no modo Fabry-Perot).

Se você usar uma fonte de luz espectral com linhas espectrais em várias frequências diferentes, pode ser necessário usar um filtro que bloqueia todos menos um dos comprimentos de onda espectrais.

### Modo Michelson

#### NOTA

Uma dificuldade ao usar uma fonte de luz não-laser em modo de Michelson é que o comprimento de coerência da luz é muito menor com uma fonte não-laser. Por causa disso, o compensador deve ser usado. Montado magneticamente na parte de trás do divisor de feixe (o lado oposto ao parafuso).

Também é importante que os caminhos ópticos dos dois feixes interferentes devem ser quase iguais. Para garantir que este é o caso, configure o interferômetro com um laser (se você tiver um) e ajuste o móvel posição do espelho até o menor número possível de franjas aparecem na tela. (Teoricamente, quando os caminhos dos feixes são exatamente iguais, um grande máximo deve aparecer que ocupa toda a tela. Mas isso não é geralmente possível na prática devido a imperfeições ópticas.) Em seguida, remova o visor tela e substitua o laser pela luz espectral fonte. Se as franjas não estiverem visíveis ao olhar para o divisor de feixe, proceda da seguinte forma:

- Cole dois pedaços finos de arame ou linha na superfície do difusor para formar miras.
- Coloque o difusor entre a fonte de luz e o divisor de feixe.
- Ajuste o ângulo do divisor de feixe para que, ao olhar para o divisor de feixe, você possa ver duas imagens da mira.

- d. Ajuste a inclinação do espelho fixo até que os retículos estejam sobrepostos. Você deve ser capaz de ver o padrão da franja.

### **Modo Fabry-Perot**

- a. Cole dois pedaços finos de arame ou linha na superfície do difusor para formar retículos.
- b. Configure o equipamento no modo Fabry-Perot e coloque-o difusor entre a fonte de luz e o espelho fixo.
- c. Olhe para o espelho móvel por trás. Ajusta a inclinação do espelho fixo até que os retículos fiquem sobrepostos. Você deve ser capaz de ver o padrão da franja.

### **Franjas de luz branca**

Com alinhamento cuidadoso, o interferômetro produzirá franjas de luz multicromática ou mesmo branca. O procedimento é o mesmo que para qualquer fonte não-laser, como descrito acima. No entanto, como é mais difícil obter uma imagem visível padrão de interferência, é altamente recomendável que você primeiro configure o interferômetro usando um laser. Então substitua sua fonte de luz branca.

### **Use um fotômetro**

Use um fotômetro, como o modelo PASCO OS-9152B, para digitalizar os padrões de franja. Você pode comparar a intensidade distribuições nos modos Michelson e Fabry-Perot. Ou use-o para determinar com mais precisão os efeitos de polarização. Ou apenas use-o como uma ajuda na contagem de franjas.

### **Distribuição de calor no ar**

Com o interferômetro no modo Michelson, risque um fósforo e aproxime-o de um dos caminhos ópticos. Note o distorções no padrão de franja. Para um mais quantitativo abordagem, você poderia construir uma célula hermética e aquecer o conteúdos para observar os efeitos do calor no índice de refração do ar.

**IMPORTANTE** – A célula do vácuo não foi projetada para ser aquecida.

### **Índice de refração para gases**

Meça os índices de refração de vários gases.

Cuidado: A Câmara de Vácuo PASCO NÃO foi projetada para manter pressões positivas. Você precisará fornecer sua própria câmara de gás.

### **Espectroscopia Fabry-Perot**

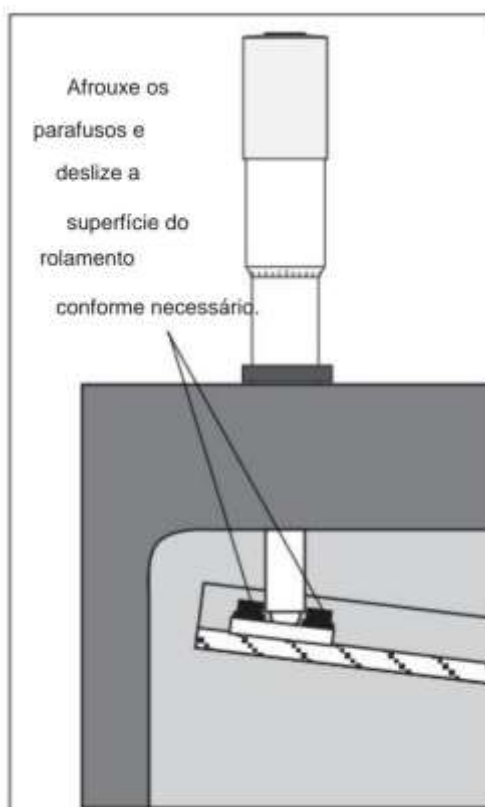
O modo Fabry-Perot é normalmente usado como um espectrômetro de alta resolução. Linhas espectrais muito próximas, como em divisão magnética, pode ser resolvido com muito mais precisão do que com qualquer outra, exceto as grades de difração da mais alta qualidade.

## Manutenção

### Calibração do micrometro

O micrômetro é calibrado antes de ser enviado. No entanto, se a recalibração for necessária, use o seguinte procedimento:

- 1- Gire o interferômetro para cima e remova a tampa inferior.
- 2- Solte os dois parafusos mostrados na Figura A1. Deslize a superfície de rolamento em direção ao pivô para aumentar o movimento do espelho por volta do mostrador do micrômetro. Deslize a superfície de rolamento de distância do pivô para diminuir o movimento do espelho por mostrador virar. Aperte os parafusos e substitua o fundo coberto.



**Figura A1.  
Calibração**

Testar sua calibração é mais facilmente realizado usando um fonte de luz laser de comprimento de onda conhecido, como em Experimento 1.

### Substituição do espaçador do micrômetro

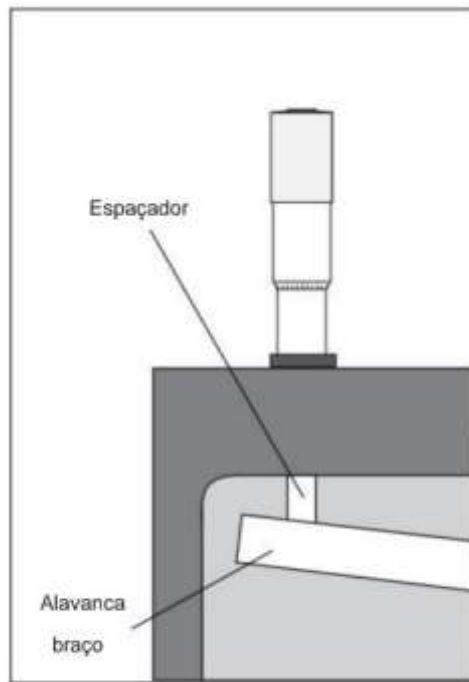
A fim de fornecer um controle extremamente fino e sem folga de o espelho móvel, a ligação mecânica entre o micrômetro e o espelho móvel é mantido sob uma estado de compressão por mola. Esta compressão também mantém parte da articulação (um espaçador) no lugar. Sob uso



normal, o espaçador nunca sairá da posição. No entanto, um súbito solavanco pode sacudir o espaçador e soltar a mola. Neste caso, o micrômetro não funcionará mais e você ouvirá as partes rolando por dentro.

#### **Para substituir o espaçador**

- 1- Gire o interferômetro para cima e remova a tampa inferior.
- 2- Posicione o espaçador entre os dois rolamentos de esferas, conforme mostra a Figura A2. Solte a alavanca e verifique se o espaçador está confortavelmente no lugar.
- 3- Substitua o painel inferior.



**Figura A2. Substituição do espaçador**

#### **Cuidado com o espelho**

As superfícies do espelho e do divisor de feixe são retificadas com precisão e revestido. Sujeira ou arranhões irão distorcer o padrão da franja, portanto, manuseie todas as superfícies ópticas com cuidado. Limpe as superfícies ocasionalmente com tecido da lente.

#### **Célula de Vácuo**

Limpe as janelas de vidro na câmara de vácuo ocasionalmente com lenço de papel.

#### **Armazenar**

Gire o botão do micrômetro totalmente para dentro antes de guardar o interferômetro.

## Peças de reposição

Componente	Nº da peça
Base do Interferômetro	003-05137
Espelho ajustável	003-03957
Divisor de Feixe	003-03956
Espelho Móvel	003-03955
Suporte de Componente	003-05161
Compensador	003-03958
Manual do Interferômetro	012-05187
Bomba de vácuo	OS-8502

Componente	Nº da peça
Célula de Vácuo	003-05162
Ponteiro Rotacional	003-05160
Estojo Montado	650-05178
Tela de visualização	003-05119
Difusor	003-03941
Polarizar	003-04924
Prato de vidro	003-04034
Lente, FL de 18 mm	003-03814
Lente, 48mm FL	003-03806

## Guia do professor

### Experimento 1: Introdução a Interferômetria

#### Parte I - Geral

	Dm	Comprimento de onda
Michelson	$1,60 \times 10^{-5}$	$640,0 \times 10^{-9}$
	$1,60 \times 10^{-5}$	$640,0 \times 10^{-9}$
	$1,60 \times 10^{-5}$	$640,0 \times 10^{-9}$
Fabry-Perot	$1,60 \times 10^{-5}$ a $1,50 \times 10^{-5}$	$640,0 \times 10^{-9}$
	$1,55 \times 10^{-5}$	$600,0 \times 10^{-9}$
	$10^{-5}$	$620,0 \times 10^{-9}$
	média:	$630,0 \times 10^{-9} \pm 16,7 \times 10^{-9}$
	real:	$632,8 \times 10^{-9}$
	% diferença:	0,44%

#### Parte II - Geral

1. O padrão tornou-se um pouco mais escuro, devido à absorção pelo polarizador; mas fora isso não houve variação quando polarizamos a luz vindo no interferômetro.
2. A adição de um polarizador na frente do espelho móvel teve pouco efeito. O contraste do padrão de interferência reduzido e o padrão girado quando o polarizador foi girado.
3. Não havia padrão, a menos que os dois polarizadores estivessem em a mesma orientação.

#### Referência a - Análise (Parte II)

1. O laser que usamos era não polarizado e não parece mudar a polarização com o tempo.
2. Não, não houve alteração. Isso apoiaria nossa hipótese de que o laser utilizado era não polarizado.
3. Os feixes de polarização cruzada não interferem.

#### Respostas para - Perguntas

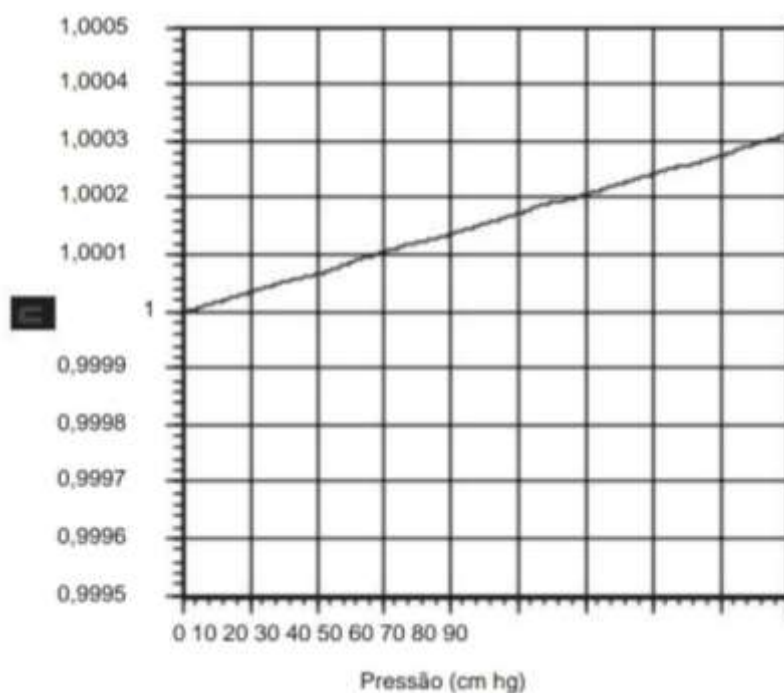
1. A mudança no comprimento do caminho é duas vezes o movimento do espelho.
2. Medir apenas muitas franjas, muitas vezes, diminui a chance de erro aleatório afetar nossos resultados.
3. Eles eram praticamente os mesmos. O Fabry-Perot medida poderia inculcar mais confiança, porque as franjas são mais nítidas e fáceis de contar.
4. A diferença provavelmente se deve à nossa incerteza em medição.
5. Fatores limitantes são o jogo no sistema e a incerteza na nossa posição micrométrica.
6. Perda de conta de franjas e posicionamento inexato das franjas em relação à nossa marca de referência.
7. Para interferir, os dois feixes de luz devem ter a mesma polarização.

## Experimento 2: O Índice de Refração do Ar

### Referência ao – Procedimento

1. A câmara estará devidamente alinhada quando os reflexos das placas frontais e traseiras estiverem alinhados entre si e com o padrão de interferência principal. (Este alinhamento pode realmente causar uma interferência secundária padrão, mas será muito fraco e não afetará suas medidas.)
2. Parece mais fácil aplicar o vácuo primeiro e depois contar as franjas quando o vácuo foi liberado.

A inclinação média, começando em uma leitura do medidor de 60, foi de  $3,462 \times 10^{-6}$ .



### Respostas para – perguntas

1. Extrapolando nossa inclinação e o índice conhecido de refração do vácuo,  $n_{atm} = 1,000263$
2. Meça o índice de refração em várias pressões, e veja se aumenta linearmente. (Ele faz)
3. As respostas vão variar; mas eles devem incluir alguma forma de aquecer o ar em um braço do interferômetro sem aquecer o ar do outro braço ou o próprio interferômetro.

## Experiência 3: O Índice de Refração do Vidro

### Referência a – Procedimento

1. A placa de vidro deve estar absolutamente perpendicular ao laser para medição precisa do índice de refração. Quando a placa é perpendicular, haverá um padrão de franja secundário fraco (interferência de Fabry-Perot entre as superfícies frontal e posterior da placa) visível no centro da tela de visualização.
2. É importante medir o maior ângulo possível, e meça o ângulo o mais cuidadosamente possível.

### Refência a – Análise

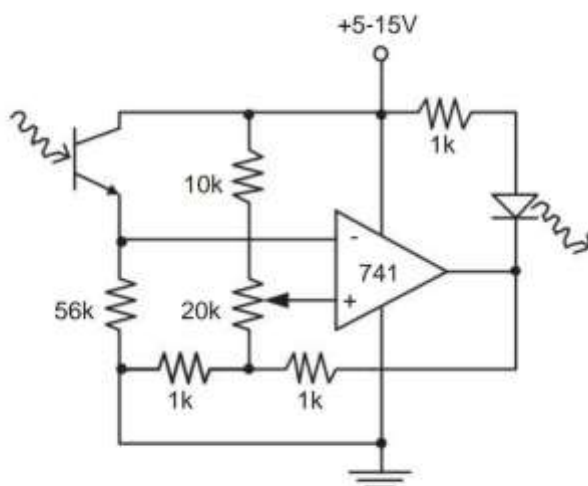
1. A equação real, que é derivada em Óptica do Espectro Eletromagnético, de C.L. Andrews (Prentice-Hall, 1960) é

$$n_g = \frac{(2t - N\lambda_0)(1 - \cos\theta) + \left(\frac{N^2\lambda_0^2}{4t}\right)}{2t(1 - \cos\theta) - N\lambda_0}$$

O segundo termo é desprezível para comprimentos de onda visíveis, e pode ser ignorado.

### Observações – Geral

Muitas vezes é difícil contar um grande número de franjas devido a fadiga ocular. Se você achar que este é o caso, você pode querer fazer um circuito como este:



O fototransistor deve ser montado em uma placa de chapa de aço, que pode então ser mantido na tela magnética suporte. Mascare o transistor com um pedaço de fita isolante com um furo no

centro. Ajuste a sensibilidade do circuito com o potenciômetro de 20k para que os flashes do O LED pode ser contado em vez das franjas reais.

Este circuito também pode ser usado em conjunto com o Interface de computador PASCO Série 6500 para que as franjas podem ser contados por computador, se desejado.

## **Suporte técnico**

### **Comentários**

Se você tiver algum comentário sobre o produto ou manual, por favor nos informe. Se você tiver alguma sugestão sobre experimentos alternativos ou encontrar um problema no manual, por favor, diga-nos. PASCO agradece qualquer cliente retorno. Sua opinião nos ajuda a avaliar e melhorar nossos produtos.

### **Para chegar à PASCO**

Para suporte técnico, ligue para 1-800-772-8700( ligação gratuita nos EUA) ou (916) 786-3800

Fax: (916)786-3292

e-mail: [techsupp@pasco.com](mailto:techsupp@pasco.com)

site: [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

### **Entrar em contato com o suporte técnico**

Antes de ligar para a equipe de suporte técnico da PASCO, seria útil preparar as seguintes informações:

- Se o seu problema for com o aparelho PASCO, observe:
  - Título e número do modelo (geralmente listados no etiqueta);
  - Idade aproximada do aparelho;
  - Uma descrição detalhada do problema/sequência de eventos (caso você não possa ligar para a PASCO imediatamente, você não perderá dados valiosos);
  - Se possível, tenha o aparelho ao seu alcance quando chamando para facilitar a descrição de partes individuais.
- Se o seu problema estiver relacionado com o manual de instruções,Nota:
  - Número da peça e revisão (listados por mês e ano na capa);
  - Tenha o manual em mãos para discutir suas perguntas.