



Experimento 2

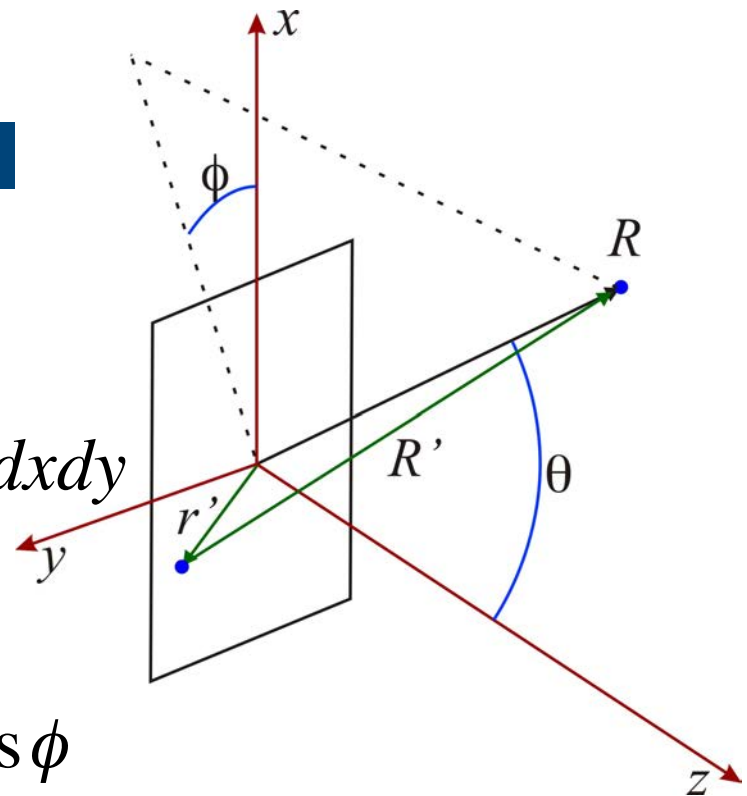
Ótica ondulatória - difração

Generalizando a difração de Fraunhofer

- A expressão para o campo

$$\hat{E}(\vec{R}) = \frac{e^{jkR}}{R} \int E_0(x,y) e^{-j(k_x x + k_y y)} dx dy$$

- Com: $k = \frac{2\pi}{\lambda} \begin{cases} k_x = k \sin \theta \cos \phi \\ k_y = k \sin \theta \sin \phi \end{cases}$



Séries de Fourier

- Joseph Fourier, paper submetido em 1807
 - Referees: Lagrange, Laplace, Malus e Legendre
 - Funções trigonométricas podem ser combinadas de tal forma a representar qualquer função matemática

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_n (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx))$$

- As constantes a_n e b_n podem ser obtidas a partir de

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(nx) dx \quad b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx) dx$$

Séries de Fourier

- Hoje em dia, usamos formalismos mais abrangentes

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{jnx}$$

– Com:
$$c_n = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) e^{-jnx} dx$$

- As constantes a_n e b_n da expressão tradicional podem ser obtidas como:

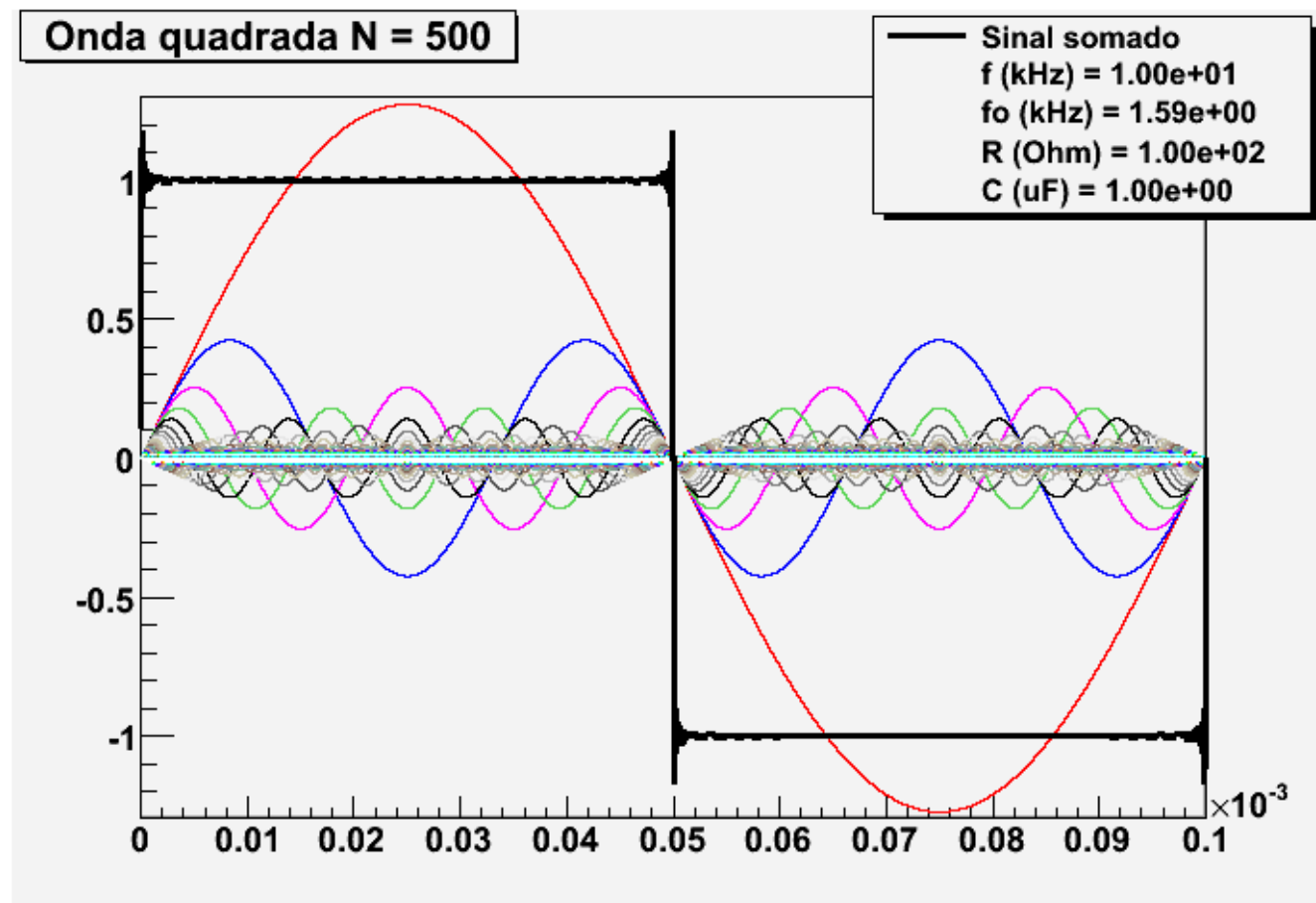
$$a_n = c_n + c_{-n} \quad b_n = j(c_n - c_{-n}), \text{ com } n = 0, 1, 2, \dots$$

Use a fórmula de Euler e substitua na expressão anterior

$$e^{jx} = \cos x + j \sin x$$

$$V(t) = V_0 \left[\frac{4}{\pi} \sin(\omega t) + \frac{4}{3\pi} \sin(3\omega t) + \frac{4}{5\pi} \sin(5\omega t) + \dots \right]$$

Exemplo: onda quadrada



Séries de Fourier em 2D

- Transformada de Fourier em 2D

$$f(x, y) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} c_{nm} e^{j(nx+my)}$$

$$c_{nm} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x, y) e^{-j(nx+my)} dx dy$$

- Vamos comparar com a difração

$$\hat{E}(\vec{R}) = \frac{e^{jkR}}{R} \int E_0(x, y) e^{-j(k_x x + k_y y)} dx dy$$

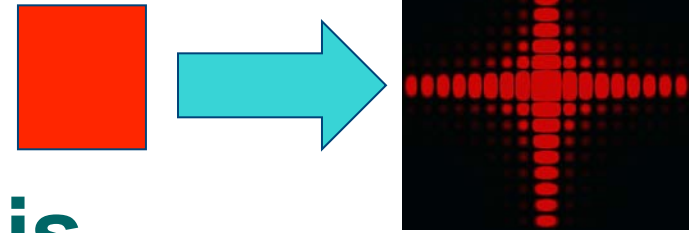
Difração e transformada de Fourier

- A figura de difração está relacionada à transformada de Fourier do objeto iluminado

$$\hat{E}(\vec{R}) = \frac{e^{jkR}}{R} \int E_0(x, y) e^{-j(k_x x + k_y y)} dx dy$$

A transformada de Fourier se dá no campo elétrico. Contudo, medimos intensidade luminosa, que é proporcional a E^2 .

Frequências espaciais



- A intensidade luminosa em uma dada posição está relacionada às componentes da T.F. para cada frequência espacial

$$\hat{E}(\vec{R}) \rightarrow E(R_x, R_y) \rightarrow E(k_x, k_y)$$

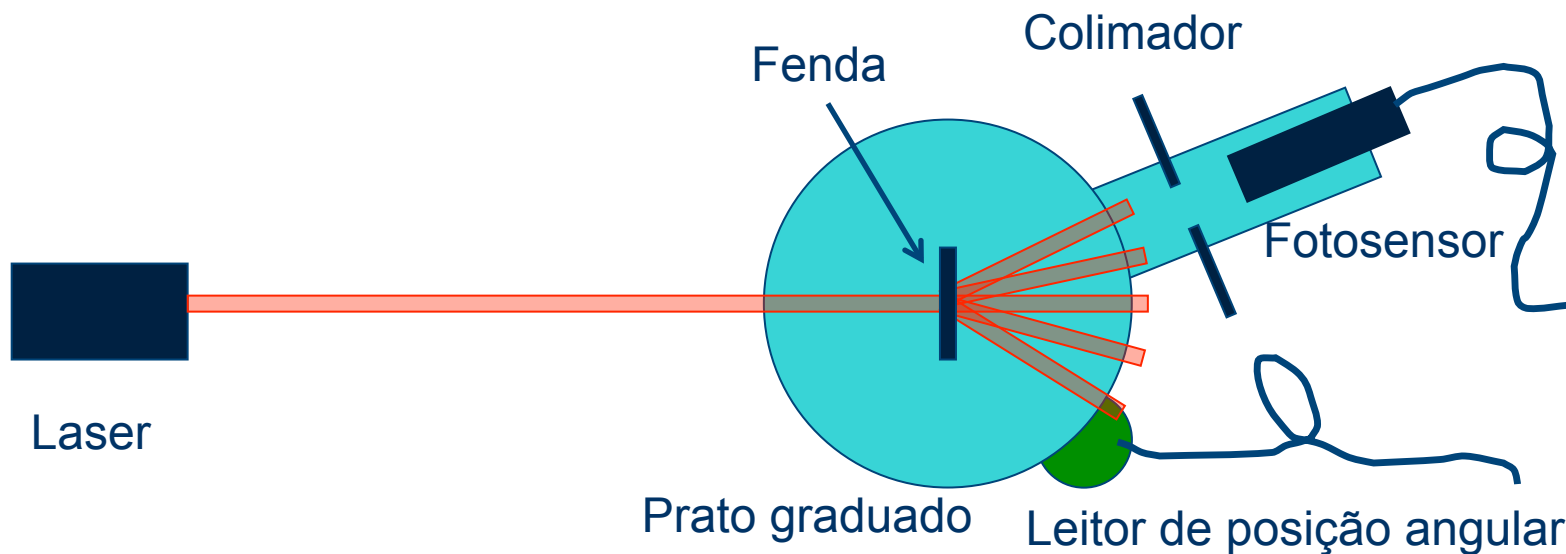
$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \begin{cases} k_x = k \sin \theta \cos \phi \\ k_y = k \sin \theta \sin \phi \end{cases}$$

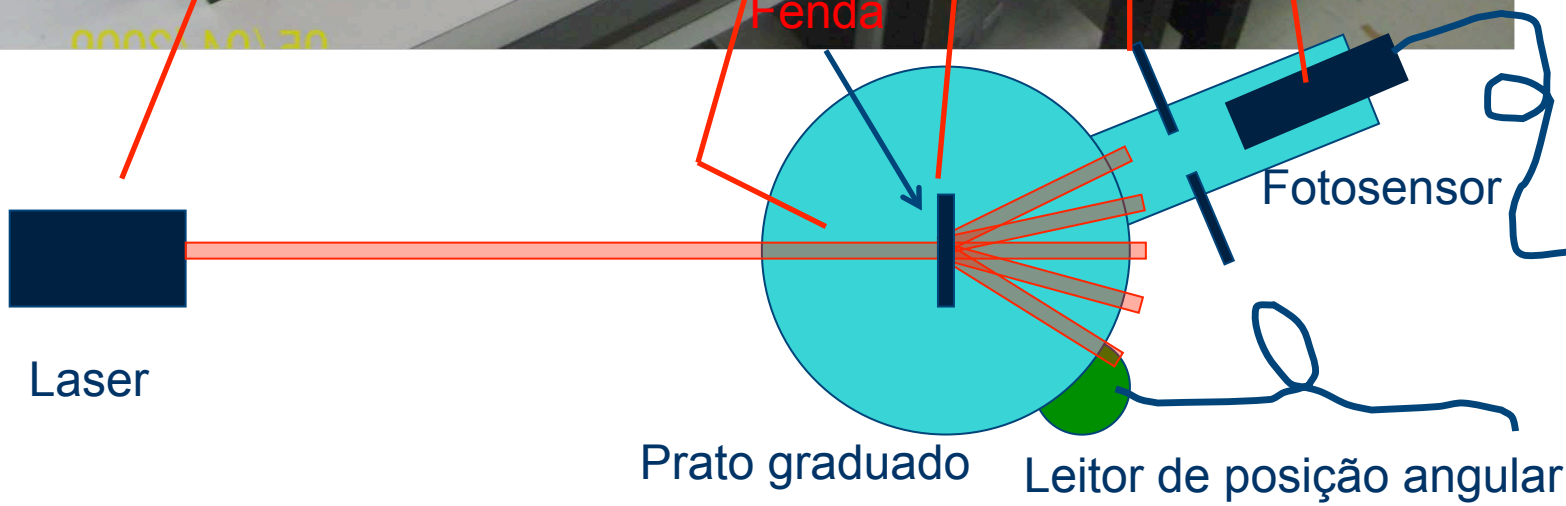
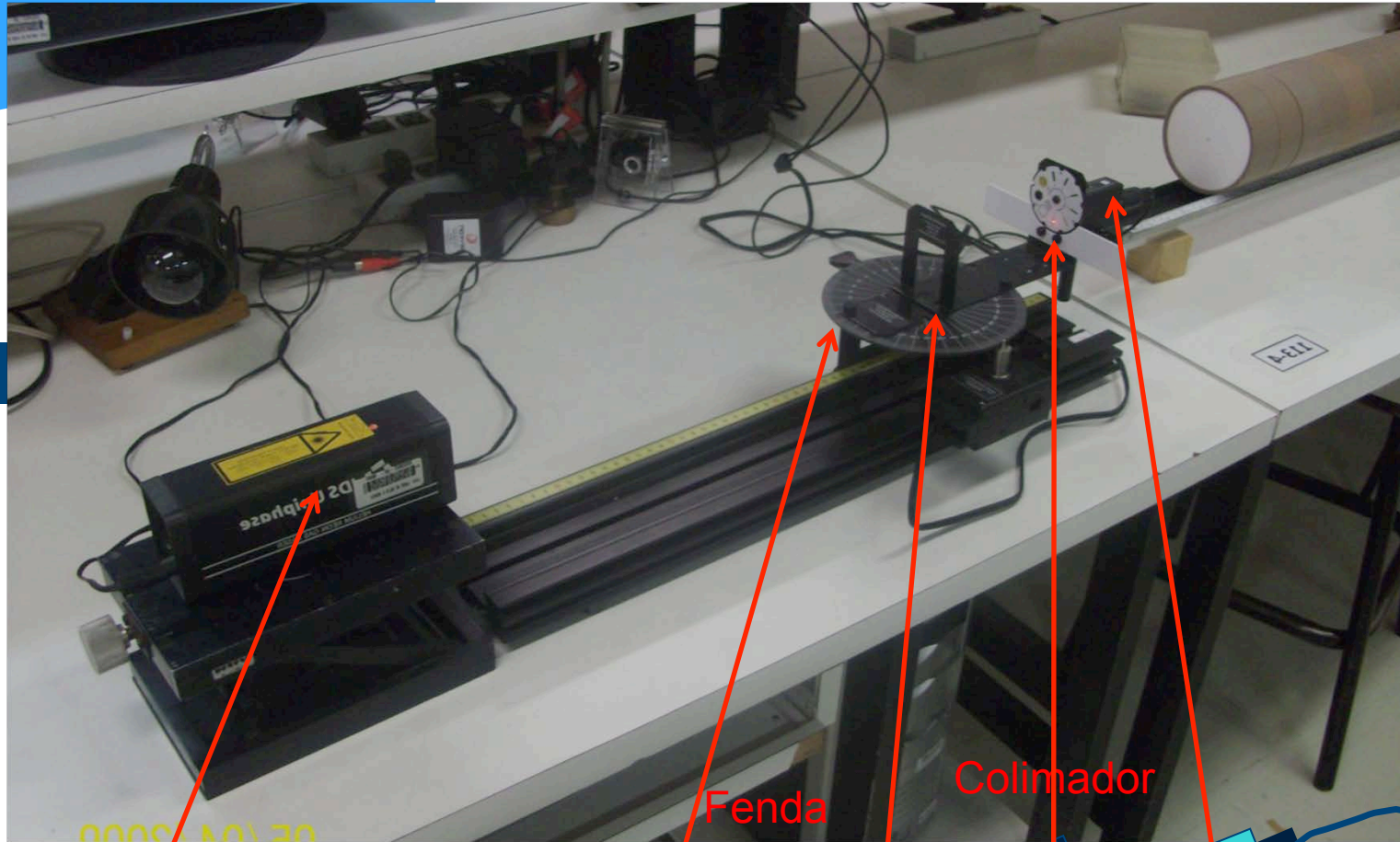
Atividades da semana

- Estudar, quantitativamente, a figura de difração de uma fenda simples
 - Medir as intensidades para cada ângulo
 - Comparar com previsão teórica
 - Ajuste de X^2_{red} para obter a dimensão (d) da fenda
- Fiquem atentos à atividade pré-lab no site.
 - Mostrar resultados da rede de difração.

Arranjo experimental

- Espectrofotômetro
 - O espectrofotômetro consiste de um arranjo contendo um fotosensor (para medir intensidade) e um sensor de rotação para medir ângulo





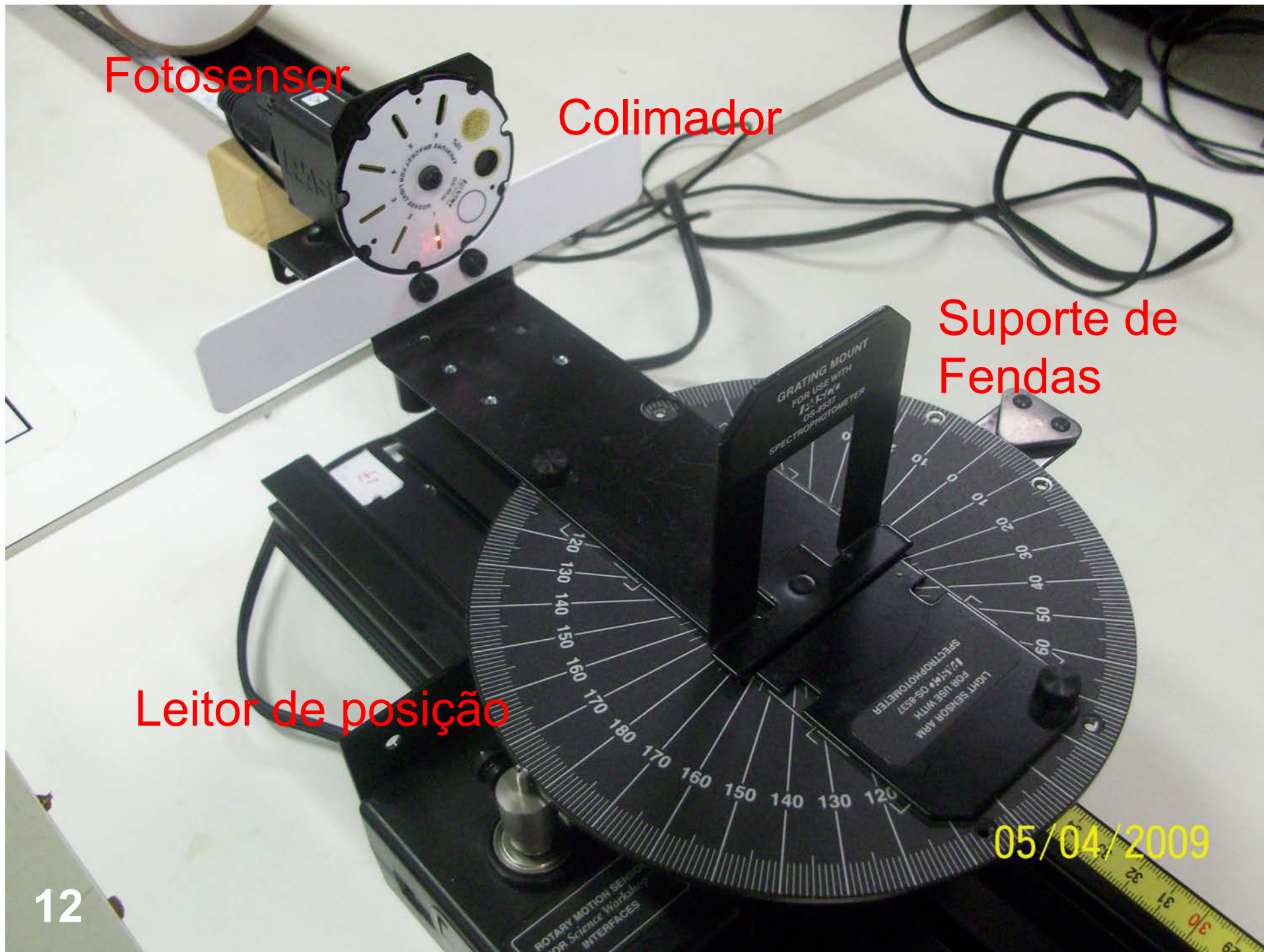
Fotosensor

Colimador

Suporte de Fendas

Leitor de posição

05/04/2009



A fenda escolhida deve estar bem centralizada no prato para garantir a correta medida angular. O que acontece se não estiver?

Colimador

Fotosensor

Fendas

Mover devagar, sem fazer força
1-2 graus/segundo
Movimento manual

05/04/2009

Leitor de posição

Fotosensor

Colimadores

Utilizar os colimadores 1, 4 e 6

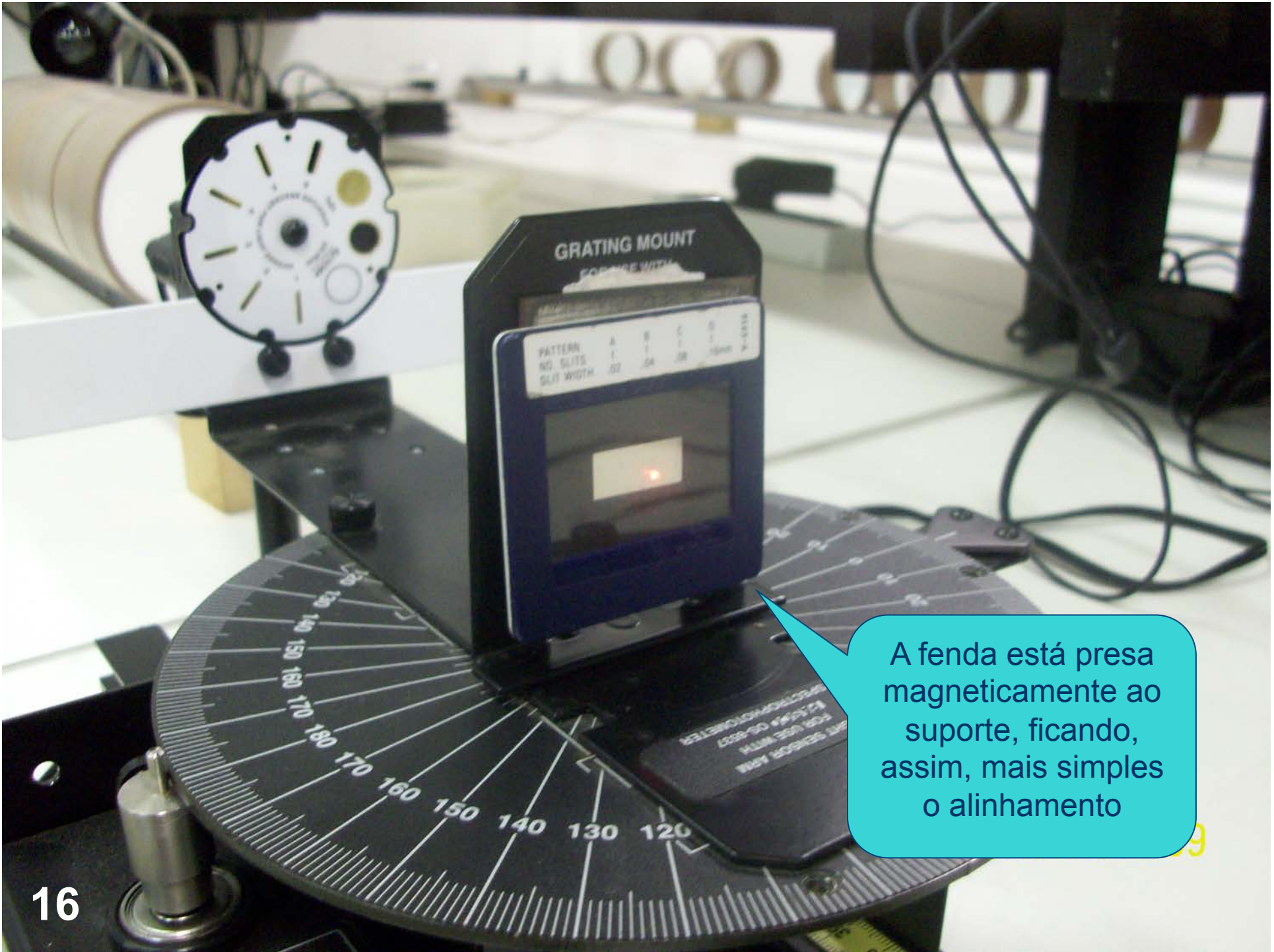
A largura da abertura do colimador define a precisão angular na qual a medida é feita. Quanto menor a abertura, maior é a precisão angular

Colimador



05/04/2009

15



Procedimento experimental

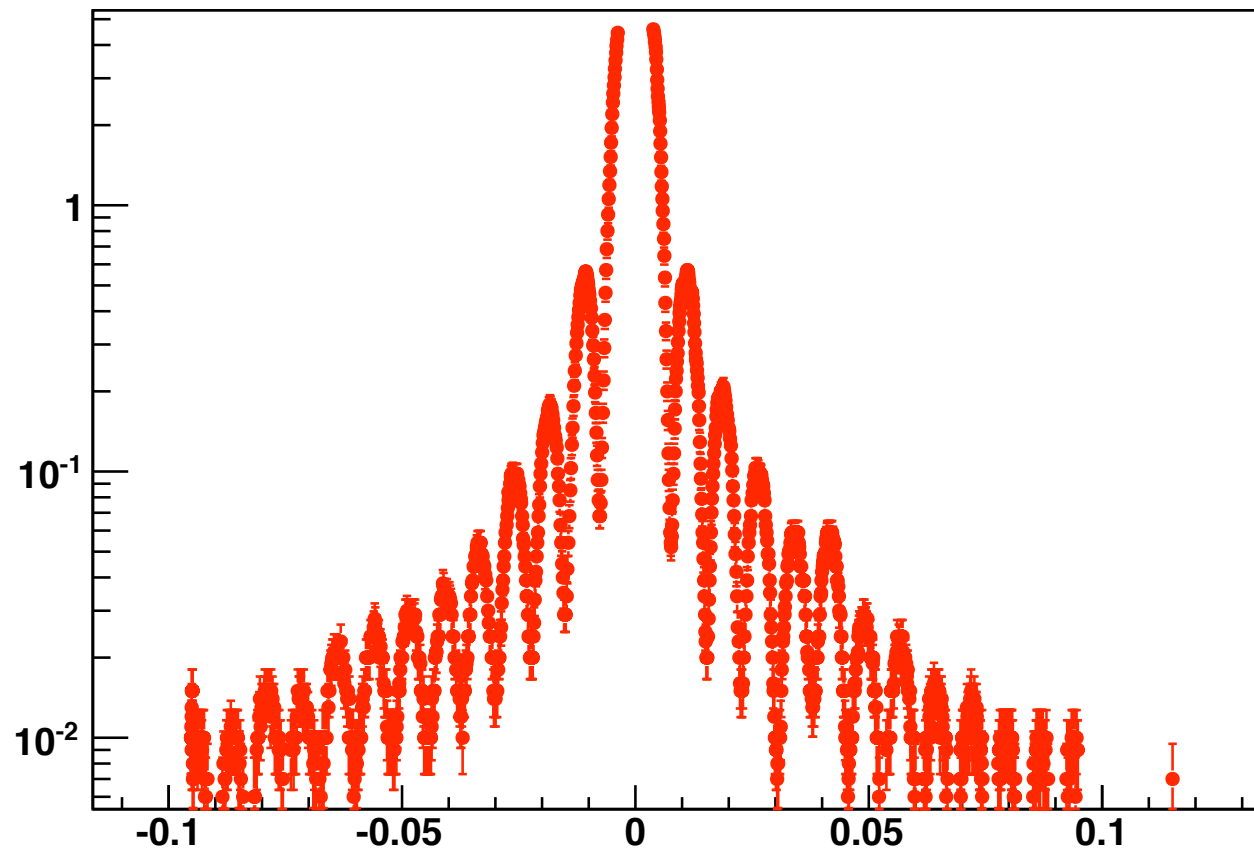
- Usar como fenda para a difração a **A MESMA FENDA SIMPLES UTILIZADA NA SEMANA ANTERIOR DO MESMO SLIDE UTILIZADO!**
- Serão feitas medidas utilizando os colimadores 1, 4 e 6 do fotosensor.
- Fixar o slide com o conjunto de fendas no respectivo suporte. A fenda escolhida deve estar bem centralizada.
- Alinhar o laser com a fenda e o fotosensor
- Selecionar **a sensibilidade de 10X no fotosensor.**
 - Neste caso, a intensidade para o pico principal da difração pode estar saturada. O que fazer nesta região? Remover os dados?

Cuidados experimentais com aquisição de dados

- Sensibilidade do sensor de posição
 - Ajuste para 1440 divisões/grau
 - Ajuste a frequência de amostragem para ~20 Hz
 - O cálculo do ângulo é leitura do sensor / 60
 - $\text{Angulo} = \text{leitura}/60$
 - Verifiquem a medida de ângulo, comparando a leitura do DS com a escala graduada no prato.
 - **Ver roteiro no site**

Dados

Se houver cuidado e capricho com a montagem e tomada de dados é possível adquirir um espectro de altíssima qualidade para análise.



Análise

- Ajustar a curva teórica aos dados, utilizando mínimos quadrados.
 - A curva teórica descreve bem os dados?
 - Há alguma discrepância?
 - O que poderia explicar eventuais discrepâncias?
 - Vamos discutir como aprimorar a análise na próxima aula.
- Compare as intensidades relativas entre os máximos com o esperado para uma transformada de Fourier de uma onda quadrada.