



Física IV

Prática I

Helena Brandão Malbouisson, sala 3018A

email: uerjlabfisica4@gmail.com

slides (modificados) do prof. Sandro Fonseca de Souza

Regras Gerais

A parte experimental dos cursos de Física IV é composta de dez práticas de laboratório, as quais são descritas neste roteiro.

Os alunos devem elaborar os gráficos correspondentes a cada uma destas práticas, os quais serão usados na avaliação da parte experimental do curso. É importante que estes gráficos sejam elaborados de acordo com as regras gerais descritas mais adiante.

Receberão nota zero os gráficos entregues fora do prazo, ou relativos a uma prática que o aluno não tenha participado ou assinado a lista de frequência. A assinatura da lista de frequência é de responsabilidade do aluno.

Ao longo do semestre serão aplicadas duas provas práticas, abrangendo todas as experiências realizadas no período.

A média final da parte experimental da disciplina (M_E), será calculada da seguinte forma:

$$M_E = \left(\frac{P_1 + P_2}{2} \right) \times F \quad (1)$$

$$F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_i \cdot r_i \quad (2)$$

onde P_1 e P_2 são as notas das provas práticas de laboratório. p_i corresponde a presença na prática i , que pode assumir o valor 0, quando o aluno não comparecer à aula e o valor 1 indicando a sua presença; r_i corresponde à entrega do gráfico da prática i , que pode assumir o valor 0 ou 1 e N o número de práticas.

Existe a possibilidade do aluno recuperar apenas uma das práticas perdidas para cada das provas através de uma aula de reposição previamente definida pelo professor.

Regras Gerais

Elaboração dos gráficos e conclusões

O gráfico deve conter os pontos experimentais e a curva obtida através do método dos mínimos quadrados. Observe as unidades utilizadas, a diferença entre os pontos experimentais e os pontos usados para traçar a reta, a escala do gráfico, os valores e grandezas de cada eixo, o título do gráfico, enfim o gráfico precisa ser compreendido por alguém que não entendesse nada do conteúdo do experimento;

Além do gráfico é obrigatório apresentar suas conclusões a respeito dos resultados obtidos a partir da análise dos dados. Incluir também uma discussão dos principais erros da experiência e uma comparação com a expectativa teórica.

O gráfico é obrigatório, caso contrário, o aluno perde a presença na respectiva aula e deve ser entregue sempre até a aula seguinte.

Prova prática

Prova experimental composta por: sorteio de uma prática onde o professor avalia se o aluno é capaz de:

1. Reproduzir o experimento fazendo a preparação adequada;
2. Elaborar a análise de dados simplificada;
3. Entender, através dos conceitos físicos, as medidas realizadas.

Normas e Datas

- **PI lab: 25/09/2019**, na sala 3050F no horário da aula.
- **P2 lab: 13/11/2019**, na sala 3050F no horário da aula.
- Não há reposição da prova do lab.
- Entretanto, solicitações extraordinárias devem ser feitas por escrito na secretaria do DFNAE (3001A).
- Cada estudante receberá um formulário sobre o método dos mínimos quadrados e deverá fazer suas próprias cópias dos mesmos.

<http://dfnae.fis.uerj.br/twiki/bin/view/DFNAE/FisicaExp>

DFNAE

Jump

Search

Main | UERJ

Editar | Login

Laboratório:

[Laboratório:](#)

[Apostila:](#)

[Roteiros e material de aula:](#)

[Slides-Prof. Sandro:](#)

[Slides Professora Helena](#)

[Slides Professora Clemencia](#)

[Datas Importantes](#)

[Slides Professora Marcia](#)

[Slides Professor Helio](#)

[Material - Prof. Antonio Pereira - Lab. Física IV Turma 01 - Física Exp. Turma 10 - 2017/2 - 2018/1](#)

[Slides Profa. Patricia](#)

[Leitura Sugerida](#)

[Comentários](#)

Apostila:

* [Apostila](#)

Roteiros e material de aula:

* [Folhas de Dados](#)

* [Método dos Mínimos Quadrados](#)

Experiências

1. Intensidade Luminosa;
2. Polarização da Luz;
3. Reflexão e Refração;
4. Interferência;
5. Difração em fenda simples;
6. Rede de Difração;
7. Espectroscopia — parte A;
8. Espectroscopia — parte B;
9. Razão carga/massa do elétron;

Aula de Hoje

- Medidas, Ajustes e Gráficos;
- Métodos dos Mínimos Quadrados-MMQ.
- Exercícios
- Intensidade luminosa

Principais fontes de erros em medidas experimentais

Erros sistemáticos

- Tem sua origem:
 - ✓ Erro da medida;
 - ✓ Falta de ajuste do instrumento de medida;
 - ✓ Calibração do instrumento.
- Exemplos:
 - ✓ Procedimento do experimentador;
 - ✓ Alinhamento incorreto do instrumento.

Erros estatísticos

- Tem sua origem:
 - ✓ Ocorrem por variações incontrolláveis e aleatórias dos instrumentos de medida;
 - ✓ Condições externas, por exemplo:
 - ▶ Temperatura;
 - ▶ Umidade do ar;
 - ▶ Variação da rede elétrica.

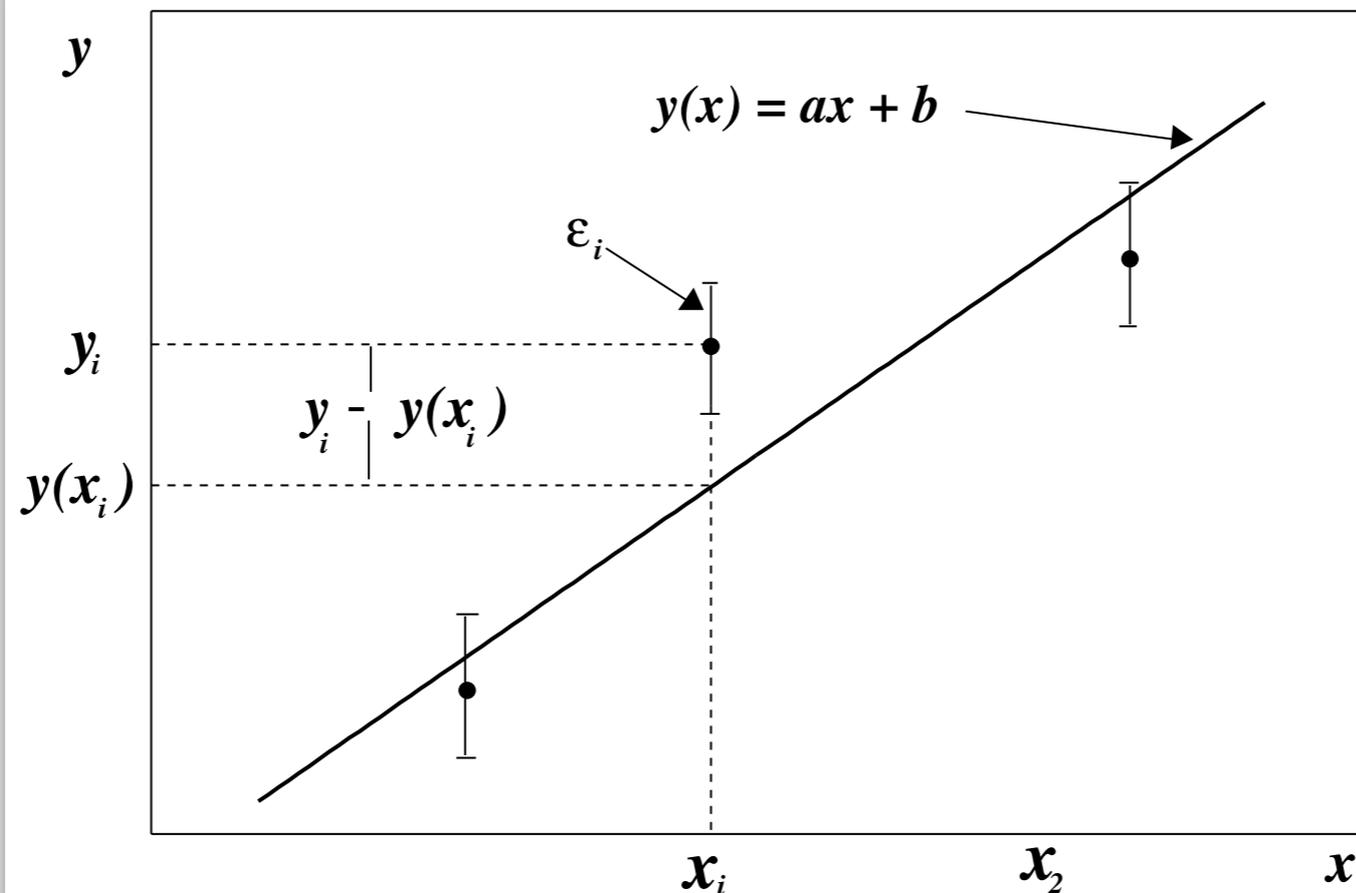
Como você deve proceder com suas medidas experimentais.

- Minimizar as fontes de erros sistemáticos em suas medidas.
- De modo que restam “apenas” os erros estatísticos que podem ser tratados por métodos matemáticos.

Ajuste de Funções

Métodos dos Mínimos Quadrados (MMQ)

- Encontrar a melhor curva regular que se ajuste aos dados experimentais.
- Pode-se usar um critério individual para traçar uma curva que se ajuste a um conjunto de dados.
- Entretanto, afim de evitar este tipo de critério, vamos utilizar o MMQ que possibilita encontrar uma **curva que melhor representa um determinado conjunto de dados experimentais.**



Métodos dos Mínimos Quadrados

Vamos definir uma função linear do tipo: $y' = m.x + b$

Pelo MMQ a função que melhor se ajusta ao conjunto de dados experimentais, é aquela que minimiza a soma do quadrado dos desvios,

$$\sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2$$

valor
experimental

valor obtido
pela função

Métodos dos Mínimos Quadrados

Considerando todos os dados, temos que o conjunto de desvios:

$$d_i = y_i - (m \cdot x_i + b), i = 1, 2, \dots, N$$

Assim utilizando o quadrado da soma dos desvios, a soma dependerá apenas da escolha dos coeficientes da função.

$$f(m, b) = \sum_{i=1}^N d_i^2$$

$$f(m, b) = \sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2$$

Método dos Mínimos Quadrados

$$\frac{\partial f(m, b)}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left[\sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2 \right] = 0$$

$$m \sum_{i=1}^N (x_i^2) + b \sum_{i=1}^N (x_i y_i)$$

$$\frac{\partial f(m, b)}{\partial b} = \frac{\partial}{\partial b} \left[\sum_{i=1}^N [y_i - mx_i - b]^2 \right] = 0$$

$$m \sum_{i=1}^N (x_i) + Nb = \sum_{i=1}^N (y_i)$$

Estas são chamadas equações normais.

N é o número de medidas experimentais

Métodos dos Mínimos Quadrados

Resolvendo o sistema de equações anteriores, temos que:

$$M_{xy} = \sum_{i=1}^N x_i \cdot y_i - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i \right) \quad m = \frac{M_{xy}}{M_{xx}} \quad M_{xx} = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2$$

m: coeficiente angular da reta ajustada
b: coeficiente linear da reta ajustada

$$b = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^N y_i - m \sum_{i=1}^N x_i \right)$$

Métodos dos Mínimos Quadrados

O desvio padrão e os erros associados ao coeficiente angular (m) e linear (b) são respectivamente:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N - 2} \sum_{i=1}^N (y_i - (m x_i + b))^2$$

$$\epsilon_m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{M_{xx}}}$$

$$\epsilon_b = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N M_{xx}} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

Usando o MMQ

Métodos dos Mínimos Quadrados

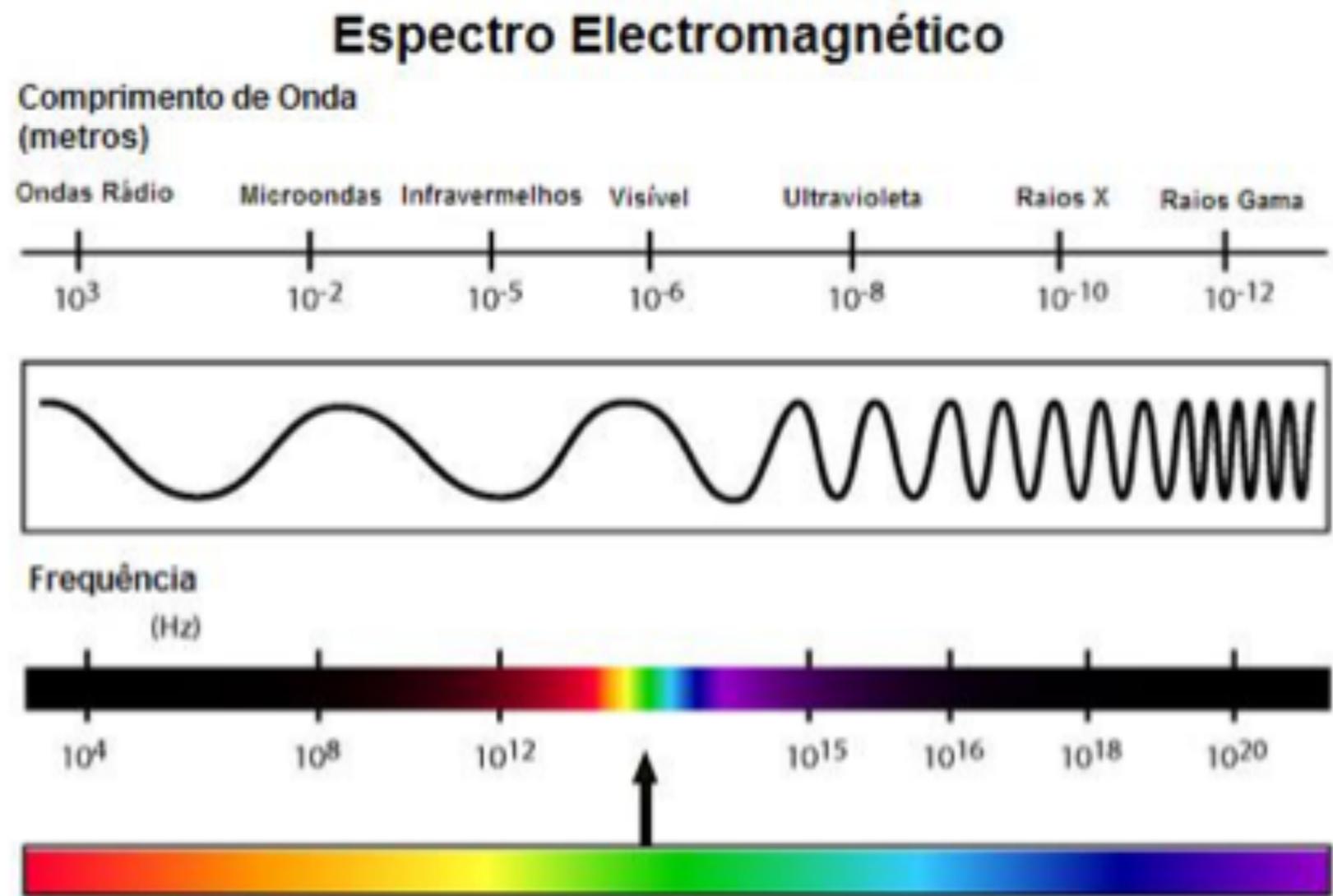
Exercício: utilize os valores das variáveis x e y da tabela abaixo e:

- monte o gráfico correspondente em papel milimetrado;
- utilizando o método dos mínimos quadrados, determine os parâmetros da reta de ajuste (coeficiente angular e linear) e suas respectivas incertezas;
- trace a reta de ajuste sobre o gráfico do item a.

N	y	x	xx	yy	x.y	Mxx	Mxy	m	b	σ^2	ϵ_m	ϵ_b
	0,174	0,122										
	0,342	0,242										
	0,500	0,350										
	0,643	0,438										
	0,766	0,522										
	0,866	0,588										
	0,940	0,649										
N	$\sum y$	$\sum x$	$\sum x.x$	$\sum y.y$	$\sum x.y$	Mxx	Mxy	m	b	σ^2	ϵ_m	ϵ_b

Introdução a Ondas Eletromagnéticas

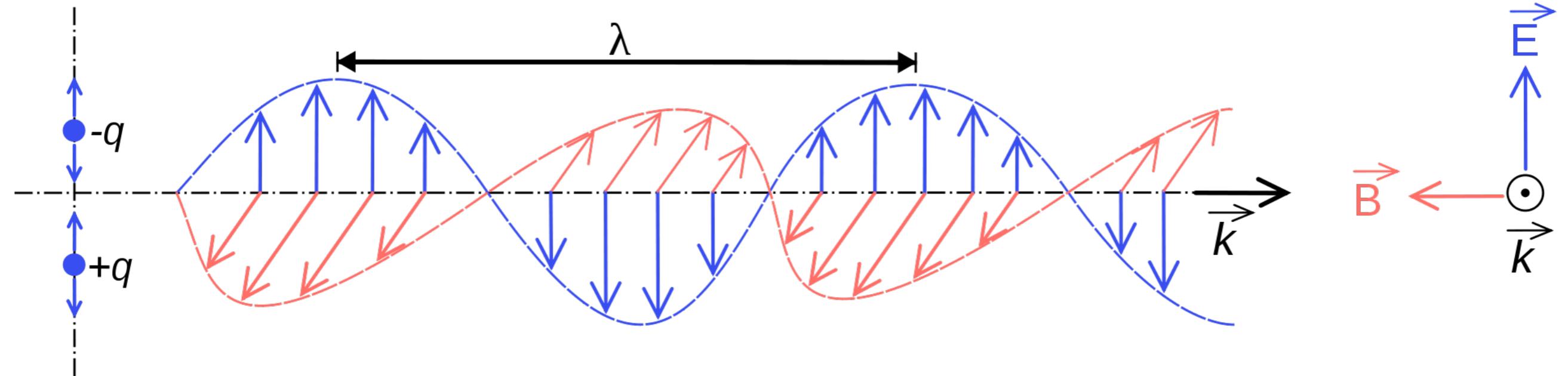
- **Uma onda eletromagnética é um campo eletromagnético (composto de um campo elétrico e um campo magnético) que se propaga.**
- Para diferentes comprimentos de onda, temos diferentes tipos de ondas eletromagnéticas: raios-X, microondas, ultra-violeta...



Propriedades das O.E.

Descrevendo os campos elétricos e magnéticos.

$$v = \frac{\omega}{k}$$



$$\mathbf{E} = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

$$\mathbf{B} = B_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

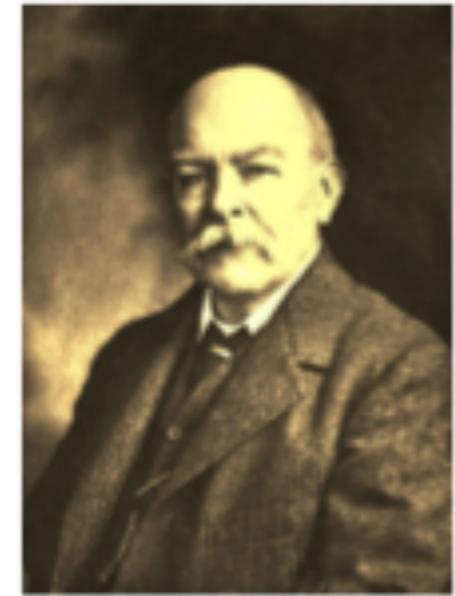
no vácuo todas as OE se propagam com a mesma velocidade c.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

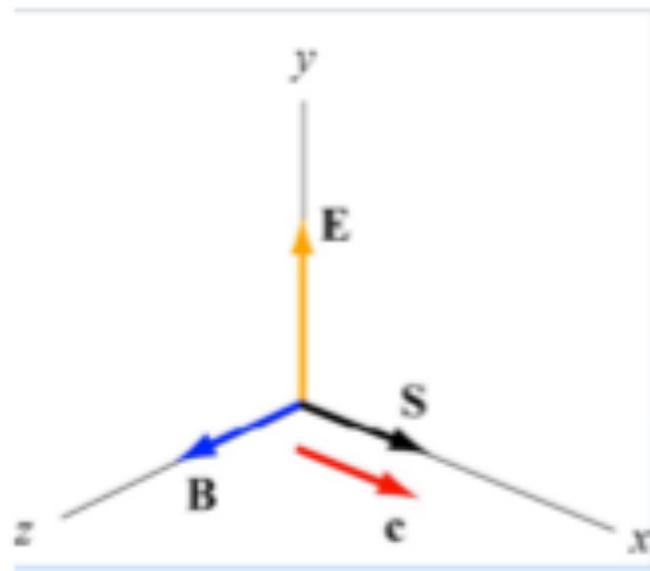
$$c = \frac{E_m}{B_m} = \frac{E}{B}$$

Transporte de Energia

- Uma onda eletromagnética transporta e fornece energia a um corpo;
- A **taxa de transporte de energia por unidade de área** por parte de uma onda eletromagnética é descrita por um vetor S , conhecido como vetor de Poynting.



John Henry Poynting (1852-1914)



$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

$$|\mathbf{S}| = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \cdot \mathbf{B} = \frac{1}{c\mu_0} \mathbf{E}^2$$

Fluxo instantâneo de energia

no SI:

$$S = \left(\frac{\text{energia/tempo}}{\text{area}} \right)_{\text{instantanea}} = \left(\frac{\text{potencia}}{\text{area}} \right)_{\text{instantanea}} = \frac{W}{m^2}$$

Transporte de Energia

Na prática, a grande utilidade é o valor médio de S , também conhecido como intensidade I da onda.

$$I = S_{med} = \langle S \rangle = \frac{1}{c\mu_0} \langle E^2 \rangle$$

para:

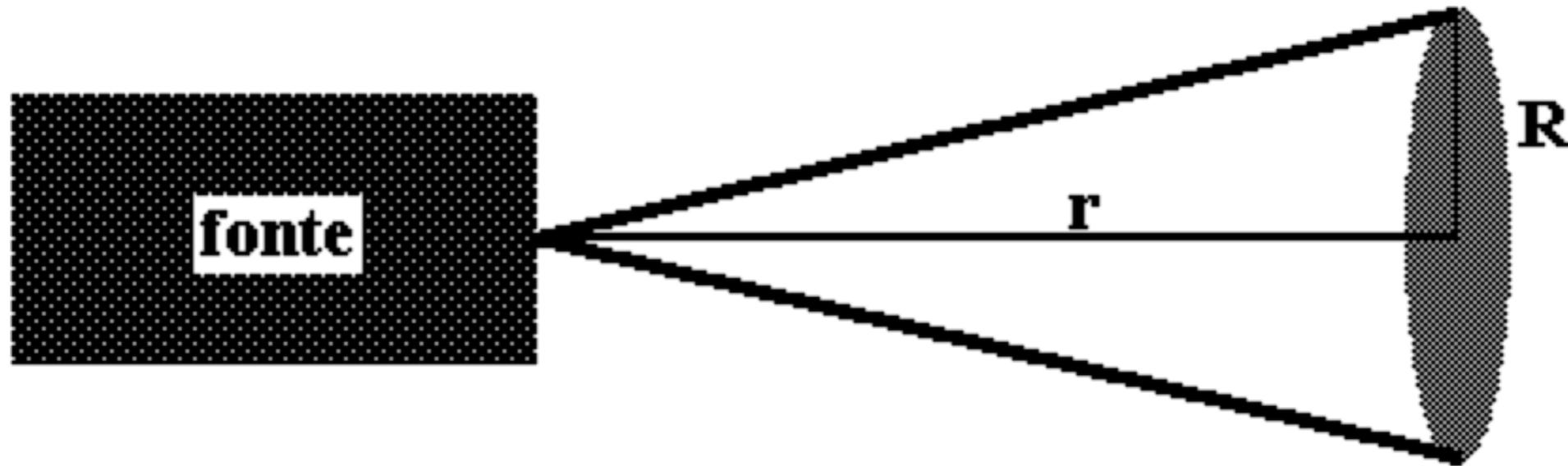
$$E = E_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

logo,

$$I = \frac{1}{c\mu_0} \langle E_m^2 \cdot \text{sen}^2(kx - \omega t) \rangle = \frac{1}{c\mu_0} E_m^2$$

$$\langle \text{sen}^2 x \rangle = \frac{1}{2} \quad \text{sen}^2 x + \text{cos}^2 x = 1 \quad E_m^2 = 2E^2$$

Fonte anisotrópica



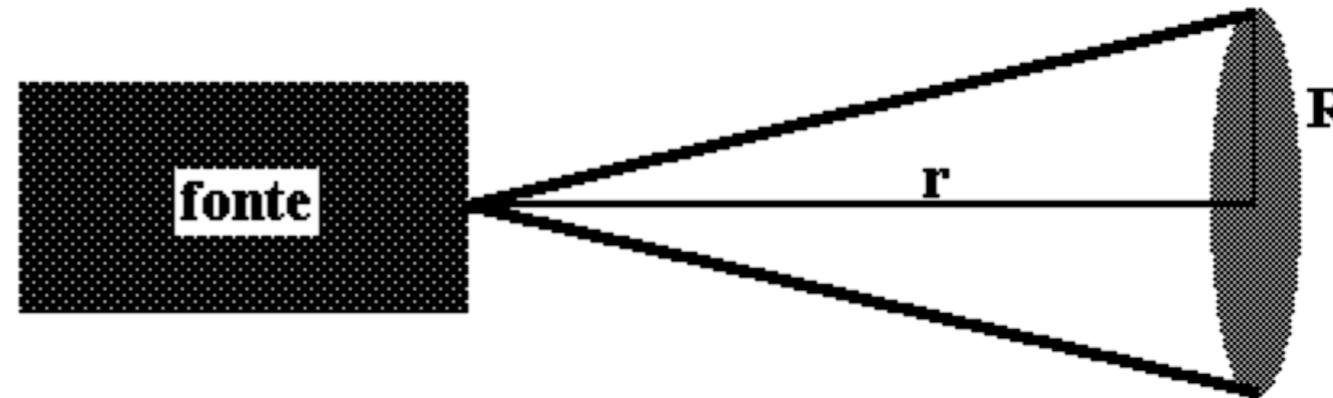
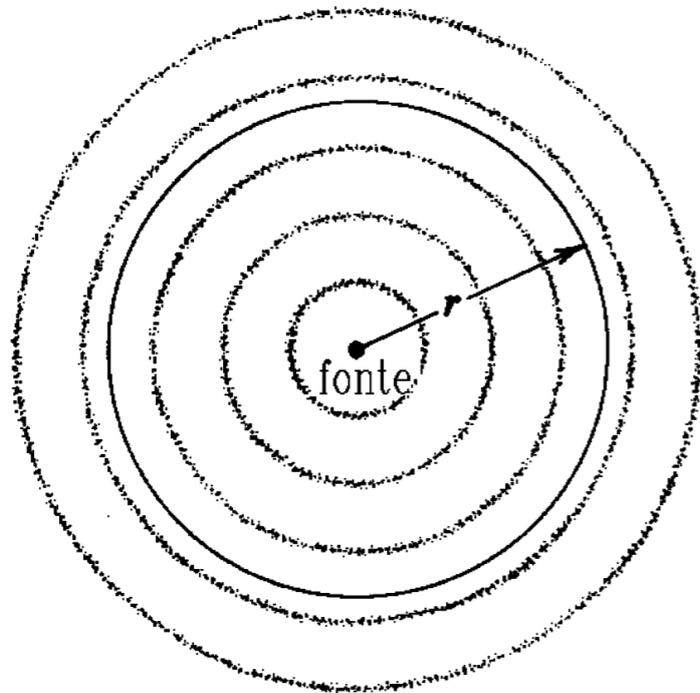
Uma fonte envia ondas através de um feixe que se espalha sob a forma de um cone com seção transversal circular.

$$I = \frac{\textit{energia/tempo}}{\textit{area}} = \frac{dU/dt}{\pi R^2}$$

$$I = \frac{dU/dt}{\pi (\textit{tg}\theta)^2 r^2}$$

$$R = r \textit{tg}\theta$$

Comparando os tipos de fontes



constante

$$I = \frac{dU/dt}{4\pi \cdot r^2}$$

Tanto para fontes isotrópicas e anisotrópicas temos que:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$

$$I = \frac{dU/dt \cdot 1}{\pi(\text{tg}\theta)^2 \cdot r^2}$$

Vamos verificar experimentalmente!

Objetivo

- Determinar a dependência da intensidade luminosa em função da distância entre a fonte luminosa e o detector.

Como mostrado anteriormente:

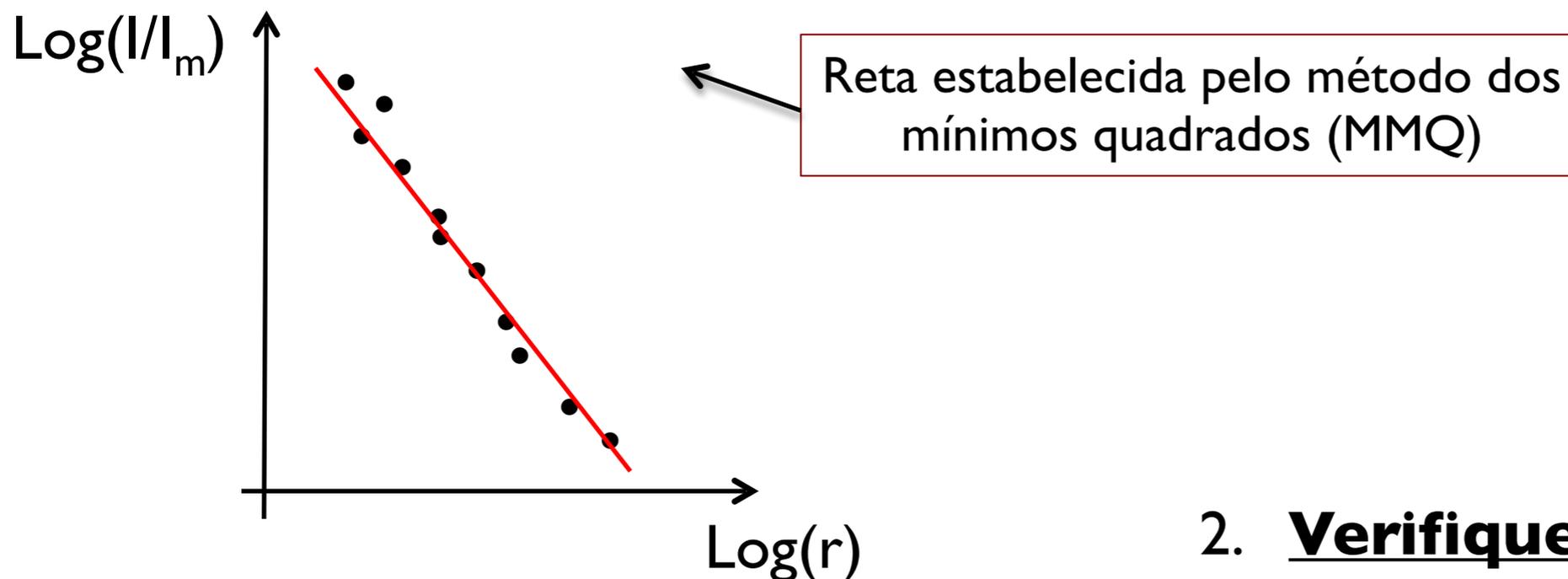
$$I \propto A \frac{1}{r^2}$$

Resultados

$$I = C (1/r^2) \rightarrow \log(I) = \log(C) - 2\log(r)$$

$$\rightarrow \mathbf{\log(I/I_m) = -2\log(r) + b.}$$

I. Construa o gráfico $\log(I/I_m) \times \log(r)$:



$$\log\left(\frac{I}{I_m}\right) = -2\log(r) + \log C$$

$$y = m'x + b$$

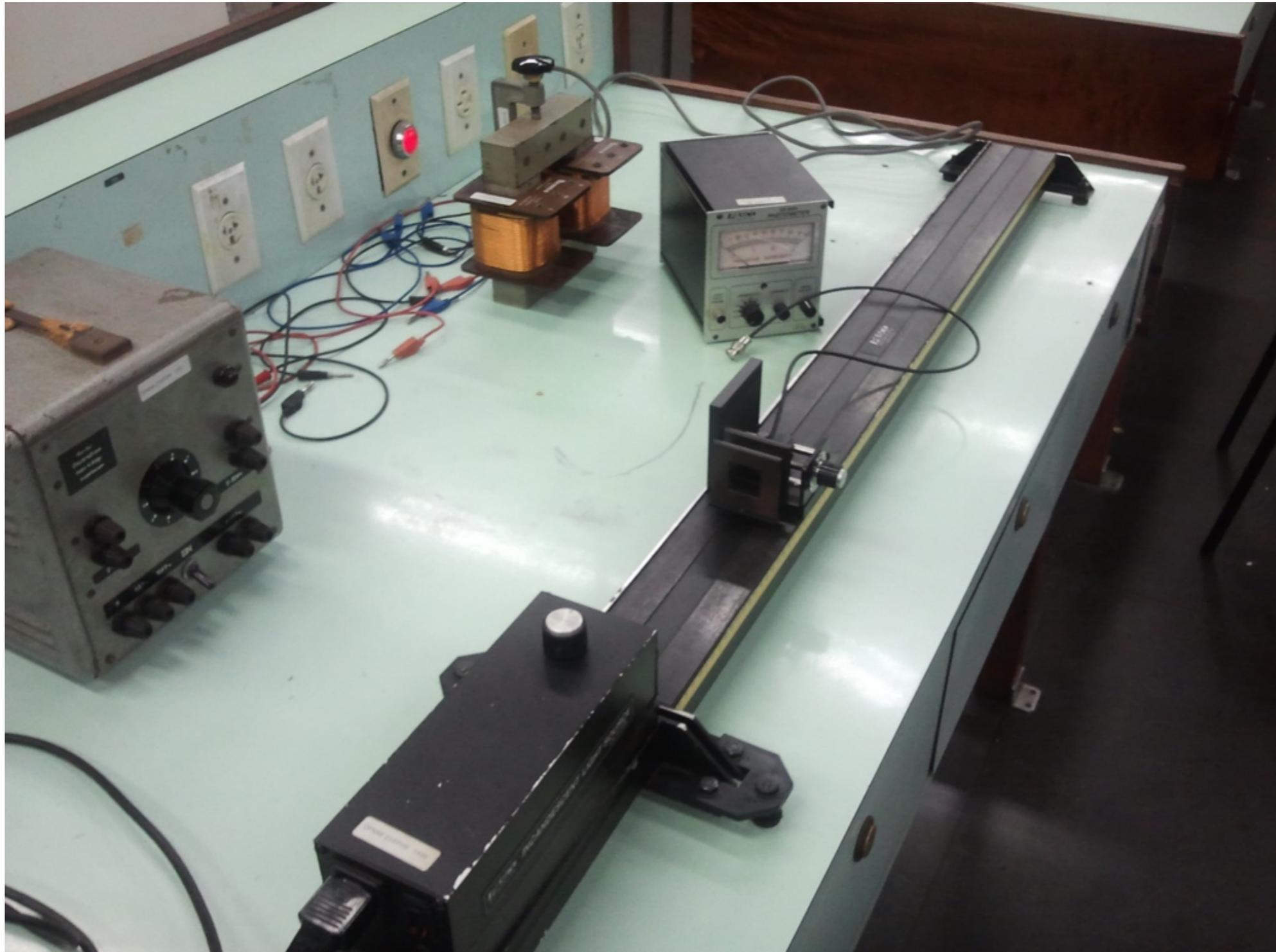
2. Verifique a dependência da intensidade com a distância comparando a curva obtida no item anterior com o resultado teórico:

- Utilize os valores dos coeficientes angular (m') e linear (b), bem como os respectivos erros fornecidos pelo MMQ.

Material Utilizado

- fonte incandescente de luz
- fotômetro
- ponta de prova de fibra óptica
- banco óptico
- suporte para a ponta de prova

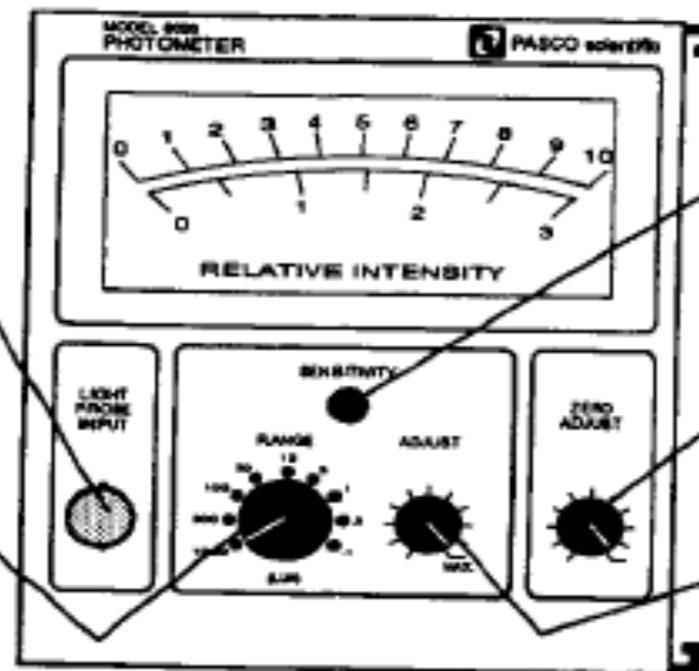
Material Utilizado



Procedimentos

Fibra Óptica: conecte a fibra óptica ao fotômetro, mas se desejar maior sensibilidade do aparelho, deixe a luz incidir diretamente sobre o conector.

Intervalo de Sensibilidade: selecione o maior valor para que sua intensidade de referência leve o ponteiro ao valor máximo da escala.



Zero Mecânico: lembre-se de deligar o aparelho caso deseje zerá-lo mecanicamente.

Ajuste Eletrônico do Zero: quando for zerar o aparelho eletronicamente lembre-se de cobrir a fibra óptica ou a fonte de luz.

Ajuste de Sensibilidade: após selecionar o intervalo de sensibilidade, ajuste o ponteiro de forma que ele atinja o valor máximo da escala.

Figura 2.3: Painel de Controle do Fotômetro

Procedimentos

Calibração de Ponto Zero do Fotômetro:

1. Regule o seletor de sensibilidade do fotômetro (botão “sensitivity”) para a maior escala (escala 1000, menor sensibilidade);
2. Retire a fibra ótica do fotômetro e cubra a entrada de luz com um objeto preto;
3. Com a luz da sala apagada, regule o seletor de sensibilidade do fotômetro para a menor escala (escala 0.1, de maior sensibilidade);
4. Ajuste o botão de ajuste do zero (“ZERO ADJUST”) de forma que o ponteiro do fotômetro se posicione em cima do zero da escala.;
5. Depois de realizado o ajuste, gire o seletor de sensibilidade até a escala 1000 e então retire o objeto preto do fotômetro.

Determinação da intensidade máxima:

1. Com o detector posicionado na distância mínima, (ou seja, máxima intensidade), regule o seletor de sensibilidade para o maior valor possível, tal que o ponteiro permaneça no máximo da escala (10), utilizando para isso o botão de ajuste de sensibilidade

Próxima Aula

- Prática 2: Lei de Mallus