

# Laboratório de Física Moderna

## Radiação de Corpo Negro

### Aula 01 - Parte 02

Marcelo Gameiro Munhoz  
[munhoz@if.usp.br](mailto:munhoz@if.usp.br)

# Objetivo

- Verificar **se** a curva de Planck de fato descreve a radiância espectral emitida por uma lâmpada de filamento (o corpo negro que utilizaremos) e, **caso isso seja observado, em que condições isso ocorre**

# Lâmpada de Filamento

- Lâmpada: filamento metálico envolto por um bulbo de vidro selado que contém um gás a baixa pressão.
- O filamento é um elemento resistivo não linear, que se aquece com a passagem da uma corrente elétrica (efeito Joule).
- O filamento mais comum é o de tungstênio, pois ele se aquece a uma temperatura suficientemente elevada para que luz visível seja emitida.



# Procedimento de Medida e Análise

1. Medir a temperatura da lâmpada de filamento para termos controle sobre os parâmetros do nosso experimento
2. Medir a radiância espectral dessa lâmpada
3. Analisar os dados buscando ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida
4. Qual foi o resultado? Como podemos explorar os dados? E o que podemos concluir do experimento?

# Procedimento

## I. Medir a temperatura da lâmpada de filamento

- Podemos obter a temperatura da lâmpada a partir da expressão:

$$\frac{R}{R_0} = \left( \frac{T}{T_0} \right)^{1,24}$$

- onde:
  - $R$  = resistividade do filamento na temperatura  $T$
  - $T_0$  = temperatura da sala
  - $R_0$  = resistividade do filamento na temperatura  $T_0$ .  
Depende da fabricação da lâmpada, sendo a que utilizamos igual a  $1\Omega(+/-)5\%$

# Procedimento

## I. Medir a temperatura da lâmpada de filamento

- Com a resistividade do filamento (medida) e a sua resistividade à temperatura ambiente (dada) determina-se a temperatura naquela condição
- Então, na verdade é preciso medir o valor de  $R$  para cada condição de tensão fornecida. Como?

# Procedimento

## I. Medir a temperatura da lâmpada de filamento

- A partir de  $R_L = V_L/i$ , ou seja, medindo a tensão e a corrente na lâmpada para cada espectro medido
- Mede-se a tensão aplicada à lâmpada ( $V_L$ ) com um voltímetro e a corrente que passa por ela a partir da medida da tensão ( $V_R$ ) em um resistor de resistividade conhecida ( $R_R$ ), ou seja,  $i = V_R/R_R$
- Obter os dados de  $V_L$ ,  $V_R$  e  $R_R$  na página da disciplina
  - Diretório: Dados Turma → Grupo Número → Tensões.txt)

# Procedimento

## 2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

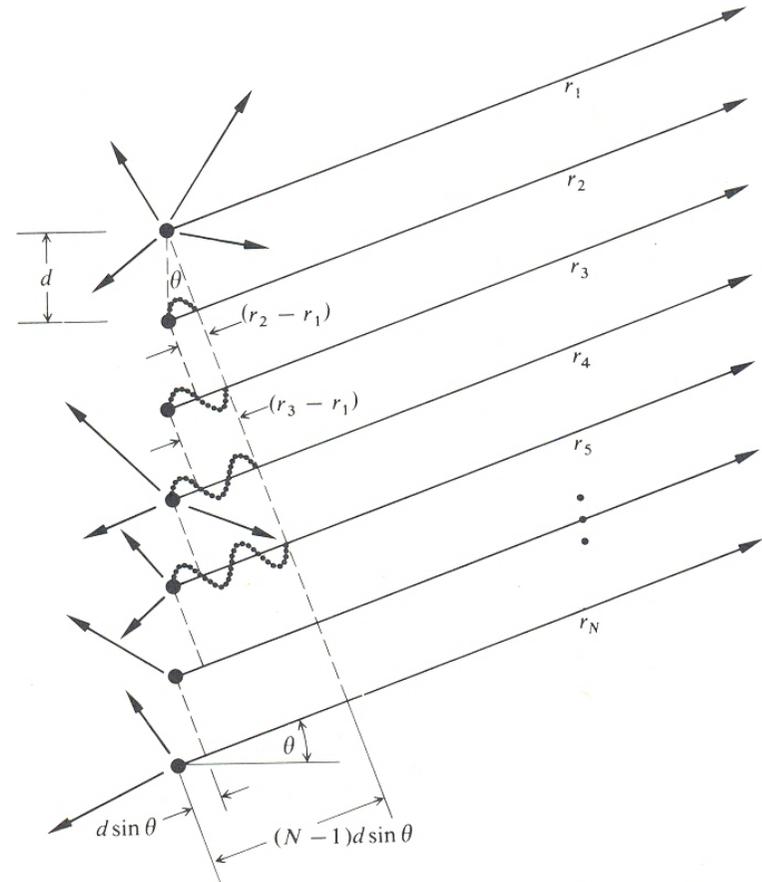
- Vamos utilizar um instrumento chamado espectrofotômetro.
- O espectrofotômetro mede a energia irradiada em função do comprimento de onda (ou frequência)
- Como?

# Procedimento

## 2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

- O princípio básico de funcionamento do equipamento é a difração de Bragg
- Haverá interferência destrutiva e os pontos de máximo ocorreram para ângulos de espalhamento dados por:

$$d \cdot \text{sen}(\theta) = n\lambda$$

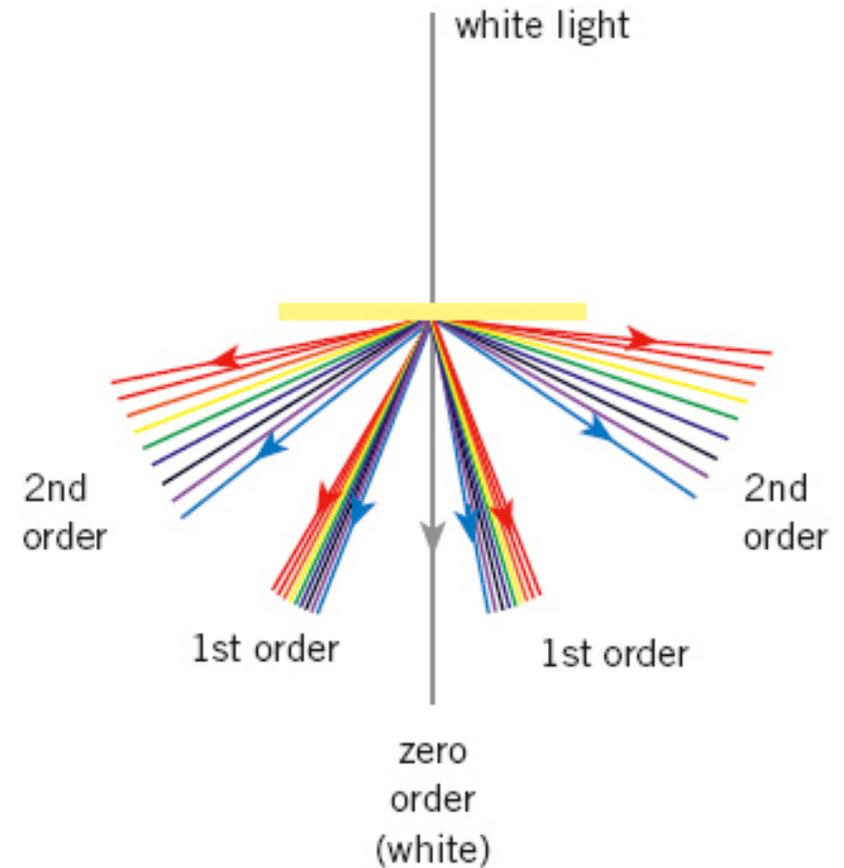


# Procedimento

## 2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

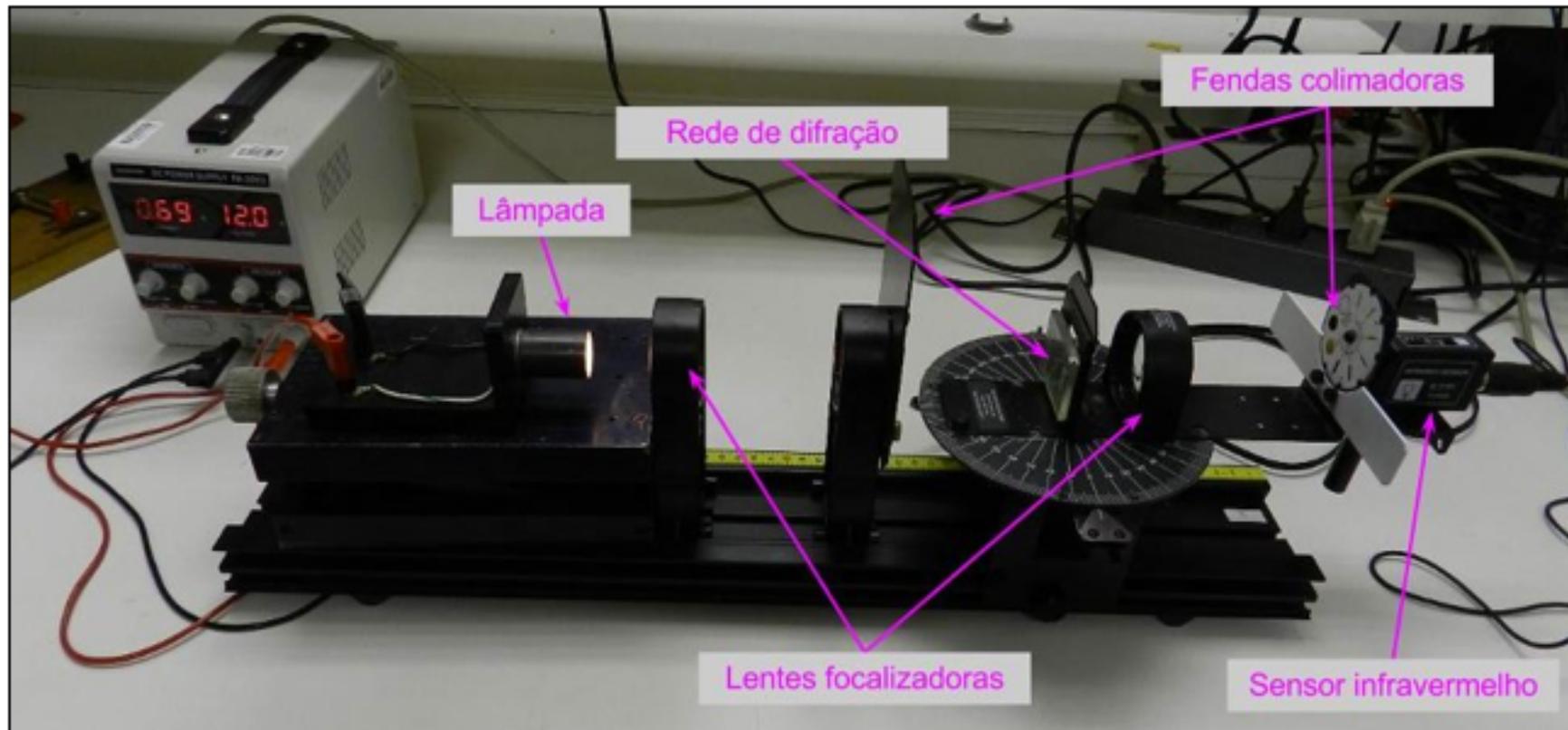
- O princípio básico de funcionamento do equipamento é a difração de Bragg
- Haverá interferência destrutiva e os pontos de máximo ocorreram para ângulos de espalhamento dados por:

$$d \cdot \text{sen}(\theta) = n\lambda$$



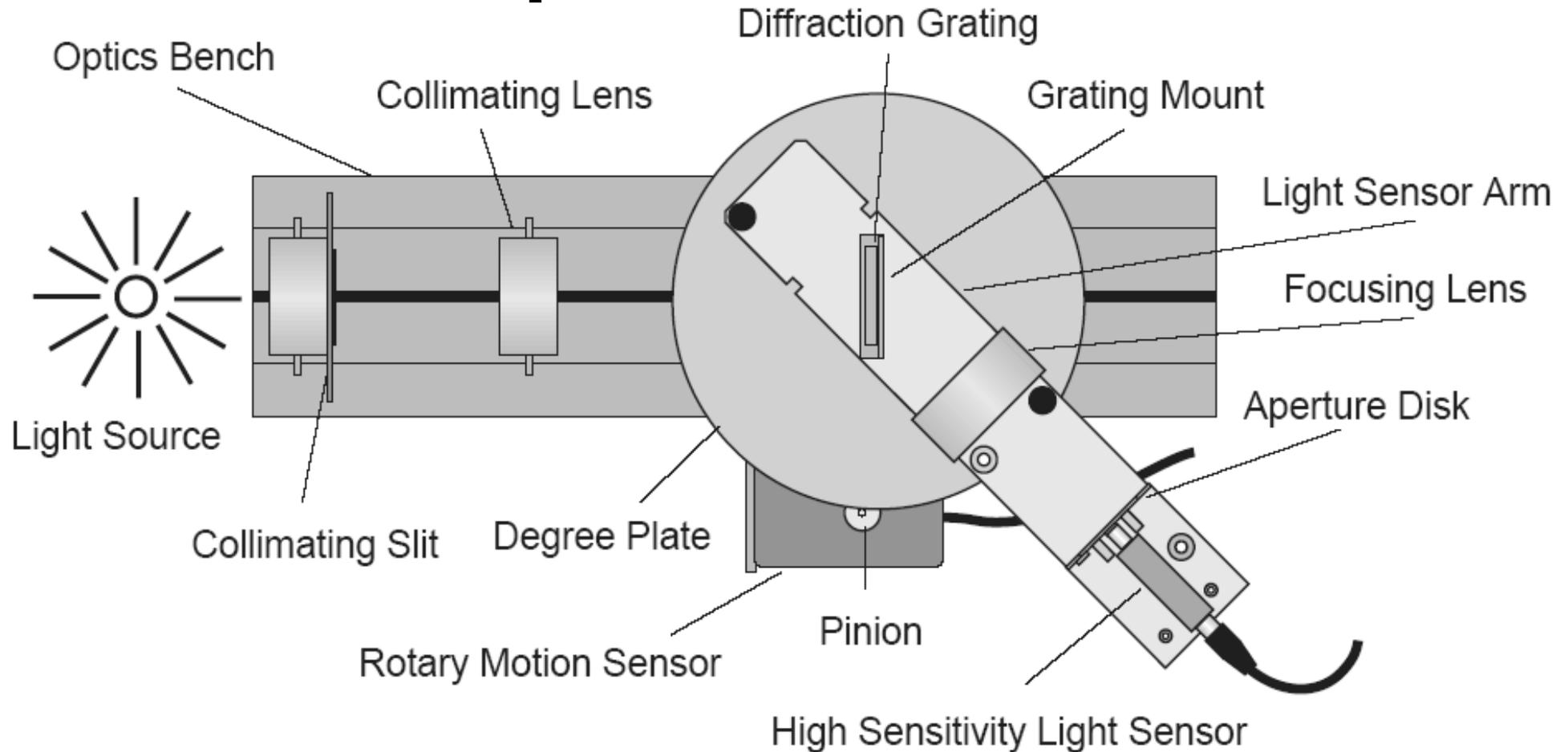
# Procedimento

## 2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento



# Procedimento

## 2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento



# Procedimento

## **2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento**

- Portanto, utiliza-se a lei de Bragg para medir o comprimento de onda da radiação emitida a partir do ângulo em que ela é medida
- A energia da radiação é dada pelo sensor em uma unidade arbitrária, que depende do fator de conversão do sensor
- **Foram realizadas medidas da radiância espectral para 5 temperaturas diferentes da lâmpada**

# Análise

## **3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida**

- Copiar os arquivos, que estão no formato txt
  - Diretório: Dados Turma (Diurno/Noturno)  
→ GrupoNúmero → MedidaNúmero.txt,  
sendo 5 medidas para cada grupo
- Os arquivos possuem duas colunas: número de voltas do motor de passos e intensidade da radiação medida

# Análise

## 3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Copiar os dados para uma planilha
- Transformar a medida do número de voltas do motor em posição angular

$$\theta = (x/60) \cdot (\pi/180) \text{ em radianos}$$

- e, em seguida, para comprimento de onda

$$\lambda = (0.001/300) \cdot \text{sen}(\theta) \text{ em metros}$$

# Análise

## 3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Gerar o gráfico de intensidade  $\times$  comprimento de onda
  - Usar o Webroot
    - Abrir com o Webroot (<http://webroot.if.usp.br>)
    - Carregar os dados de comprimento de onda e intensidade da radiação medida da planilha para o programa
    - Gerar o gráfico

# Análise

## 3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Ajustar a curva de Planck
- No webrout a função de Planck em termos do comprimento de onda pode ser escrita como:

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} d\lambda$$

$$f(x) = [0] \frac{8\pi [1] c}{x^5} \frac{1}{e^{\frac{[1]c}{x[2]}} - 1} + [3]$$

- onde: [0] é só uma normalização; [1] é a constante de Planck; [2] é  $kT$  e [3] é uma constante que representa o fundo

# Análise

## 3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Ajustar a curva de Planck
  - No webroot a função de Planck em termos do comprimento de onda pode ser escrita como:
  - $([0]*8*3.1416*[1]*3e8/(x*x*x*x*x))^*1/(exp([1]*3e8/(x*[2]))-1)+[3]$

$$f(x) = [0] \frac{8\pi [1] c}{x^5} \frac{1}{e^{\frac{[1]c}{x[2]}} - 1} + [3]$$

- onde: [0] é só uma normalização; [1] é a constante de Planck; [2] é  $kT$  e [3] é uma constante que representa o fundo

# Análise

## 3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Ajustar a curva de Planck
  - Inicialmente, sobreponha um gráfico dessa função para encontrar os parâmetros que mais se aproximam dos dados
  - Comece com:  $[0]=1$ ,  $[1]=6.6e-34$ ,  $[2]=1.38e-23*T$ ,  $[3]=$ valor para onde convergem os dados para valores alto de comprimento de onda
  - Procure modificar o primeiro parâmetro até obter uma curva parecida
  - Usando esse valores como “chute” inicial, tente o ajuste

# Atividades para o Próximo Encontro

- Determinar a temperatura da lâmpada nas 5 tomadas de dados disponibilizadas
- Preparar os dados para ajustar a curva de Planck e compartilhar no Webroot com [munhoz@if.usp.br](mailto:munhoz@if.usp.br), colocando como título GrupoTurmaNúmero (por exemplo, GrupoNoturno01)
- (Opcional) Realizar os primeiros ajustes da curva de Planck aos dados com todos os parâmetros livres
- (Opcional) Refletir sobre os resultados e em como prosseguir com a análise