

Laboratório de Física Moderna

Radiação de Corpo Negro

Aula 01 - Parte 02

Marcelo Gameiro Munhoz
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

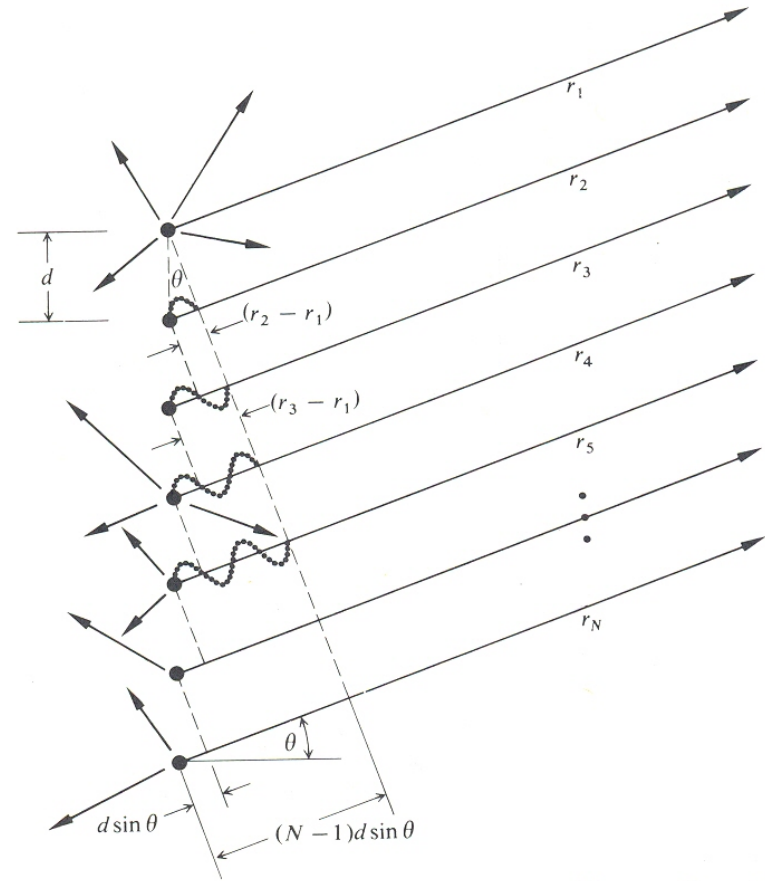
- Vamos utilizar um instrumento chamado espectrofotômetro.
- O espectrofotômetro mede a energia irradiada em função do comprimento de onda (ou frequência)
- Como?

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:

$$d \cdot \sin(\theta) = n\lambda$$

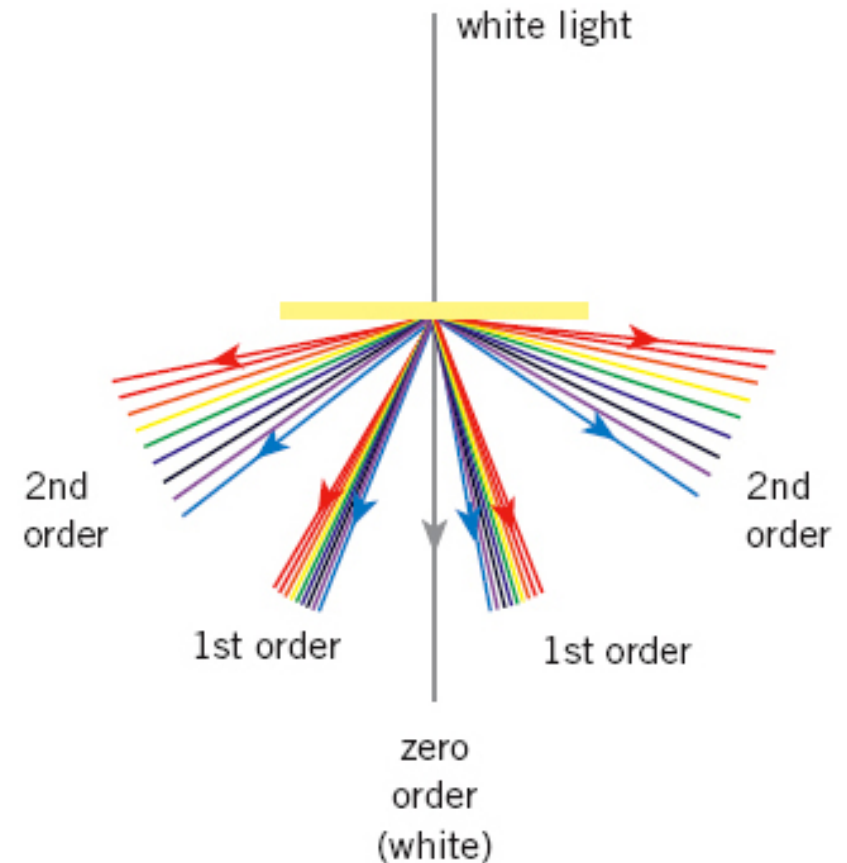


Procedimento

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

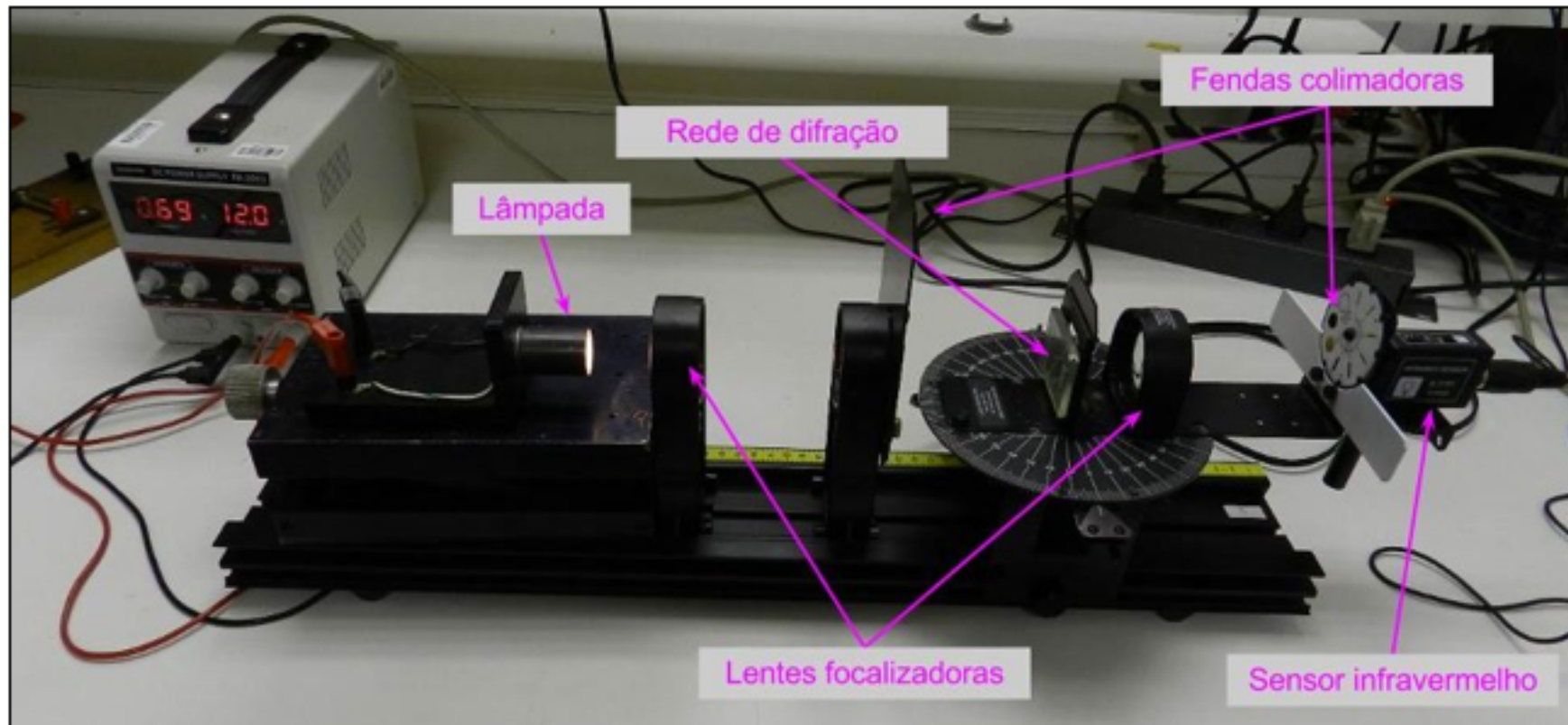
- O princípio básico de funcionamento do equipamento é a difração de Bragg
- Haverá interferência destrutiva e os pontos de máximo ocorreram para ângulos de espalhamento dados por:

$$d \cdot \sin(\theta) = n\lambda$$



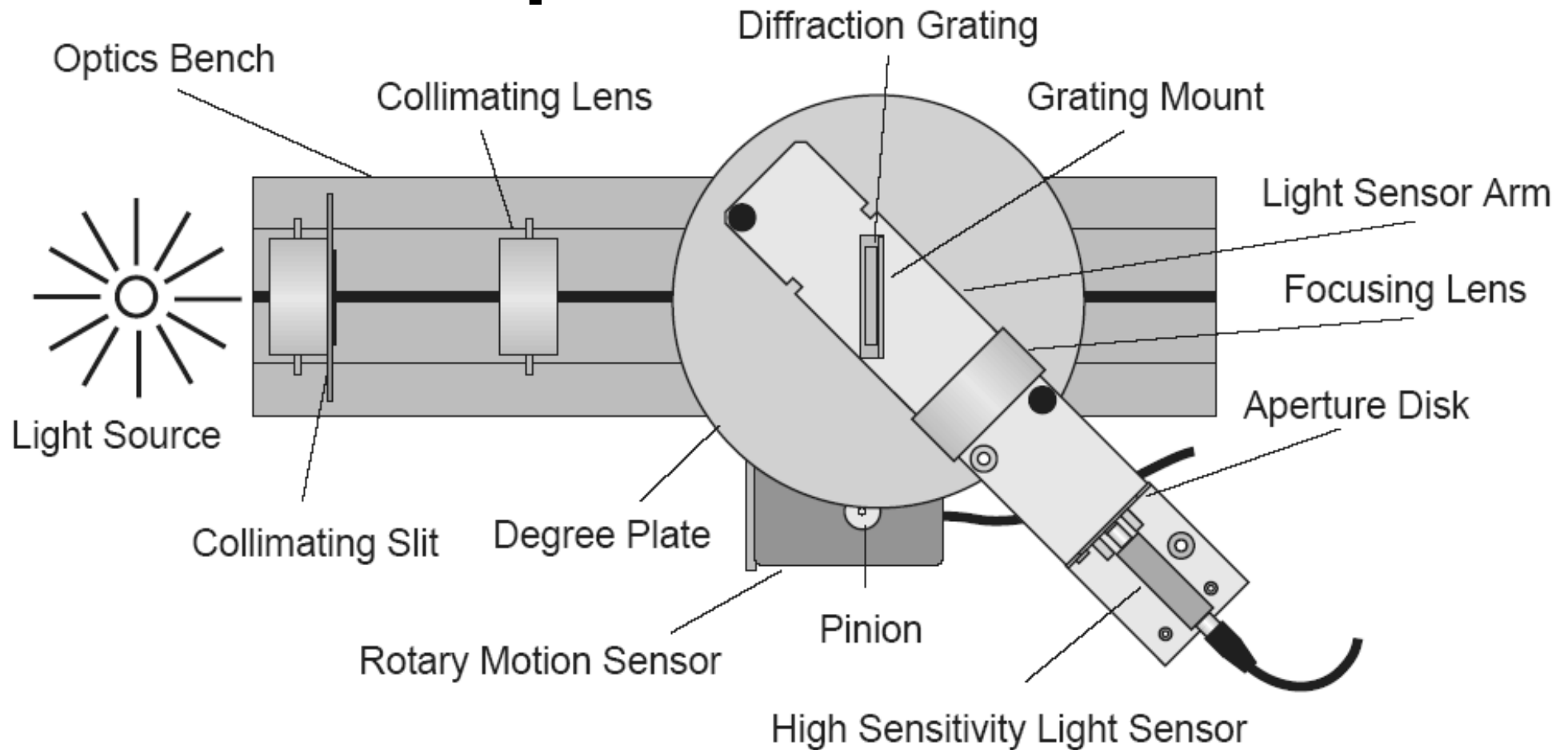
Procedimento

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 webrout 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: $[0]=1$, $[1]=6.6e-34$, $[2]=1.38e-23 \cdot T$, $[3]=$ 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, colocando como título GrupoTurmaNúmero (por exemplo, GrupoNoturno01)
- Realizar os primeiros ajustes da curva de Planck aos dados com todos os parâmetros livres
- Refletir sobre os resultados e em como prosseguir com a análise