

Universidade de São Paulo Instituto de Física

EVIDÊNCIAS EXPERIMENTAIS DA NATUREZA QUÂNTICA DA
RADIAÇÃO E DA MATÉRIA

AULA EXPERIMENTAL

CORPO NEGRO

Profa. Márcia de Almeida Rizzutto

Pelletron – sala 220

rizzutto@if.usp.br

Slides da aula

Profa. Rosangela Itri

2º. Semestre de 2023

Monitores: Rodrigo Fernandes de Almeida

Samuel Pizzol

Objetivo da Parte Experimental

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 de 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 Medidas e Análise

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

Procedimento de Medidas

- 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 de Medidas

- Medir a temperatura da lâmpada de filamento
 - com a resistividade do filamento (medida) e a sua resistividade à temperatura ambiente (dada) determine a temperatura naquela condição
 - Na verdade é preciso medir o valor de R . Como?

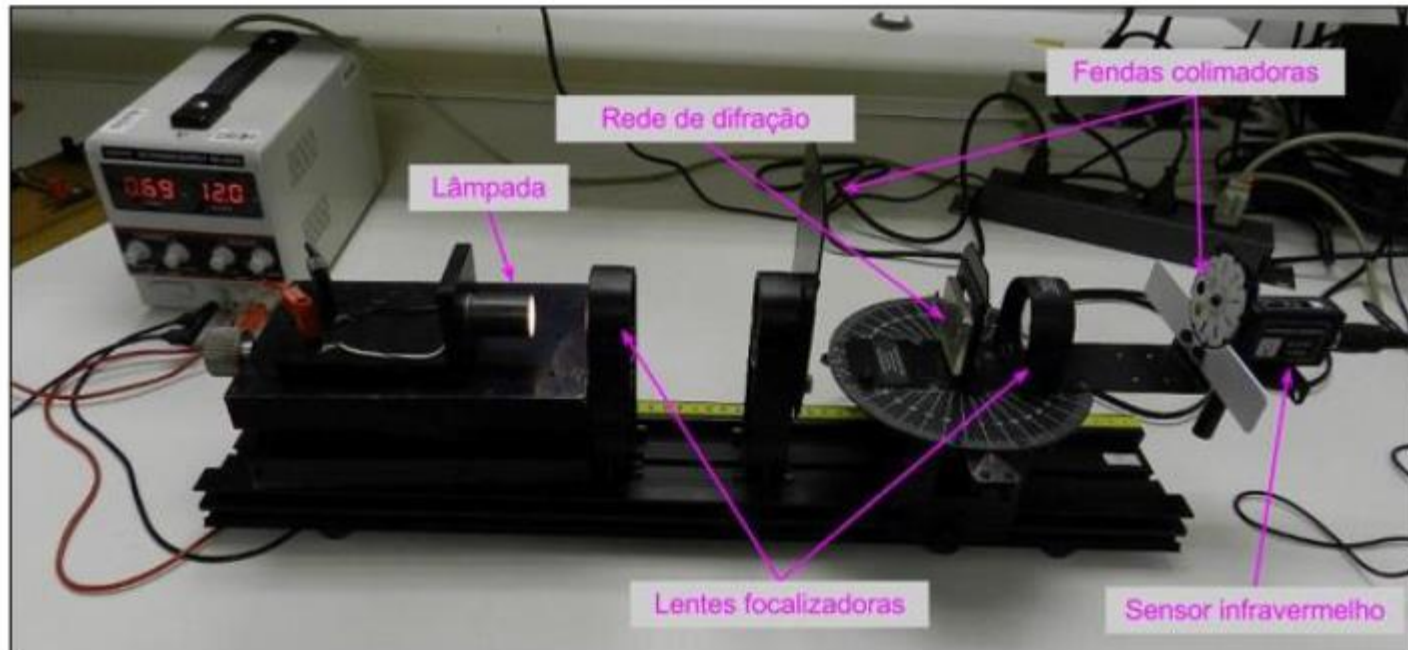
Procedimento de Medidas

- Vídeo com o procedimento de medidas

<https://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=34739>

Procedimento de Medidas

Equipamento



Procedimento de Medidas

1. 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 de Medidas

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

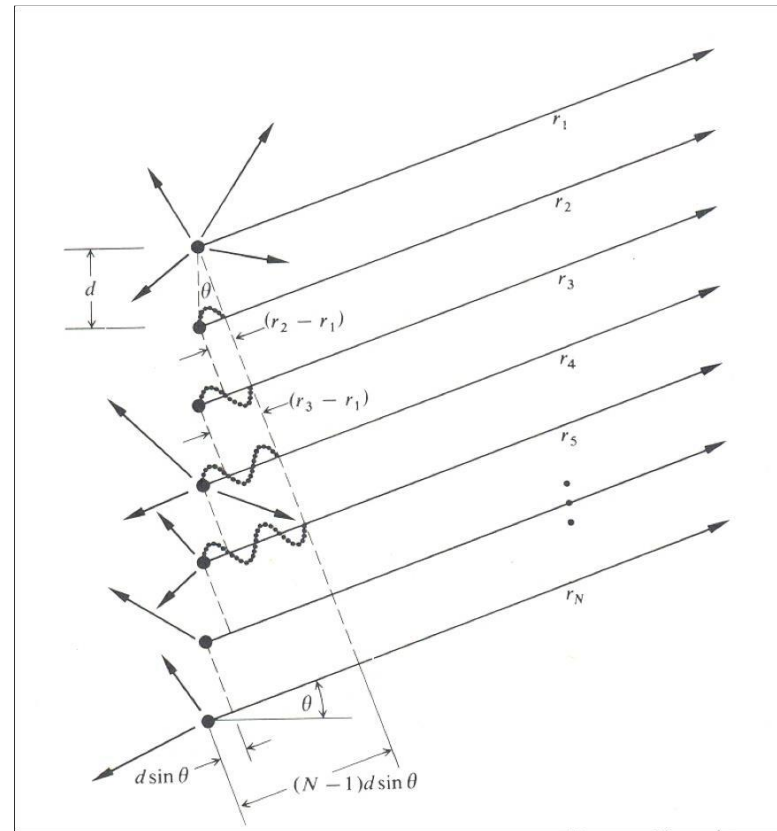
- Vamos utilizar um instrumento chamado espectrofotômetro.
- O espectrofotômetro mede a energia irradiada em função do comprimento de onda (ou frequência)
- Como?

Procedimento de Medidas

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:

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

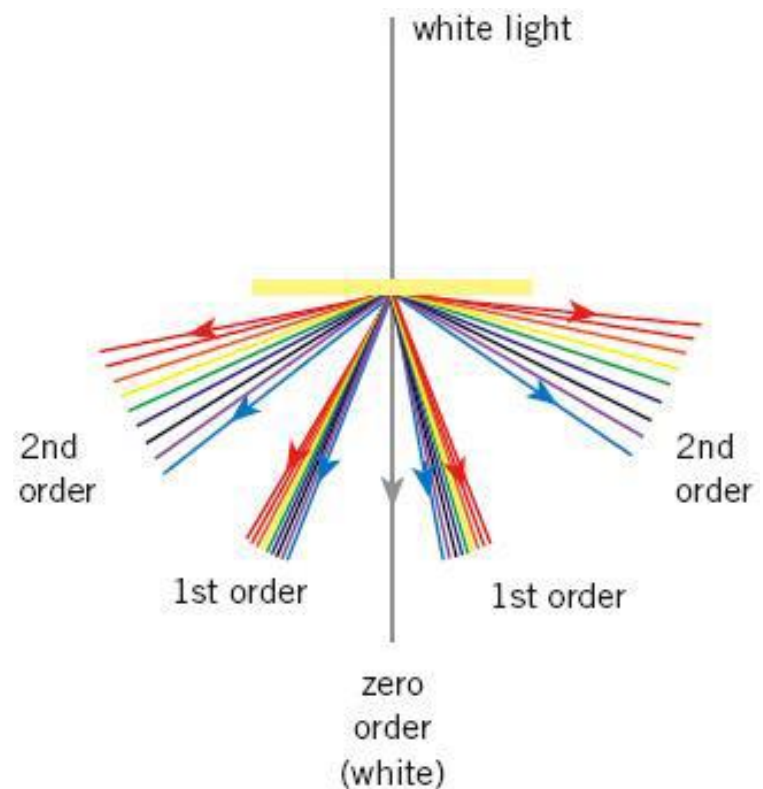


Procedimento de Medidas

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

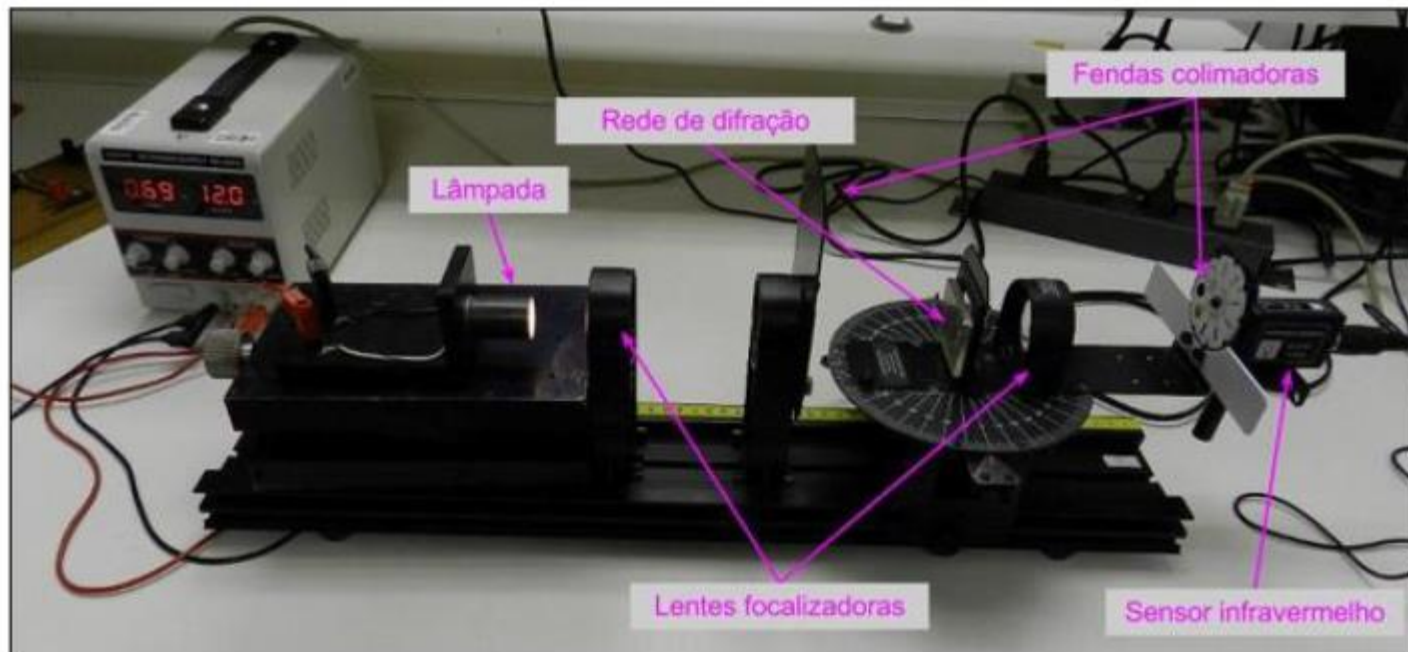
- O princípio básico de funcionamento do equipamento é a difração de Bragg
- Haverá interferência destrutiva e os pontos de máximo ocorreram para ângulos de espalhamento dados por:

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



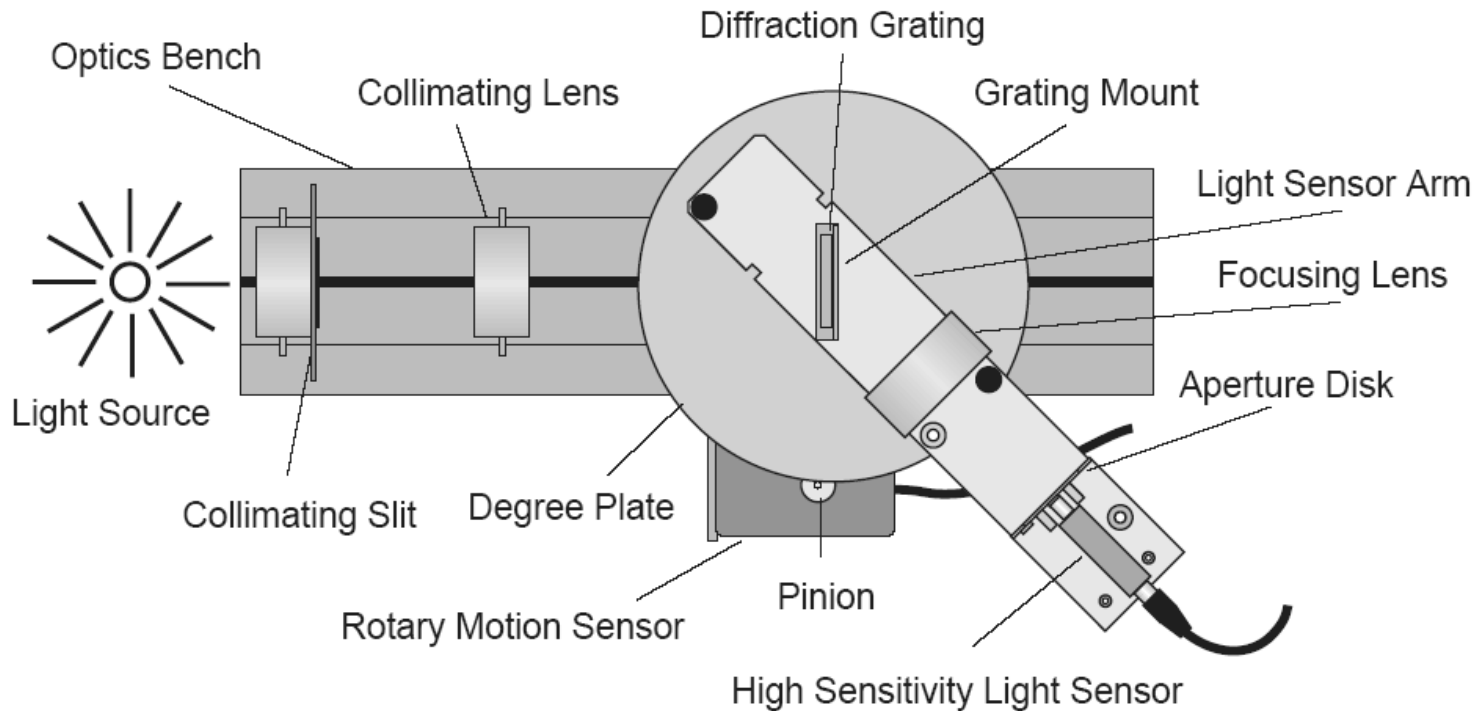
Procedimento de Medidas

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento



Procedimento de Medidas

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento



Procedimento de Medidas

2. Medir a radiância espectral da lâmpada de filamento

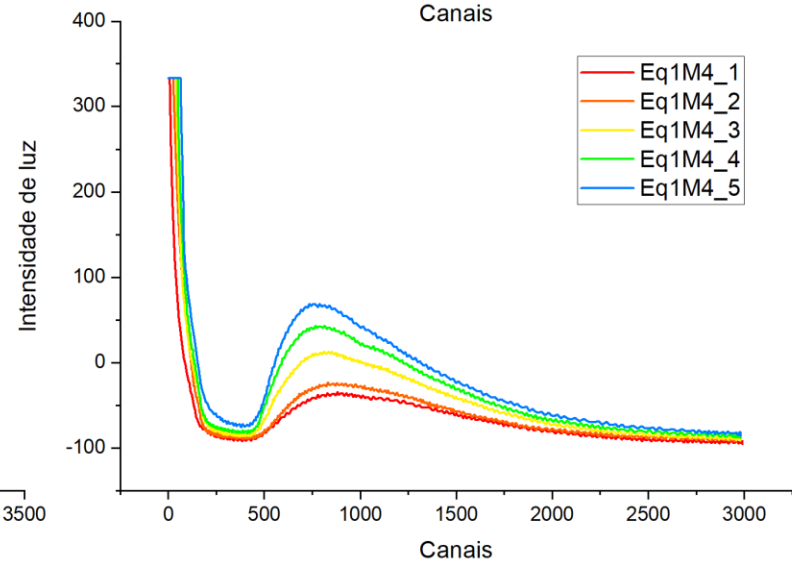
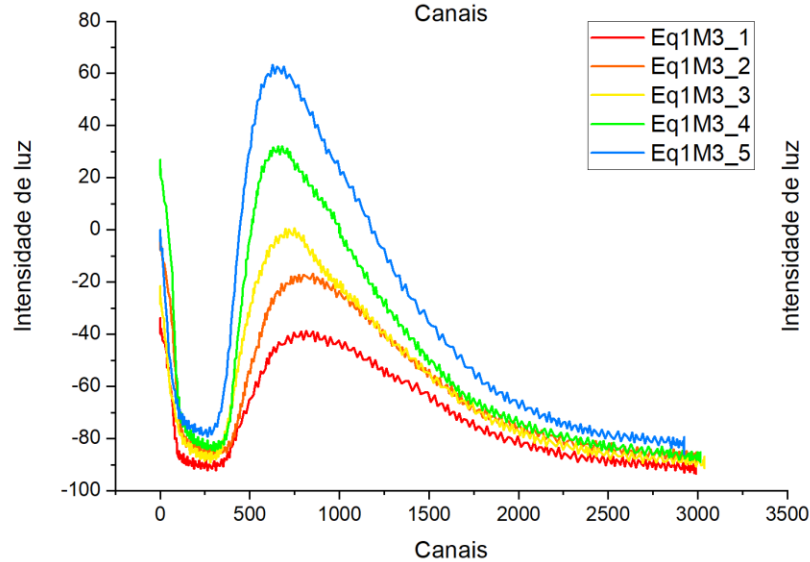
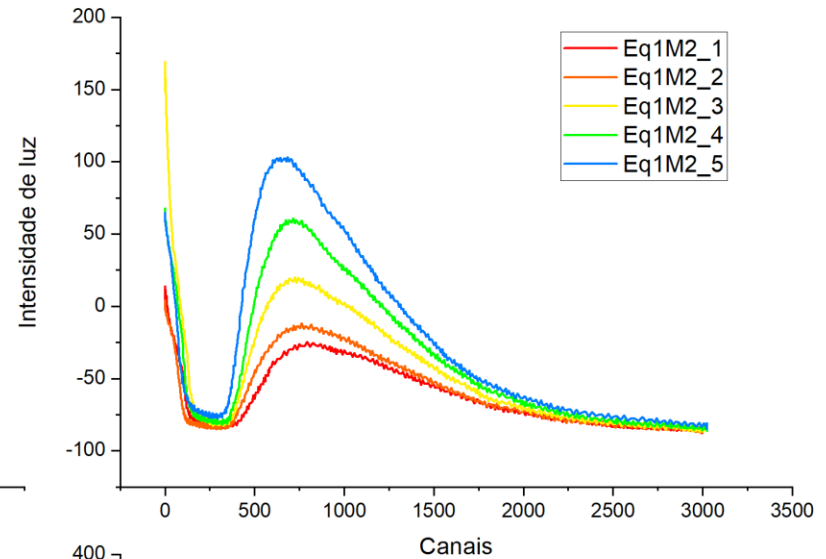
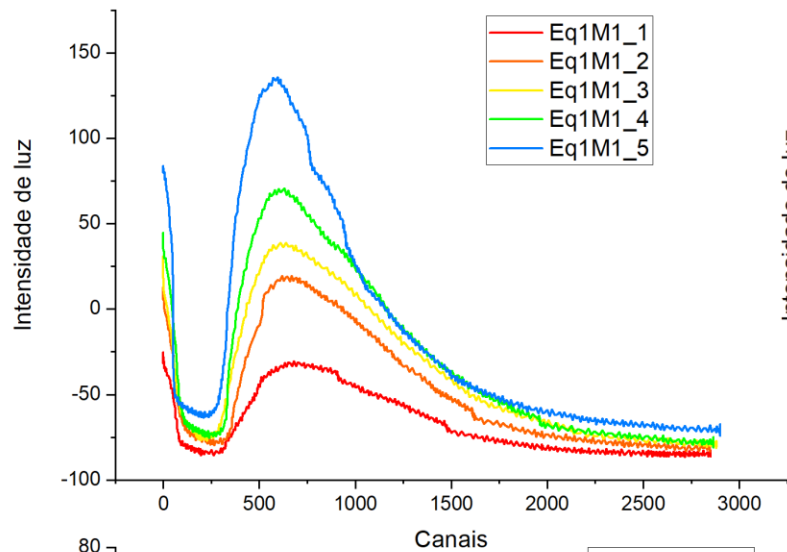
- Portanto, utiliza-se a lei de Bragg para medir o comprimento de onda da radiação emitida a partir do ângulo em que ela é medida
- A energia da radiação é dada pelo sensor em uma unidade arbitrária, que depende do fator de conversão do sensor
- Foram realizadas medidas da radiância espectral para 5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

Procedimento de Análise

3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

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

Gráficos equipamento 1:



Intensidade de luz negativa ??? (un. arbitrárias)

Procedimento de 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
- $\theta = (x/60) \cdot (\pi/180)$ em radianos
- e, em seguida, para comprimento de onda (300 fendas por mm)
- $\lambda = (0.001/300) \cdot \text{sen}(\theta)$ em metros

Procedimento de Análise

3. Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida

- Gerar o gráfico de intensidade \times comprimento de onda
- Usar o LABPLOT
 - Abrir com o LABPLOT
 - [Download – LabPlot \(kde.org\)](http://kde.org)
- Carregar os dados de comprimento de onda e intensidade da radiação medida da planilha para o programa
- Gerar o gráfico

Procedimento de 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 :

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

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

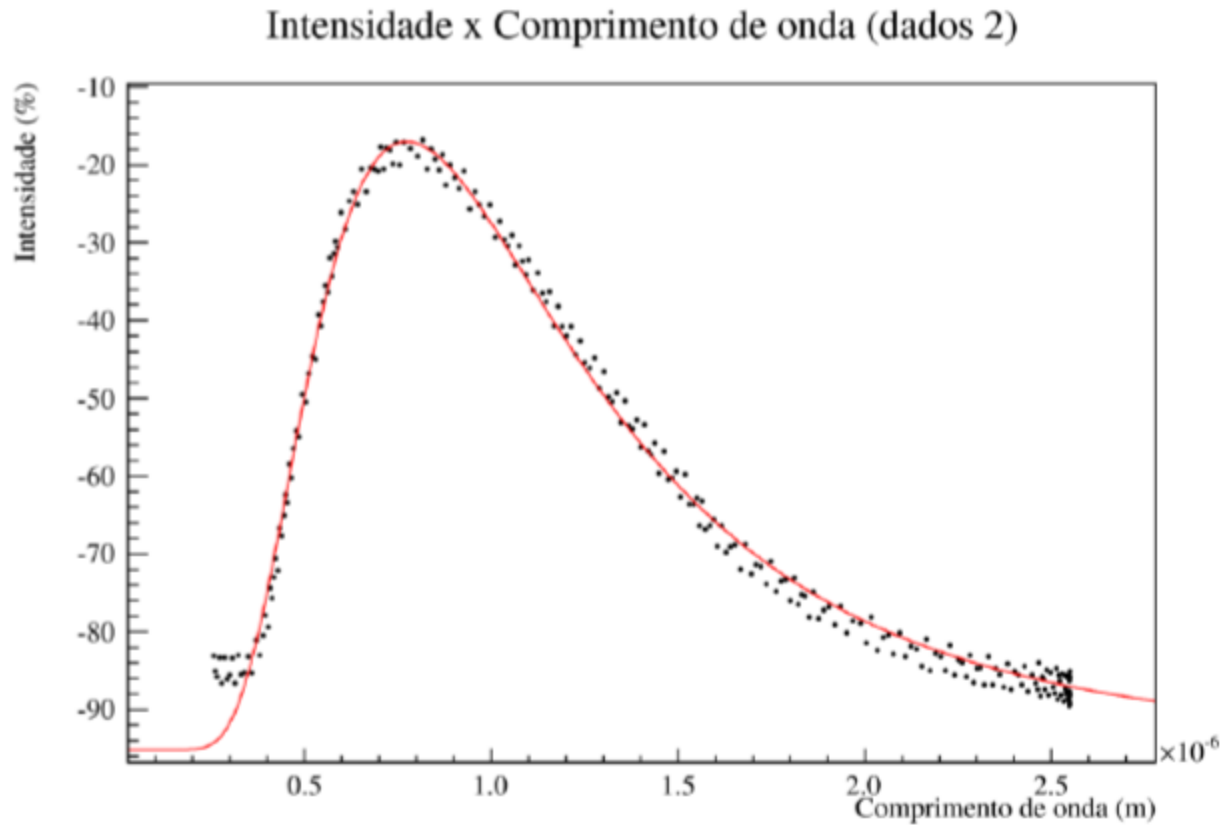
onde : [0] é só uma normalização ; [1] é a constante de Planck;
[2] é kT e [3] é uma constante que representa o fundo
Lembrando que k (constante de Boltzmann)

Procedimento de 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

Ajustar a curva de Planck à radiância espectral medida



- Função ajustar:

```
(A*8*pi*hPlanck*p*cL/(x^5))*(1/(e^(hPlanck*p*cL/(x*kB*T)) - 1)) + B
```

Atividades para a próxima aula

- Determinar a temperatura da lâmpada nas 5 tomadas de dados disponibilizadas, sabendo que a temperatura da sala nos dias da medida experimental era de $21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Preparar os dados para ajustar a curva de Planck
- 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