Evidências Experimentais da Natureza Quântica da Radiação e da Matéria

Radiação de Corpo Negro

Aula 03

Marcelo Gameiro Munhoz
João Pedro Ghidini da Silva
Leonardo Barreto de Oliveira Campos

Objetivo

- Verificar **se** a curva de Planck 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?

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

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

- Qual é a nossa intenção ao se tentar ajustar a curva de Planck aos dados? Estamos tentando "comprovar" a validade das hipóteses de Planck? Como podemos "encarar" esse experimento?

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

- A lâmpada é um corpo negro ideal?
  - Existe um corpo negro ideal?
  - O que significa um sistema físico real se comportar como um corpo negro?
- Então como podemos lidar experimentalmente com um objeto que acreditamos se **comportar** como um corpo negro?

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

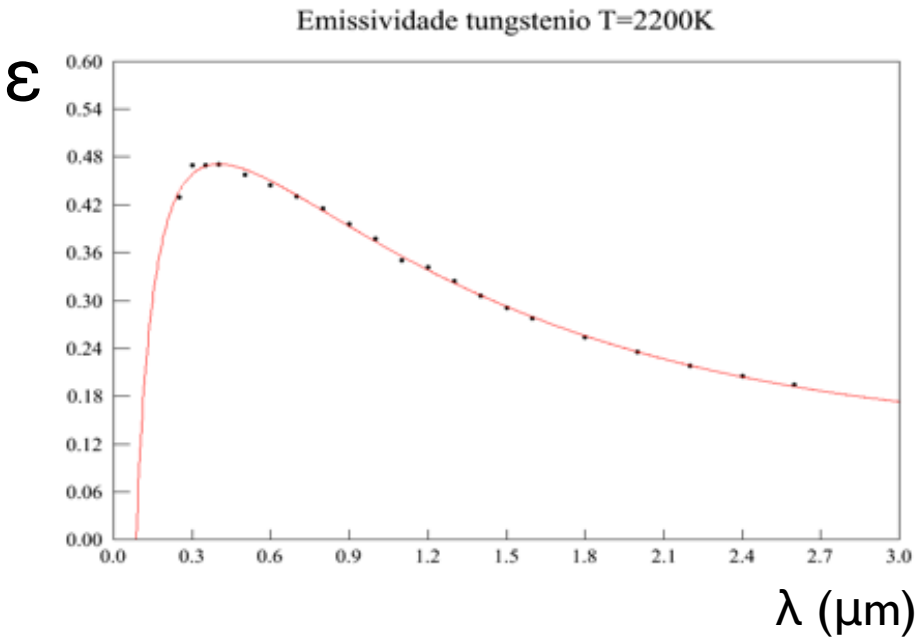
- A emissividade total (ε) é uma quantidade adimensional que assume valores entre 0 e 1. Para uma superfície perfeitamente refletora, ε=0 (espelho perfeito) e, para uma superfície perfeitamente absorvedora, ε=1 (corpo negro ideal).
- A absortividade total também é uma quantidade adimensional e assume valores semelhantes à emissividade total. Mas, em geral, a absortividade total e a emissividade total dependem da temperatura.

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

- A princípio, a emissividade da lâmpada, que representa a fração de radiação emitida em relação à radiação total produzida, para cada comprimento de onda é dada pela figura ao lado

- É preciso aplicar essa correção? Como determinar isso? E como aplicar a correção?



Curva ajustada na figura acima:
e(x) = 0.1402 + 0.703*exp(-0.8457*x) - 0.0683/x

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

- Como estimar as incertezas e considera-las na análise do resultado final?
- Como considerar os efeitos de fenômenos espúrios (isto é, aqueles que não queremos medir) neste experimento?

Análise

4. Qual foi o resultado? O que podemos concluir do experimento?

- Como minimizar efeitos espúrios?
  - O espectrofotômetro mede apenas a radiação emitida pela lâmpada?
  - Podemos ajustar todo o espectro de radiância espectral? Por quê?
  - A abertura do sensor influencia no resultado?

Sequência da Aula

- Realizar os ajustes da curva de Planck aos dados buscando diferentes maneiras de se analisar e explorar os dados
- Mostrar os resultados finais da análise, discutindo as conclusões extraídas

A relatório do experimento

- Relato sobre o experimento cujo objetivo é permitir ao leitor avaliar o estudo realizado (de maneira ampla) e reproduzi-lo
- Deve ser objetivo e sucinto
- Breve introdução ao problema a ser estudado (**objetivos do estudo)** com sua contextualização (reveja os slides da aula teórica)
  - Discutir brevemente sobre a radiação térmica e a importância histórica desse estudo

A relatório do experimento

- Descrição do aparato experimental e os procedimentos de medida
  - Deixar claro o que foi medido (por exemplo, intensidade da radiação em função do comprimento de onda) e como foi medido, isto é, os procedimentos e os princípios usados para fazer as medidas (difração, lei de Bragg, etc.)
  - Não fazer "receita de bolo"!

A relatório do experimento

- Resultados das medidas (os dados colhidos), **justificando porque cada medida foi feita**
  - Mostrar, por exemplo, os espectros (corpo negro) e os comprimentos de onda medidos (espectroscopia)
  - Deixar claro o que realmente mediu (intensidade por número de voltas no eixo do equipamento ou ângulo) e como chegou no resultado final
  - Discutir como estimou as incertezas

A relatório do experimento

- Descrição da análise dos dados **justificando os métodos utilizados** e discussão sobre os resultados obtidos
  - Explicar como o ajuste foi feito (parâmetros livres, etc.) e justificar as escolhas feitas
  - Mostrar o resultado dos ajustes, sem esquecer das incertezas

A relatório do experimento

- Discussão sobre as conclusões **deixando claro como chegou às mesmas,** e desdobramentos do estudo
  - Como analisou a temperatura da lâmpada? O valor medido é compatível com o ajuste?
  - O valor da constante de Planck é compatível com esperado?
  - Quais possíveis explicações para uma eventual discrepância? Discuta, pelo menos, qualitativamente.
  - Discuta problemas, dificuldades, limitações e sugestões para medidas futuras