

Aula: Radiação do Corpo Negro com Kit Educacional Interativo

1 Introdução e Objetivos

Esta aula explora a **radiação do corpo negro**, um conceito fundamental da física moderna que explica como objetos emitem luz com base em sua temperatura. Utilizaremos um **kit educacional interativo** com uma fita LED e um display colorido para visualizar as cores emitidas por diferentes elementos químicos, incluindo o corpo negro, em função da temperatura.

Duração da aula: 90 minutos, divididos em:

- Introdução e conceitos teóricos: 15 minutos
- Demonstração prática com o kit: 30 minutos
- Exercícios práticos: 30 minutos
- Avaliação e discussão: 15 minutos

Objetivos:

- Entender o que é um corpo negro e sua radiação térmica.
- Relacionar a temperatura com a cor da luz emitida, observando mudanças no kit.
- Conhecer as leis de Stefan-Boltzmann, Wien e Planck.
- Aplicar os conceitos em atividades práticas e interativas.

2 Conceitos Teóricos

2.1 Corpo Negro

Um **corpo negro** é um objeto teórico que absorve toda a luz que recebe, sem refletir ou transmitir. Ele emite **radiação térmica** com um espectro contínuo que depende apenas de sua temperatura. Esse conceito é essencial para entender a luz emitida por estrelas, fornos e outros corpos quentes.

2.2 Cor e Espectro da Radiação

A cor da luz emitida por um corpo negro muda com a temperatura:

- ~ 1000 K: Vermelho escuro, como brasas.
- 3000–5000 K: Laranja a amarelo, como uma lâmpada incandescente.
- > 8000 K: Branco a azul, como estrelas quentes.

O kit educacional simula essas cores em tempo real, permitindo observar como a luz varia com a temperatura ajustada.

2.3 Leis Fundamentais

- **Lei de Stefan-Boltzmann:** A potência total emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura:

$$P = \sigma AT^4, \quad \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4,$$

onde A é a área da superfície e T é a temperatura em Kelvin.

- **Lei de Wien:** O comprimento de onda do pico de emissão é inversamente proporcional à temperatura:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}, \quad b = 2.897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}.$$

- **Fórmula de Planck:** Descreve a intensidade da radiação em cada comprimento de onda:

$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1},$$

onde $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (constante de Planck), $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ (velocidade da luz), e $k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ (constante de Boltzmann).

2.4 Catástrofe Ultravioleta

Na física clássica, previa-se que um corpo negro emitiria energia infinita em comprimentos de onda curtos (ultravioleta), um problema chamado *catástrofe ultravioleta*. A fórmula de Planck resolveu isso ao propor que a energia é emitida em pacotes discretos (quanta), lançando as bases da mecânica quântica.

3 Funcionamento do Kit Educacional

O kit torna a aprendizagem prática e visual, com os seguintes componentes:

- **Display Colorido:** Mostra o elemento químico selecionado, sua cor correspondente e a temperatura em Kelvin.
- **Fita LED:** Exibe a cor da luz emitida para temperaturas de 1000 K a 10.000 K.

- **Potenciômetro:** Ajusta a temperatura, alterando a cor exibida em tempo real.
- **Botões:**
 - **Escolher Elemento:** Alterna entre Corpo Negro, Hidrogênio, Hélio, Sódio, Fósforo, Ouro e Polônio.
 - **Quiz:** Ativa um modo interativo onde o kit mostra cores para temperaturas específicas, e os alunos tentam identificar o elemento.
- **Catástrofe Ultravioleta:** Para o corpo negro em temperaturas ≥ 10.000 K, o display exibe “CATASTROFE” e a fita LED mostra uma cor roxa, representando o problema clássico.

4 Demonstração Prática

Passo a passo (30 minutos):

1. **Corpo Negro:** Selecione o corpo negro e ajuste o potenciômetro para variar a temperatura de 1000 K a 10.000 K. Observe as mudanças de cor na fita LED e no display, e discuta como elas representam a radiação térmica.
2. **Outros Elementos:** Repita o processo para elementos como Hidrogênio e Sódio, comparando as cores emitidas em cada temperatura. Note as diferenças nos espectros.
3. **Modo Quiz:** Ative o modo quiz. O kit exibe cores para temperaturas fixas (2000 K, 4000 K, 6000 K, 8000 K, 10000 K), e os alunos tentam identificar o elemento.
4. **Catástrofe Ultravioleta:** Ajuste o corpo negro para ≥ 10.000 K. Explique o significado da mensagem “CATASTROFE” e da cor roxa, conectando ao problema histórico da física.

5 Exercícios Sugeridos

1. **Potência Irrradiada:** Para uma temperatura de 6000 K ajustada no kit, calcule a potência emitida por um corpo negro com área de 1 m^2 usando a lei de Stefan-Boltzmann.
2. **Pico de Emissão:** Calcule o comprimento de onda do pico de emissão para 4000 K e relacione com a cor observada no kit.
3. **Análise Histórica:** Explique por que a física clássica falhou na previsão do espectro do corpo negro e como a solução de Planck mudou a ciência.
4. **Comparação de Espectros:** Usando o kit, compare as cores do Hidrogênio e do Sódio em 5000 K. Discuta por que as cores diferem.

6 Avaliação e Fixação

- **Quiz Interativo (10 minutos):** Realize um quiz oral ou escrito, pedindo aos alunos que identifiquem elementos com base nas cores exibidas no modo quiz.
- **Discussão (5 minutos):** Peça aos alunos que expliquem a relação entre temperatura, cor e energia, usando o kit como referência visual.
- **Participação:** Avalie o engajamento nas demonstrações práticas e nas discussões teóricas.

7 Conclusão

O kit educacional transforma conceitos complexos da radiação do corpo negro em uma experiência visual e interativa. Com o modo quiz e as demonstrações práticas, os alunos conectam teoria e observação, tornando a aprendizagem dinâmica e memorável.

Respostas dos Exercícios – Radiação do Corpo Negro

1. Potência Irradiada

Para uma temperatura de 6000 K, a potência irradiada por um corpo negro com área de 1 m² é calculada pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$P = \sigma AT^4, \text{ onde } \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$P = 5,67 \times 10^{-8} \times (6000)^4 \approx 73.536 \text{ W}$$

Resposta: A potência irradiada é aproximadamente 73,5 kW.

2. Pico de Emissão

Usando a Lei de Wien: $\lambda_{\text{máx}} = b / T$, com $b = 2,897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ e $T = 4000 \text{ K}$:

$$\lambda_{\text{máx}} = 2,897 \times 10^{-3} / 4000 = 724 \times 10^{-9} \text{ m} = 724 \text{ nm}$$

Resposta: O comprimento de onda de pico é aproximadamente 724 nm, o que corresponde à cor vermelha/alaranjada observada no kit para 4000 K.

3. Análise Histórica

A física clássica previa emissão infinita em comprimentos de onda curtos (catástrofe do ultravioleta), o que não condizia com os experimentos.

Max Planck propôs que a energia é emitida em pacotes discretos (quanta), criando a base da mecânica quântica e explicando corretamente o espectro do corpo negro.

Resposta: A solução de Planck corrigiu a falha da física clássica e iniciou a revolução quântica.

4. Comparação de Espectros

Mesmo a 5000 K, Hidrogênio e Sódio emitem luz de cores diferentes devido aos seus espectros atômicos únicos.

- Hidrogênio: Linhas visíveis em violeta, azul e vermelho.

- Sódio: Emissão dominante na cor amarela (linha D, ~589 nm).

Resposta: As cores diferem porque cada elemento tem níveis de energia específicos, resultando em espectros únicos.