

# Experimento 3

## Estudo dirigido sobre estruturas cristalinas

Carlos E. da S. Papa – 232013390, Robson Lima De Oliveira – 211067362, Ronan Cunha Freitas – 232013425

Turma 01

### 1. OBJETIVOS

O presente experimento tem por finalidade o estudo do efeito fotoelétrico e suas implicações fundamentais na física moderna. Busca-se, a partir de medições experimentais, determinar a constante de Planck, avaliar a função trabalho do material constituinte da fotocélula e identificar a frequência de corte característica do dispositivo.

Essas análises permitem verificar a relação direta entre a energia dos fótons incidentes e a energia cinética dos elétrons ejetados, demonstrando o caráter quântico da luz e a limitação das explicações clássicas para o fenômeno observado.

### 2. MATERIAIS e EQUIPAMENTO UTILIZADOS

- Fotocélula;
- Rede de difração, 600 linhas/mm;
- Filtros, 580 nm e 525 nm;
- Fenda de abertura ajustável;
- Lente convergente,  $f + 100$  nm;
- Lâmpada de mercúrio;
- Trilho de sustentação;
- Amplificador universal de medição;
- Multímetro digital.

### 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Inicialmente, realiza-se a montagem do aparato experimental conforme indicado na Figura 1. A lâmpada de mercúrio e a fotocélula devem ser posicionadas nas extremidades do trilho óptico. Em seguida, ajusta-se a fenda de abertura variável a aproximadamente 9 cm da lâmpada, e a lente convergente a cerca de 20 cm da mesma, utilizando as marcações da base dos suportes para garantir precisão geométrica no alinhamento dos componentes.

Após a montagem, procede-se ao acionamento da lâmpada de mercúrio, focalizando o feixe luminoso sobre a fotocélula mediante o deslocamento controlado do suporte da

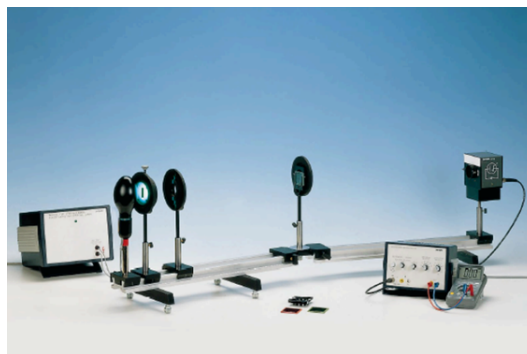


Figure 1: Montagem do experimento

lente ao longo do trilho. Deve-se assegurar que a janela da fotocélula permaneça fechada durante o ajuste.

A abertura da fenda deve ser regulada de modo que a imagem luminosa projetada sobre a fotocélula apresente uma largura aproximada de 1 cm, garantindo a incidência uniforme do feixe.

Antes da conexão da fotocélula ao amplificador, configuram-se os instrumentos conforme descrito:

- **Amplificador:**
  - Modo de operação: eletrômetro ( $R_e > 10^{13}, \Omega$ );
  - Amplificação: 100;
  - Constante de tempo: 0.
- **Voltímetro:**
  - Escala de 2 V DC.

O ajuste do zero do amplificador é realizado por meio do botão “0”, mantendo o botão de descarga da fotocélula pressionado, enquanto se observa a leitura do voltímetro. Uma vez estabilizado o sistema, as medições seguem a seguinte sequência:

- Movimentar o trilho para selecionar a faixa monocromática desejada;
- Com a janela da fotocélula fechada, verificar o zero do amplificador;
- Abrir a janela, aguardar a estabilização da leitura no voltímetro e realizar a medição;

- Fechar novamente a janela da fotocélula.

Durante todo o processo experimental, devem ser observadas as seguintes recomendações de segurança e estabilidade:

- Ligar os equipamentos com antecedência mínima de 15 minutos para garantir estabilidade térmica e elétrica;
- Evitar desligar a lâmpada de mercúrio, pois o reaquecimento para novo funcionamento requer aproximadamente 10 minutos;
- Não tocar no bulbo da lâmpada, cuja temperatura pode ultrapassar 100°C;
- Não olhar diretamente para a fonte de luz, devido à emissão de radiação ultravioleta nociva à visão;
- Manter a janela da fotocélula fechada sempre que não estiver sendo efetuada a leitura.

#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A partir da execução do procedimento experimental, foram obtidos os seguintes resultados:

Table 1: Medições de Tensão em Função da Corrente DC

Faixa Monocromática	Ângulo [°]	Tensão [V]
Azul 1	12	0.65
Azul 2	14	0.52
Azul 3	16	0.51
Verde	20	0.32
Laranja	21	0.20

Partindo do Princípio de Huygens, estabelece-se a seguinte relação fundamental:

$$n \lambda = d \sin \theta$$

Em que  $\lambda$  representa o comprimento de onda da radiação eletromagnética no vácuo, e  $d$  corresponde à distância entre as linhas da rede de difração:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$d = \frac{1}{600} \cdot 10^{-3} \text{ [m]} = 1.667 \cdot 10^{-6} \text{ [m]}$$

Durante o experimento, foram considerados os dados referentes ao primeiro harmônico, sendo utilizada a equação a seguir para o cálculo das frequências de cada faixa espectral:

$$\nu = \frac{c}{d \sin \theta} \text{ , } c = 299'792'458 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Com base nesses valores, foi preenchida a Tabela 2. Em seguida foi realizada uma regressão linear e foi construída a figura 2 para melhor visualizar os dados recolhidos durante o experimento.

Table 2: Medições de Tensão em Função da Corrente DC

Faixa	Frequência [Hz]	Tensão [V]
Azul 1	$8.651532 \cdot 10^{14}$	0.65
Azul 2	$7.435271 \cdot 10^{14}$	0.52
Azul 3	$6.525802 \cdot 10^{14}$	0.51
Verde	$5.259207 \cdot 10^{14}$	0.32
Laranja	$5.019296 \cdot 10^{14}$	0.20

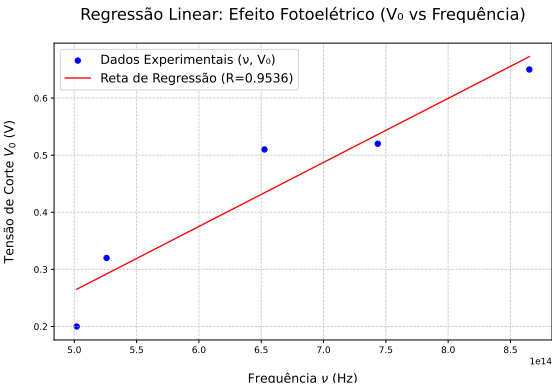


Figure 2: Resultados distribuidos graficamente

Dessa análise obteve-se a equação experimental:

**\*VER\* EQUAÇÕES**

Não sei da onde veio esses valores e essas equações.

$$e^- \cdot V_0 = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h - 4.76700997 \cdot 10^{-20}$$

$$\text{Sejam } e^- = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ e } V_0 = 0.65;$$

$$(1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot V_0 = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h - 4.76700997 \cdot 10^{-20}$$

$$15.16700997 \cdot 10^{-20} = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h$$

$$h = \frac{15.16700997}{8.651532} = 1.7531010658$$

=====

$$e^- \cdot V_0 = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h - 4.76700997 \cdot 10^{-20}$$

$$\text{Sejam } e^- = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ e } V_0 = 0.65;$$

$$(1.6 \cdot 10^{-19}) \cdot V_0 = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h - 4.76700997 \cdot 10^{-20}$$

$$15.16700997 \cdot 10^{-20} = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot h$$

$$h = \frac{15.16700997}{8.651532} = 1.7531010658$$

$$V_0 = 8.651532 \cdot 10^{14} \cdot v - 4.76700997 \cdot 10^{-20}$$

Multiplicando-se a equação acima pela carga elementar do elétron ( $e = 1.6 \cdot 10^{-19} [C]$ ), chega-se a:

$$K_{\max} = eV_0 = 1.7211 \cdot 10^{-34} v - 0.225054003 e$$

Considerando a expressão  $K_{\max} = h v - \Phi$ , determinam-se os valores da constante de Planck e da função trabalho do material:

$$h = 1.7211 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$$

$$\Phi = 0.225054003 e$$

Por fim, a frequência de corte é obtida quando  $K_{\max} = 0$ :

$$v_0 = 2.09218 \cdot 10^{14} Hz$$

## 5. ANALISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

*A. Sobre o valor da constante de Planck e potencial de retardo*

O valor teórico da constante de Planck é aproximadamente:

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$$

Ao comparar esse valor teórico com o resultado obtido experimentalmente, observa-se uma discrepância atribuível à sensibilidade da fotocélula e à dificuldade de isolar radiações de frequência única no sistema óptico. Apesar dessas limitações, o valor obtido mantém-se dentro da mesma ordem de grandeza esperada, validando a metodologia empregada.

Além disso, nota-se que materiais com maior potencial de retardo tendem a gerar resultados mais precisos, pois a diferença de potencial mais elevada permite a identificação mais nítida do ponto de corte fotoelétrico.

*B. Sobre a função trabalho e frequência de corte*

A função trabalho representa a energia mínima necessária para a ejeção de um elétron da superfície do material. Assim, ela constitui um parâmetro característico que permite identificar o material constitutivo da fotocélula.

A frequência de corte está diretamente relacionada à função trabalho, sendo definida como a frequência mínima do fóton capaz de causar a emissão eletrônica.

A física clássica não é capaz de explicar adequadamente o efeito fotoelétrico, pois este fenômeno exige a consideração da natureza dual da luz, que se manifesta tanto como onda quanto como partícula.

*C. Sobre a célula fotoelétrica e a relação de absorção de fótons na frequência de corte e a tensão medida.*

A luz incidente, ao atravessar uma janela de quartzo, incide sobre uma placa metálica, provocando a emissão de elétrons (fotoelétrons). Estes são coletados por um eletrodo metálico devido à diferença de potencial existente entre os dois condutores. Quando a tensão aplicada é suficientemente alta, todos os elétrons emitidos são coletados, resultando na saturação da corrente fotoelétrica.

A frequência de corte corresponde ao limiar abaixo do qual o efeito fotoelétrico não ocorre. Quando a radiação incidente possui frequência superior à de corte, cada fóton absorvido transfere sua energia a um elétron, causando sua ejeção imediata e originando uma corrente fotoelétrica mensurável.

## 6. Conclusão

O experimento permitiu a observação direta do efeito fotoelétrico e a comprovação empírica dos conceitos funda-

mentais da física quântica.

Verificou-se que a energia dos elétrons emitidos pela fotocélula depende exclusivamente da frequência da luz incidente, e não de sua intensidade, evidenciando o comportamento corpuscular da radiação.

A determinação da frequência de corte e da função trabalho demonstrou a coerência entre os resultados obtidos e a teoria proposta por Einstein.

Conclui-se, portanto, que as características observadas só podem ser explicadas considerando a dualidade da luz, que se propaga como onda, mas interage com a matéria como partícula — o fóton.

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. CESCHIN, Artemis M. Apostila de materiais eletricos e magneticos.
2. REZENDE, Sergio M. Materiais e Dispositivos Eletrônicos. 2ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.
3. HAYT, W. H. Jr. Eletromagnetismo. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995.