

## Efeito fotoelétrico

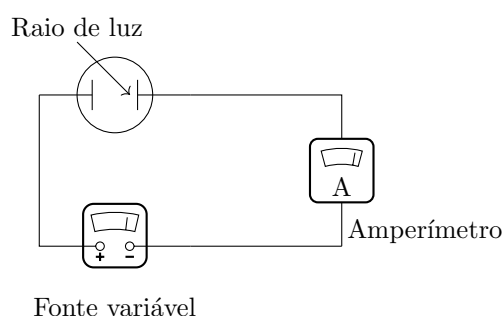
### INTRODUÇÃO

O efeito fotoelétrico é um fenômeno fundamental da física quântica que desempenhou um papel crucial no desenvolvimento da teoria moderna da luz e da matéria. Formalizado por Albert Einstein em 1905, esse efeito descreve a emissão de elétrons de uma superfície metálica quando iluminada por radiação eletromagnética de frequência suficientemente alta. Esse efeito demonstra que a luz é composta de pacotes de energia, fótons, sendo a energia de cada fóton da radiação eletromagnética de frequência  $f$  dada por  $E = hf$ . O fator constante  $h$  é uma constante fundamental conhecida como constante de Planck.

O efeito fotoelétrico é um fenômeno no qual elétrons são ejetados de uma superfície metálica quando expostos à luz. Se a energia do fóton for maior que a função trabalho do material  $\phi$ , os elétrons absorvem essa energia e são liberados da superfície. A função trabalho é a energia mínima necessária para extrair um elétron de um sólido. Então, quando a luz incide em um metal, cada fóton transfere toda sua energia a um único elétron, e se a energia remanescente for completamente transformada em energia cinética, a energia cinética máxima dos fotoelétrons ejetados será:

$$K_{\max} = hf - \phi, \quad (1)$$

Em um experimento como ilustrado na esquema abaixo, os fotoelétrons podem ser capturados ou desacelerados por um eletrodo com uma diferença de potencial em relação à placa metálica.



Assim, aplicando uma tensão  $V_0$ , chamada de tensão de freamento, ao elétron com  $K_{\max}$  dada pela Eq. (1), obtém-se que:

$$V_0 = \frac{h}{e}f - \frac{\phi}{e}, \quad (2)$$

sendo  $e$  a carga do elétron. A explicação desse fenômeno trouxe evidências experimentais da existência de *quantas* de luz, desafiando a visão clássica do eletromagnetismo e contribuindo para a consolidação da mecânica quântica. Em 1914, Robert Millikan confirmou experimentalmente essa relação, verificando que a energia dos fotoelétrons dependia da frequência da luz, enquanto a intensidade determinava apenas o número de elétrons emitidos, como previsto pela equação de Einstein.

### PRÉ-LAB

1. Se um feixe de luz vermelha e outro de luz azul (ambos com o mesmo volume) possuem exatamente a mesma energia, qual deles contém o maior número de fótons?
2. Por que a luz que incide numa superfície metálica ejeta apenas elétrons, e não prótons?
3. Um fóton - qualquer fóton - pode ser completamente absorvido por um elétron livre? (Dica: considere a conservação do momento e da energia.)

### PROCEDIMENTOS

#### Preparo:

1. Mantenha tampadas as janelas da saída da fonte de luz e da entrada do fotodiodo. Ajuste a distância entre o gabinete da fonte de luz e o gabinete do fotodiodo para que o espaçamento fique entre 30,0 cm e 40,0 cm.
2. Ligue a lâmpada, a fonte de alimentação variável e o amplificador de corrente. Deixe a fonte de luz e os aparelhos aquecerem por 10 minutos.
3. Na fonte de alimentação, ajuste a faixa de tensão para -4,5 V - 30 V. No amplificador, gire o interruptor *CURRENT RANGES* para  $10^{-11}$  A.
4. Pressione o botão *SIGNAL* para a posição *CALIBRATION*. Ajuste a *CURRENT RANGES* até que o amplificador mostre que uma corrente igual a zero. Pressione o botão *SIGNAL* novamente para que ele se mova para a posição *MEASURE* deixando o sistema pronto para medir.

#### Medida 1: Frequência constante e intensidade variando

5. Ajuste a abertura da fonte de luz para 2 mm. Em seguida, gire a roda do filtro e selecione o filtro de 436 nm. Remova a tampa da janela da fonte de luz. *Atenção com a torre da fonte de luz que encontra-se muito quente.*
6. Ajuste o botão *VOLTAGE ADJUST* (-4,5 V - 30 V) até que a corrente no amperímetro seja zero. Aumentando a tensão em pequenas quantidades (2 V, por exemplo), registre os valores de tensão e corrente.
7. Repita o procedimento anterior para as aberturas de 4 mm e 8 mm.

#### Medida 2: Frequência variando e intensidade constante

8. Ajuste a abertura da fonte de luz para 4 mm. Em seguida, gire a roda do filtro e selecione o filtro de 365 nm.
9. Ajuste o botão *VOLTAGE ADJUST* (-4,5 V - 30 V) até que a corrente no amperímetro seja zero. Aumentando a tensão em pequenas quantidades (2 V, por exemplo), registre os valores de tensão e corrente.
10. Tampe a saída da fonte de luz, selecione o filtro de 405 nm. Remova a tampa e repita o procedimento anterior.

11. Repita o procedimento anterior usando o filtro de 436 nm.

### PÓS-LAB

1. Faça os gráficos de corrente (eixo y) versus tensão (eixo x) para cada uma das três aberturas usadas na Medida 1. Analisando os gráficos responda: (1) Por que a tensão de freamento é a mesma para as três medidas? (2) Por que a corrente máxima permanece constante com o aumento da tensão? (3) Por que a corrente máxima depende da intensidade da luz incidente no fotodiodo?
2. Faça os gráficos de corrente (eixo y) versus tensão (eixo x) para cada um das três linhas espectrais usadas na Medida 2: 365 nm, 405 nm e 436 nm. Para cada caso encontre o potencial de freamento e faça o gráfico de  $V_0$  (eixo y) versus frequência (eixo x). Realize o ajuste linear aos pontos e compare com a Eq. (2) para determinar a constante de Planck  $h$  e a função trabalho  $\phi$ . Qual é o elemento químico do fotodiodo?