

MINISTÉRIO DA DEFESA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
(REAL ACADEMIA DE ARTILHARIA, FORTIFICAÇÃO E DESENHO, 1972)

LABORATÓRIO DE FÍSICA  
FÍSICA EXPERIMENTAL III  
EXPERIMENTO:

EFEITO FOTOELÉTRICO

PROFESSOR: Daniel Reyes Lopez

TURMA: 3(A)

COMPONENTES DO GRUPO:  
Ana **Carolina** Accioly Monteiro  
Ana Luiza **Buse** da Silva  
**Diene** Xie  
**Maria Júlia** Costa Medeiros

Rio de Janeiro  
2019

## **SUMÁRIO**

<b>RESUMO</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUÇÃO TEÓRICA</b>	<b>3</b>
<b>2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E OBJETIVOS</b>	<b>6</b>
2.1. Materiais Utilizados:	6
2.2. Montagem e Procedimento:	6
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>7</b>
3.1. Dependência da tensão de corte e a frequência incidente	7
3.2. Determinação da constante de Planck	8
3.3. Erro percentual	8
<b>4. CONCLUSÃO</b>	<b>9</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>10</b>

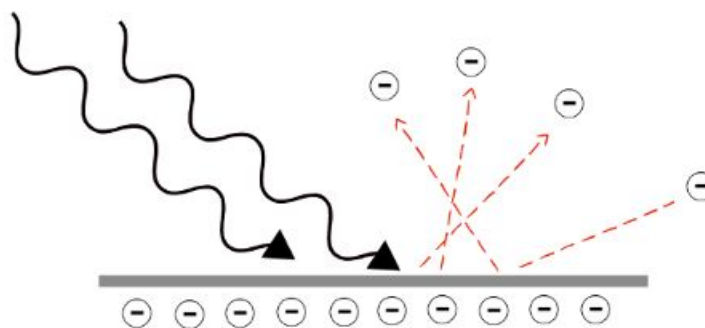
## **RESUMO**

O efeito fotoelétrico é um processo que explica a emissão de elétrons de alguns materiais quando são iluminados por determinadas radiações com frequências específicas. É um fenômeno bastante estudado pela física quântica.

Neste experimento será calculado experimentalmente o valor da constante de Planck. O erro experimental calculado não é significativo, pois estamos trabalhando com valores na ordem de  $10^{-34}$ .

## 1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons de um material exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os pacotes de luz, chamados de fótons, transferem energia para os elétrons. Se esta quantidade de energia for maior do que a energia mínima necessária para se arrancar os elétrons, estes serão arrancados da superfície do material, formando uma corrente de fotoelétrons.



**Figura 1.** Modelo esquemático do efeito fotoelétrico.

A energia de cada fóton depende de sua frequência ( $f$ ), portanto, existe uma frequência mínima necessária para arrancar os elétrons do material. A energia mínima que cada fóton deve ter para promover o efeito fotoelétrico é chamada de função trabalho. A equação a seguir permite calcular a energia de um único fóton de frequência  $f$ :

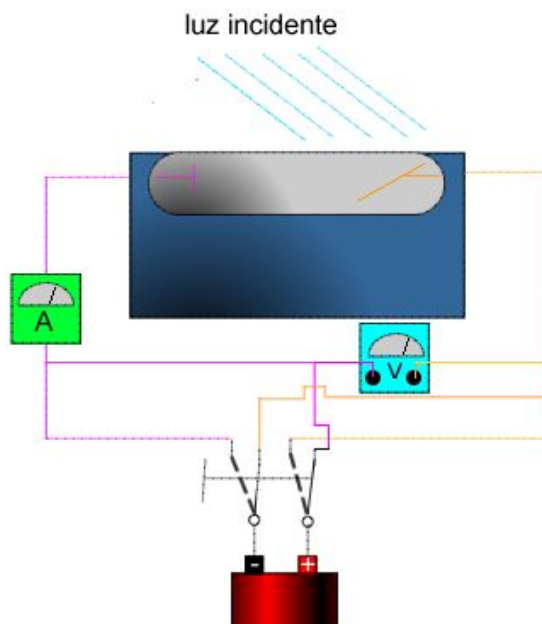
$$E = hf \quad \text{Equação 1}$$

Na equação acima,  $h$  é uma constante física chamada constante de Planck, de valor igual a  $6,6260 \cdot 10^{-34} \text{ J}$ . A energia cinética que o elétron adquire após ser atingido por um fóton é determinada pela diferença da energia do fóton com a função trabalho ( $\Phi$ ):

$$E_{\text{elêtron}} = hf - \Phi \quad \text{Equação 2}$$

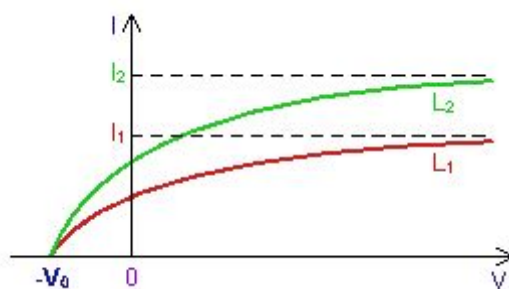
A função trabalho é uma característica de cada material e depende do quão ligados estão os elétrons no material.

Um estudo sistemático do efeito fotoelétrico pode ser realizado com o dispositivo representado na figura abaixo. A luz penetra no tubo evacuado. Os elétrons emitidos pelo cátodo são acelerados pela diferença de potencial ajustável  $V$ . O amperímetro mede a corrente  $I$ . A chave de inversão permite aplicar valores negativos de  $V$ , no qual caso os elétrons estão sendo freados após emissão.



**Figura 2.** Dispositivo para estudo do efeito fotoelétrico

Resultados típicos estão mostrados na figura abaixo.



**Figura 3.** Efeito fotoelétrico: variação da corrente com a voltagem, para dois valores da intensidade luminosa.

Para um dado valor da intensidade luminosa  $L$ , observa-se que a corrente aumenta com a voltagem, alcançando um valor de saturação. Podemos interpretar este resultado como indicando que, se a voltagem for suficiente, todos os elétrons, até mesmo aqueles que saem do catodo com pouquíssima energia, conseguem chegar até o coletor.

Observa-se também que, para zerar a corrente, é necessário aplicar uma voltagem negativa  $-V_c$ . Nesta situação, nem mesmo os mais energéticos dos elétrons emitidos conseguem chegar até o coletor. Se denotamos por  $K_{max}$  a energia cinética máxima dos elétrons ao serem expelidos do material, tem se a relação:

$$K_{max} = eV_c \quad \text{Equação 3}$$

Se aumentarmos a intensidade da luz, sem modificar a sua frequência, observamos que a corrente de saturação aumenta na mesma proporção. Já o valor do potencial de corte  $V_c$  permanece o mesmo. Este fato é surpreendente do ponto de vista das idéias clássicas, pois seria de se esperar que uma maior intensidade da luz - maior campo eletromagnético - levasse a uma maior força aplicada a um elétron no material e portanto permitiria uma maior energia final deste.

Outro fato surpreendente é que não se observa nenhum atraso no estabelecimento da corrente em relação ao começo da exposição do material à luz, mesmo para luz de intensidade muito baixa. Não é difícil estimar, na base das ideias clássicas, que tal atraso deveria ser facilmente observável.

Igualando as equações 2 e 3, que mostram a energia de um elétron, obtemos a seguinte equação:

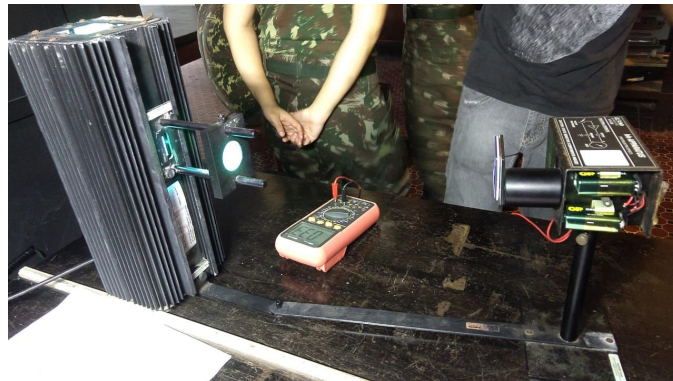
$$E_{el\acute{e}tron} = hf - \Phi = eV_c$$
$$V_c = \frac{hf - \Phi}{e}$$

Equação 4

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS E OBJETIVOS

### 2.1. Materiais Utilizados:

- a) h/e apparatus para o efeito fotoelétrico
- b) Fonte de luz de mercúrio
- c) Voltímetro
- d) Filtros: um verde e um amarelo



**Figura 4 .** Montagem do experimento.

### 2.2. Montagem e Procedimento:

O equipamento foi montado como na figura acima. Como era observado cinco cores do espectro da luz de mercúrio, o aparelho era ajustado de forma que apenas uma das cores coincide com a abertura, e assim, se anotava o potencial medido pelo voltímetro para aquela determinada cor. Caso fosse analisada o espectro amarelo ou o verde, utilizava-se também o filtro.

Dessa forma, foi possível construir uma tabela com os potenciais de corte para cada cor com sua frequência. Através desses dados, o gráfico de potência de corte versus frequência foi elaborado e calculado o coeficiente angular, que determinaria a constante de Planck.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

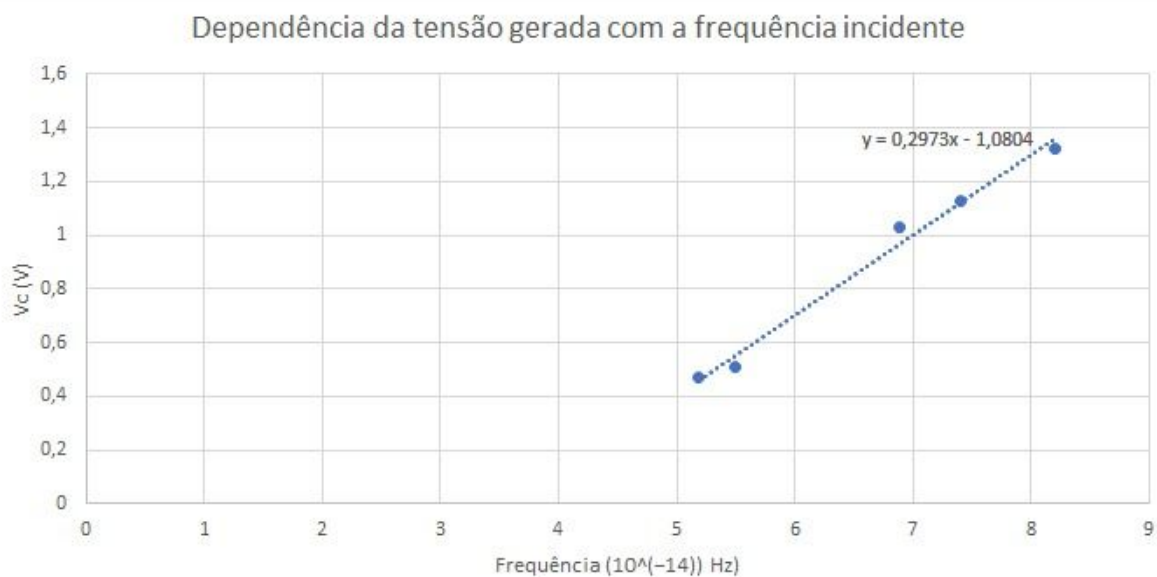
#### 3.1. Dependência da tensão de corte e a frequência incidente

Para verificar a dependência da tensão de corte ( $V_C$ ) de cada cor com a sua frequência ( $f$ ), utiliza-se um multímetro para obter a tensão, cujos valores foram listados na tabela abaixo.

**Tabela 1.** Relação entre a frequência e a tensão de corte de cada cor.

cor	$f(10^{-14}Hz)$	$V_C(V)$
Amarelo	5,19	0,47
Verde	5,49	0,51
Azul	6,88	1,03
Violeta	7,41	1,13
Ultravioleta	8,20	1,32

A partir dos dados da tabela, obteve-se o seguinte gráfico, utilizando excel:



**Gráfico 1.** Gráfico da tensão de corte obtida pela frequência da cor.

Utilizando regressão linear, obteve-se a reta apresentada no gráfico e sua respectiva equação:

$$V_C = 0,2973 \cdot f - 1,0804$$

Equação 5



### 3.2. Determinação da constante de Planck

A partir da equação 4:

$$V_C = \frac{hf}{e} - \frac{\Phi}{e}$$

Temos que  $h/e$  é o coeficiente angular da reta obtida no gráfico. Então:

$$\Rightarrow 0,2973 \cdot 10^{-14} = h/1,602 \cdot 10^{-19}$$

$$\Rightarrow h = 4,7627 \cdot 10^{-34} J$$

### 3.3. Erro percentual

Para calcular o erro percentual da constante de planck obtida, fazemos a razão entre a diferença entre a constante teórica e a experimental pela teórica.

$$\text{erro} = \frac{(h_{\text{teórico}} - h_{\text{experimental}})}{h_{\text{teórico}}} (h_{\text{teórico}} - h_{\text{experimental}})/h_{\text{teórico}}$$

Equação 5

$$\text{erro} = 6,6260 \cdot 10^{-34} - 4,7627 \cdot 10^{-34} / 6,6260 \cdot 10^{-34} = 28,12\%$$

Apesar do erro aparentemente grande, o resultado já é satisfatório pois obteve-se a mesma ordem de grandeza do valor teórica.

#### 4. CONCLUSÃO

Foi possível ver neste experimento que de fato o efeito fotoelétrico ocorre. Por meio dos dados coletados foi possível calcular a constante de Planck. Apesar de ter um erro experimental de aproximadamente 28% o experimento continua sendo válido e com resultados bons, pois a constante de Planck possui ordem de  $10^{-34}$  e, portanto, o erro não é significativo.

Os possíveis fatores que causaram esse erro experimental são: montagem do experimento com imperfeições, materiais gastos e imprecisões do olho humano ao ajustar o aparelho de forma que coincidissem com apenas uma cor. Além disso, não tinha filtros de cores sem ser verde ou amarelo.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] HALLIDAY, D; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**. Vol.4, 10a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- [2] TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Vol.3 - Física Moderna: Mecânica Quântica, Relatividade e Estrutura da Matéria, 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- [3] PASCO SCIENTIFIC. **Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific Model AP-9368 and AP-9369**. Disponível em: [http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/phys230/manuals/exp3\\_photoelectric\\_effect.pdf](http://www.fen.bilkent.edu.tr/~mb/phys230/manuals/exp3_photoelectric_effect.pdf). Acesso em 17 de agosto de 2019.
- [4] HELERBROCK, R. **"O que é efeito fotoelétrico?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm>. Acesso em 17 de agosto de 2019.