

---

---

# EFEITO FOTOELÉCTRICO

---

---

## 1. Resumo

Neste trabalho pretende-se efectuar a verificação experimental do efeito fotoelétrico e, partindo daí, determinar o valor de uma das constantes fundamentais da natureza, a constante de Planck,  $h$ .

## 2. Tópicos Teóricos

O efeito fotoelétrico foi observado pela primeira vez por Hertz em 1887 mas só em 1905 Einstein apresentou uma explicação física plausível do mesmo, confirmada por Millikan em 1916. Os trabalhos de Einstein neste domínio valeram-lhe o Prémio Nobel da Física de 1921.

Uma lâmpada normal fornece-nos uma fonte de luz não monocromática. Esta luz incide num filtro de modo que obtemos um feixe luminoso idealmente monocromático e de comprimento de onda conhecido o qual incide na célula fotoelétrica. Em consequência, um certo número de electrões (fotoelectrões) irão captar fotões incidentes e libertar-se-ão do metal se a energia dos fotões,  $h\nu$ , for igual ou superior a um valor característico do metal, a função de trabalho  $\omega$ . O excesso de energia do fotão relativamente a  $\omega$  é transmitida ao fotoelectrão sob a forma de energia cinética. Devido à diferença de potencial (ddp) existente entre o ânodo e o cátodo, existe um campo eléctrico nesta região do espaço pelo que os fotoelectrões vão se deslocar sob a acção de uma força eléctrica em direcção ao ânodo. A intensidade de corrente devida aos fotoelectrões (fotocorrente) varia com a diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo tal como se mostra na figura 2.1.

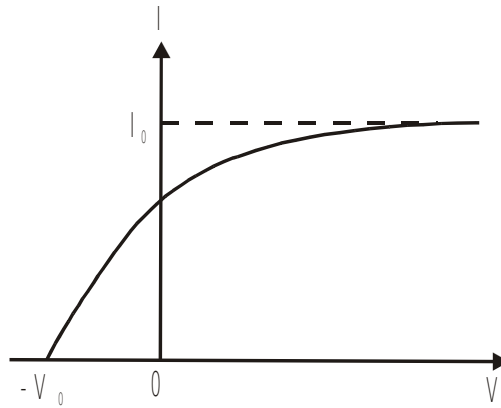


Fig. 2.1 – Gráfico da fotocorrente I em função da diferença de tensão aplicada.

Com o aumento da diferença de potencial  $V$  a intensidade da corrente aumenta até atingir um valor máximo para o qual todos os fotoelectrões são colectados no ânodo. Para uma diferença de potencial nula existem sempre fotoelectrões a atingir o ânodo devido à energia cinética dos mesmos. Assim, para que a fotocorrente seja anulada é necessário inverter a diferença de potencial aplicada. O valor para o qual isto sucede,  $V_0$ , é designado de potencial de travagem (ou de corte). Este valor está relacionado com a energia cinética máxima ( $E_{C,max}$ ) dos electrões arrancados à placa metálica da seguinte forma:

$$eV_0 = E_{C,max} \tag{2.1}$$

De acordo com a teoria do efeito fotoeléctrico desenvolvida por Einstein em 1905, a energia cinética máxima dos fotoelectrões emitidos por um metal onde incide luz, é dada por

$$E_{C,max} = h\nu - \omega \tag{2.2}$$

onde  $\nu$  representa a frequência da radiação electromagnética,  $h$  a constante de Planck ( $h = 6.6260755 \cdot 10^{-34}$  J·s).

Assim, para a determinação da constante de Planck pode recorrer-se ao efeito fotoeléctrico. De acordo com as equações 2.1 e 2.2 obtemos:

$$eV_0 = h\nu - \omega \Leftrightarrow V_0 = \frac{h}{e} \nu - \frac{\omega}{e} \Rightarrow Y = aX + b \tag{2.3}$$

A ddp de travagem dos electrões é uma função linear da frequência do fotão. Desta forma o

declive do gráfico  $V_0$  por  $\nu$  tem por declive  $h/e$ , e daqui podemos determinar o valor  $h$ .

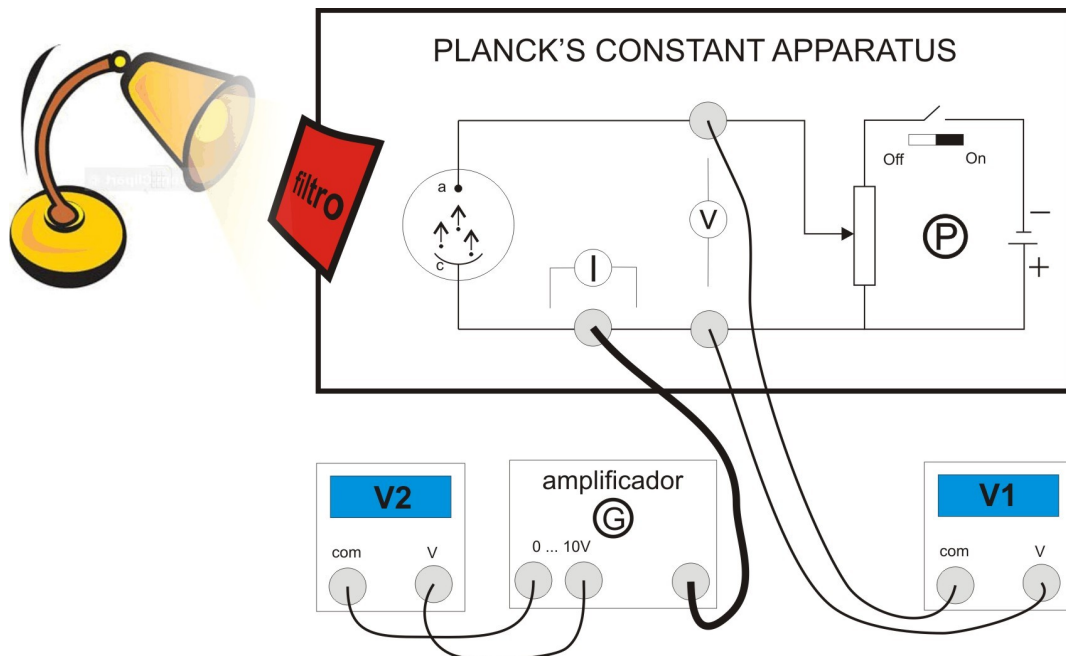
### 3. Material

- Caixa com célula fotoelétrica (Cs-Sb)
- Amplificador
- 2 voltímetros
- Lâmpada normal
- Lâmpada de vapor de mercúrio
- Fonte de alimentação
- Filtros coloridos
- Filtros de banda estreita

### 4. Procedimento experimental

A célula fotoelétrica de que dispomos tem incorporada uma pilha eléctrica que nos permite ajustar  $V_0$  ao valor necessário (corte da fotocorrente). O valor do potencial de travagem pode ser lido ligando um voltímetro aos terminais adequados disponíveis na própria célula.

Esquema da montagem:



Numa célula fotoelétrica os electrões arrancados ao cátodo (c) por acção da luz atingem o ânodo (a). Um potenciómetro (P) permite ajustar o potencial de corte  $V_0$  medido pelo voltímetro (V1) por forma a anular a fotocorrente. Para se fazer o ajuste de  $V_0$  é necessário saber com

precisão quando a fotocorrente se anula. Para isso recorreremos a um amplificador com ajuste de ganho variável (G). A leitura da fotocorrente é feita em termos de uma diferença de potencial proporcional à corrente medida sendo para isso ligado um voltímetro aos terminais adequados do amplificador (V2).

#### 4.1 Medições experimentais

##### Luz visível e filtros coloridos

- 4.1.1 Com a experiência montada de acordo com o esquema, fazer incidir a luz da lâmpada normal sobre a janela da célula.
- 4.1.2 Colocar um filtro sobre a janela da célula.
- 4.1.3 Ligar a tensão de paragem  $V$ , reduzindo-a a zero. Verificar que há produção de corrente pela célula fotoelétrica e aguardar que esta estabiliza.
- 4.1.4 Aumentar a tensão de paragem até que a corrente emitida pela célula se reduza a zero. Recorrer ao ajuste de ganho variável do amplificador (G) de forma a obter um valor preciso. Registrar o valor da tensão de corte  $V_0$  para o filtro usado.
- 4.1.5 Repetir para todos os filtros coloridos disponíveis

##### Lâmpada de vapor de mercúrio e filtros de banda estreita

- 4.1.6 Repetir a mesma experiência mas numa sala escurecida. Fazer a luz da lâmpada de vapor incidir verticalmente, a uma distância de 10-20 mm, sobre a janela da célula. Repetir para todos os filtros de banda estreita disponíveis.

Filtro	Comprimento de onda
<i>Deep Blue</i>	436 nm
<i>Green</i>	546 nm
<i>Orange</i>	578 nm

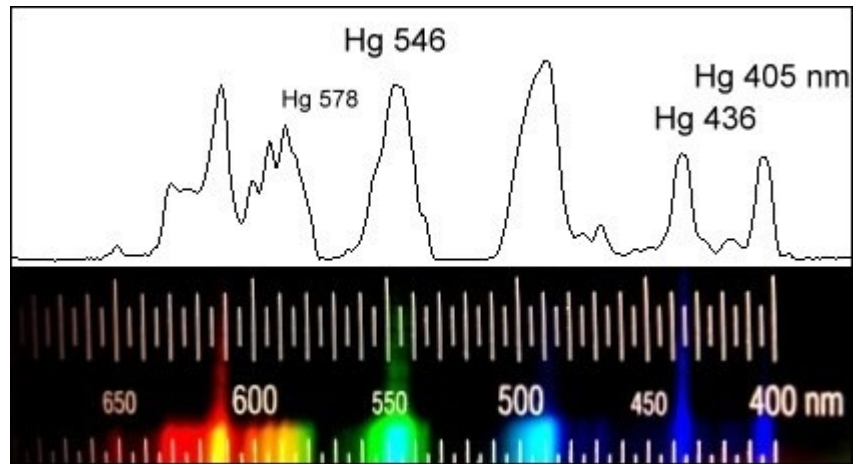


Figura 4.1 Espectro da lâmpada de vapor de mercúrio

### 4.2 Exercício

4.2.1 Para cada banda de passagem calcular o valor médio da frequência.

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \text{ onde } c = \text{velocidade da luz no vácuo} \approx 300 \times 10^6 \text{ m/s}$$

4.2.2 Traçar o gráfico da ddp de paragem (eixo YY) em função da frequência média da banda de passagem do filtro (eixo XX). Fazer um ajuste linear aos dados e obter a constante de Planck, tomando para o valor da carga do electrão

$$e = 1.602177 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

4.2.3 Obter a função de trabalho e determinar, numa aproximação, de que elemento é maioritariamente constituída a célula fotoelétrica.

Elemento	$\omega$ [eV]
Césio (Cs)	1.96
Sódio (Na)	2.06
Zinco (Zn)	3.08
Berílio (Be)	3.17
Cádmio (Cd)	3.68
Antimónio (Sb)	4.01
Tungsténio (W)	4.25

Tabela 4.1 Função de trabalho de vários elementos