

**ESCOLA SECUNDÁRIA FILIPA DE VILHENA**

**Utilização e Organização dos Laboratórios Escolares**

**Actividade Laboratorial – Física 12º Ano**



**Característica de um LED e determinação da constante de Planck**

(Actividade opcional - não faz parte das actividades sugeridas no Programa)

(PROFESSOR)

**Maria Noémia Pires Maciel Barbosa Soares**

**Junho/Julho de 2010**

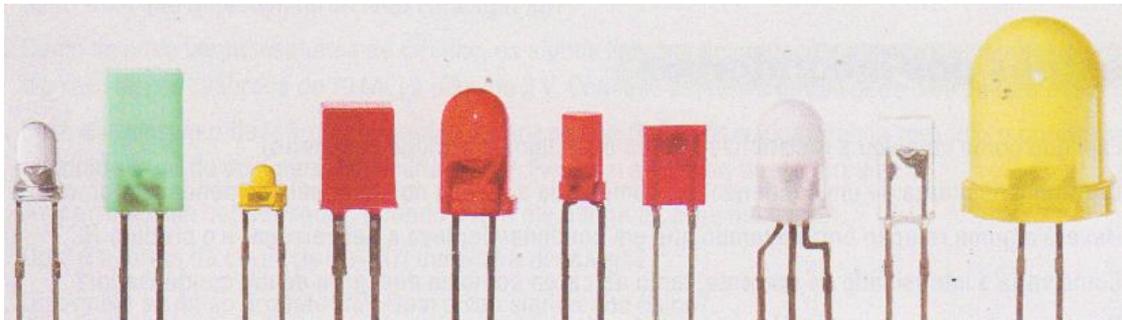


## **Actividade Laboratorial – Característica de um LED e determinação da constante de Planck**

### **Objectivos do trabalho**

- Traçar a curva característica de um LED,  $U = f(I)$ ;
- Determinar a constante de Planck a partir da característica tensão-intensidade da corrente de um LED.

### **Introdução teórica**



Vários tipos de LED

Nos **díodos emissores de luz** (LED) usa-se o efeito oposto ao efeito fotoeléctrico para produzir luz.

Um LED é formado por dois semicondutores do tipo  $p$  e  $n$ . Quando se liga a fonte de corrente, produz-se um potencial maior no semicondutor  $p$  e a corrente circula através do LED produzindo **luz monocromática**.

A carga electrostática que os portadores de carga perdem na passagem da interface entre os dois semicondutores é transformada em luz. Essa energia corresponde à diferença entre a de dois níveis de energia no semicondutor e tem um valor específico determinado, próprio dos semicondutores usados no LED.

A energia de cada fotão é directamente proporcional à frequência da luz.

$$E = h f$$

onde  $h$  é a constante de Planck, cujo valor é  $6,626 \times 10^{-34}$  J s.

Consequentemente, os fotões emitidos no LED terão todos, aproximadamente, a mesma frequência, igual à diferença entre dois dos níveis de energia envolvidos, dividida pela constante de Planck. Isso implica que o LED emita luz monocromática.

Quando circula corrente no LED, cada carga de condução que atravessa a interface do LED perderá uma energia correspondente à energia de um fóton.

Sendo a energia eléctrica de um electrão de condução ( $e \varepsilon$ ) convertida na energia de um fóton ( $h f$ ), temos a seguinte relação:

$$e \varepsilon = h f \Leftrightarrow e \varepsilon = \frac{h c}{\lambda} \quad (1)$$

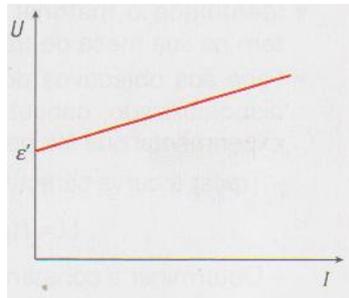
onde  $e$  é a carga elementar,  $c$  é a velocidade da luz no vazio e  $\lambda$  é o comprimento de onda da luz emitida.

Resolvendo a equação (1) em ordem a  $h$ , tem-se:

$$h = \frac{e \varepsilon \lambda}{c}$$

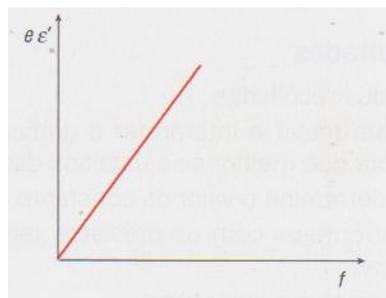
Portanto, é possível calcular a constante de Planck a partir desta expressa, se se obtiver experimentalmente o  $\varepsilon$  e o valor de  $\lambda$  retirado de uma tabela.

A curva característica de um LED,  $U = f(I)$ , será semelhante à característica de um receptor, portanto, uma recta, com ordenada na origem e declive positivo.



A ordenada na origem é a força contra-electromotriz,  $\varepsilon$ , do LED.

Se a experiência for repetida com LED de diferentes cores, verifica-se que a energia de um electrão de condução é directamente proporcional à frequência da luz emitida pelos LED, sendo a constante de proporcionalidade a **constante de Planck**.



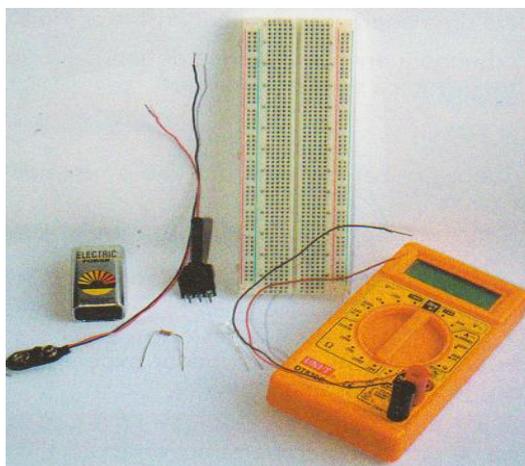
**Verificar significados...**

Escrever **breves descrições** dos seguintes termos:

termo	breve descrição
díodo emissor de luz	dispositivo electrónico semiconductor, com dois terminais, que emite luz quando é polarizado em modo directo, passando corrente eléctrica através dele apenas num sentido.
constante de Planck	constante de proporcionalidade entre um <i>quantum</i> de energia e a frequência de um oscilador.
força contra-electromotriz	energia eléctrica que um receptor transforma noutras formas de energia, por unidade de carga eléctrica que atravessa o receptor.
potenciómetro	o mesmo que reóstato – dispositivo com resistência que pode ser variada continuamente entre 0 e um valor máximo, fazendo deslizar ou rodar um botão.
efeito fotoeléctrico	emissão de electrões por um material, causada por um feixe de luz.
semicondutor	material com condutividade eléctrica maior que a de um isolador e menor que a de um condutor e que pode variar em função do campo eléctrico.
fotão	partícula elementar constituinte da luz e de qualquer outra onda electromagnética.

**Procedimento**

Fazer uma lista do material a utilizar (por grupo de trabalho), tendo em conta a figura seguinte:



Lista de material:

descrição	Quantidade/por grupo de trabalho
LED (díodo emissor de luz)	1
potenciómetro (da ordem dos k $\Omega$ )	1
Resistência (de aproximadamente 1 k $\Omega$ )	1
multímetros	2
pilha de 9 V	1

fios de ligação e crocodilos	vários
breadboard (placa para estabelecer as ligações)	1

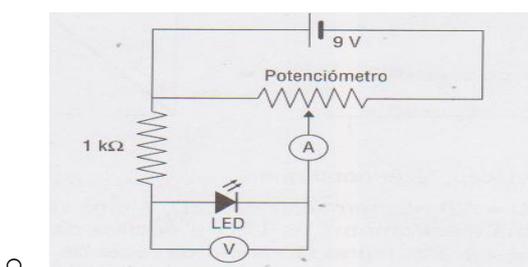
### Registo e análise dos resultados

- Apresente em tabela os dados recolhidos.
- Use a calculadora gráfica para traçar e interpretar o gráfico  $U = f(I)$  nos terminais do LED, assim como para traçar a recta que melhor se ajusta aos dados experimentais.
- Com os resultados obtidos, determine o valor da constante de Planck.
- Analise os resultados e confronte-os com os previstos teoricamente, apresentando explicações para eventuais diferenças.
- Indique possíveis causas de erros experimentais.
- Elabore o relatório escrito do trabalho laboratorial que realizou.

Tabela com as cores associadas a alguns semicondutores usados actualmente		
Semicondutor	Cor da luz	Comprimento de onda
Arseniato de gálio e alumínio	Infravermelho	880 nm
Arseniato de gálio e alumínio	Infravermelho	645 nm
Fosfato de alumínio, índio e gálio	Amarelo	595 nm
Fosfato de gálio	Verde	565 nm
Nitreto de gálio	Azul	430 nm

### Um possível procedimento experimental

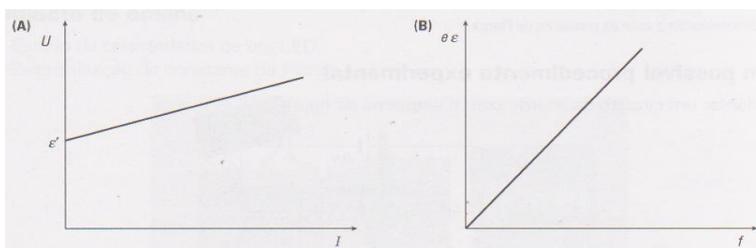
- Montar um circuito de acordo com o esquema da figura:



- Medir os valores da diferença de potencial e da intensidade da corrente, no LED, para diferentes valores de resistência introduzidos no circuito com o potenciómetro. (Nota: a resistência que se intercala em série com o LED é uma resistência de protecção para evitar que o LED queime – um LED queima com facilidade se a corrente ultrapassar os 30 mA).
- Registrar os valores obtidos numa tabela.
- Com recurso à calculadora gráfica, traçar o gráfico da característica tensão-corrente,  $U = f(I)$ , do LED.

- A partir da recta que melhor se ajusta aos resultados experimentais, determinar o valor da força-contraelectromotriz,  $\varepsilon$ , do LED.
- Com os resultados obtidos e consultando a tabela com os comprimentos de onda,  $\lambda$ , da luz dos LED de diferentes cores, calcular a constante de Planck.
- Analisar os resultados obtidos e confrontá-los com previsões teóricas.

### Interpretação dos gráficos que permitem estabelecer relações entre as variáveis



$e \varepsilon$

Com base na sua interpretação, fazer notar que:

- O **gráfico A**, gráfico  $U = f(I)$  nos terminais do LED, é uma **recta** com ordenada na origem igual à força contra-electromotriz do LED e declive da recta igual à resistência interna do LED

$$(U = \varepsilon + r \cdot I)$$

Por regressão linear da recta de ajuste aos valores experimentais, determina-se o valor da ordenada na origem que é a força contra-electromotriz,  $\varepsilon$ .

- O **gráfico B**, que relaciona a energia de um electrão de condução ( $e \varepsilon$ ) com a frequência do fóton emitido, é uma **recta**; mostra que estas grandezas são directamente proporcionais, sendo a constante de proporcionalidade a constante de Planck.

### Análise dos resultados e sua confrontação com os previstos teoricamente

- Com o material e equipamento propostos e uma utilização correcta dos mesmos, é possível atingir os objectos sugeridos na actividade.

- Os resultados que se obtêm são, em geral, bastante bons. Consegue-se obter um valor para a constante de Planck com um erro de apenas 5% em relação ao valor actualmente aceite.