

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)

Maria Noémia Pires Maciel Barbosa Soares

Junho/Julho de 2010

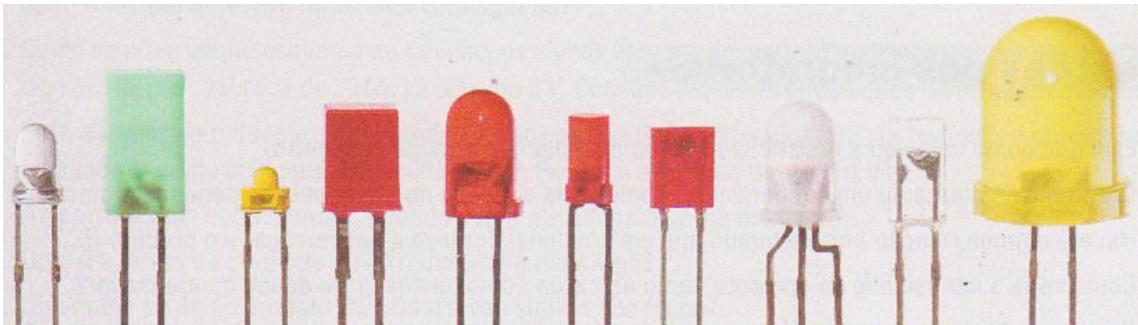


Actividade Laboratorial – Característica de um LED e determinação da constante de Planck

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 fotão.

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

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

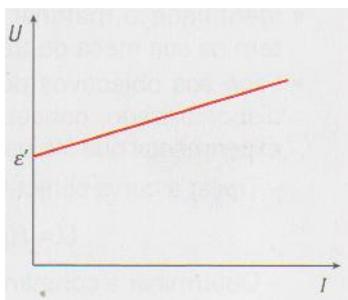
onde e é a carga elementar, c é a velocidade da luz no vazio e λ é o comprimento de onda da luz emitida.

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

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

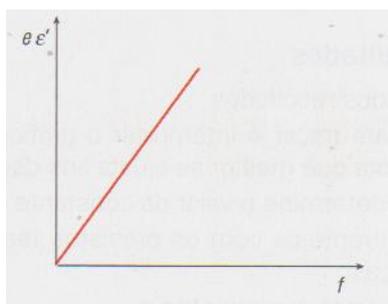
Portanto, é possível calcular a constante de Planck a partir desta expressa, se se obtiver experimentalmente o ε e o valor de λ retirado de uma tabela.

A curva característica de um LED 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, ε , 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**.



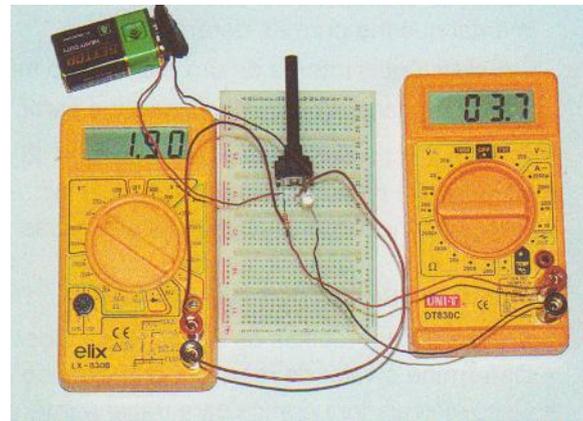
Verificar significados...

Escrever **breves descrições** dos seguintes termos:

termo	breve descrição
díodo emissor de luz	
constante de Planck	
força contra-electromotriz	
potenciómetro	
efeito fotoeléctrico	
semicondutor	
fotão	

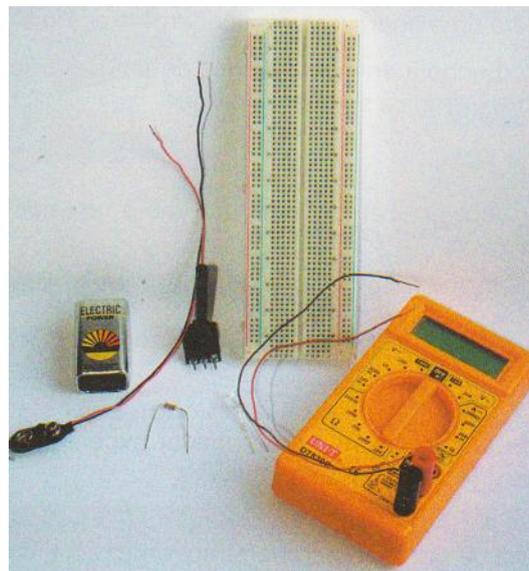
Procedimento

Esquema da montagem a fazer:



Lista de material:

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



Lista de material	
descrição	quantidade

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

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

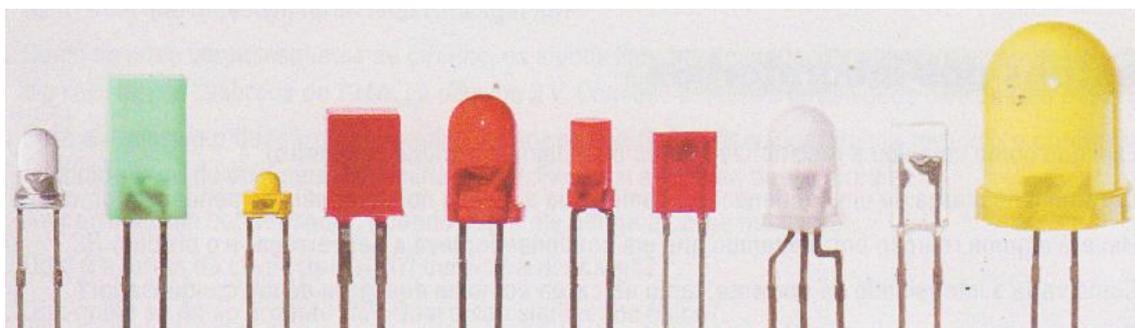


Actividade Laboratorial – Característica de um LED e determinação da constante de Planck

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:

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

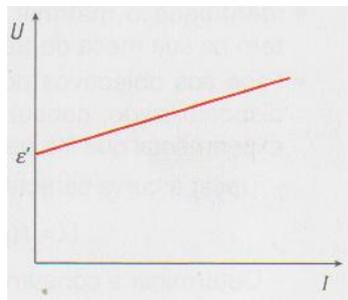
onde e é a carga elementar, c é a velocidade da luz no vazio e λ é o comprimento de onda da luz emitida.

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

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

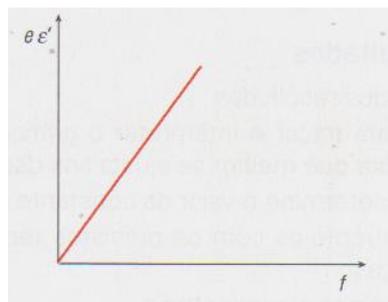
Portanto, é possível calcular a constante de Planck a partir desta expressa, se se obtiver experimentalmente o ε e o valor de λ retirado de uma tabela.

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, ε , 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**.



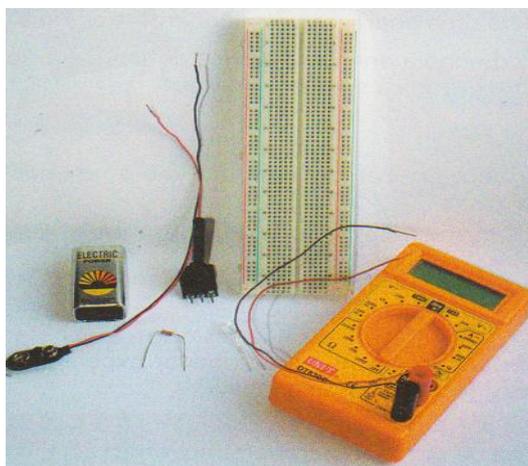
Verificar significados...

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 Ω)	1
Resistência (de aproximadamente 1 k Ω)	1
multímetros	2
pilha de 9 V	1
fios de ligação e <i>crocodilos</i>	vários
<i>breadboard</i> (placa para estabelecer as ligações)	1

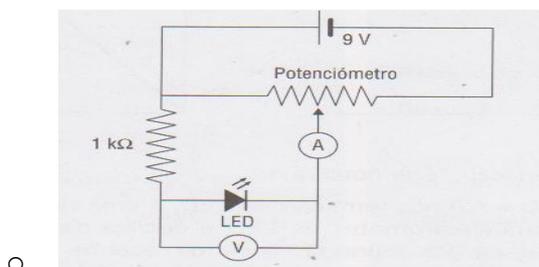
Registo e análise dos resultados

- 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

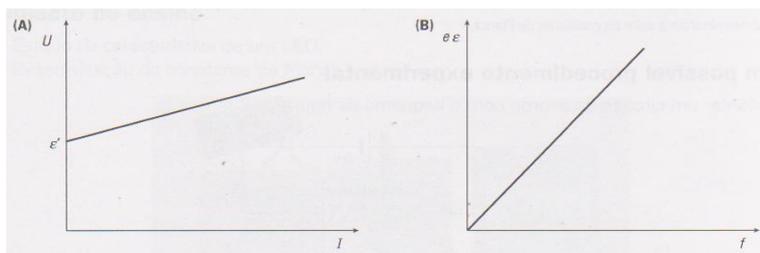
- Montar um circuito de acordo com o esquema da figura:



- 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).
- Registar 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, ε , do LED.

- Com os resultados obtidos e consultando a tabela com os comprimentos de onda, λ , 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



$e\epsilon$

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

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

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

- O **gráfico B**, que relaciona a energia de um electrão de condução ($e\epsilon$) 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.