

Díodos Emissores de Luz (LED) e a constante de Planck

OBJECTIVO

Os objectivos desta experiência são:

- Determinar o comprimento de onda da luz emitida por um LED
- Determinar a constante de Planck

INTRODUÇÃO

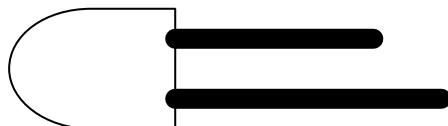
Os díodos emissores de luz ou LED (de *Light Emitting Diode*) emitem luz quando são percorridos por uma corrente eléctrica. Esta emissão de luz ocorre quando electrões transitam entre estados de diferentes energias ao passarem na junção entre os dois tipos (*n* e *p*) do material semicondutor de que é feito o díodo. A diferença de energia entre estes estados é uma propriedade do material semicondutor. Num díodo, a passagem de corrente só é significativa quando o díodo é polarizado no sentido directo (corrente eléctrica convencional do lado *p* para *n*) e, nestas condições, ocorre a emissão de luz. Na polarização directa é aplicada uma diferença de potencial *V* e, para que um electrão atravesse a junção semicondutora, é necessário realizar um certo trabalho *W*. Este trabalho é convertido, em grande parte, na energia dos fotões emitidos. No entanto, há pequenas perdas de energia, devidas ao efeito de Joule e processos que ocorrem no interior da junção, que têm um valor praticamente constante para LEDs dum mesmo tipo quando **atravessados por uma mesma corrente eléctrica**. Nestas condições,

$$W = E_f + k ,$$

onde *E_f* é a energia do fotão emitido e *k* uma constante que representa outras perdas de energia.

A luz emitida por um LED é praticamente monocromática. É possível fabricar LEDs que emitem luz de diferentes cores, alterando a composição química do material semicondutor. Os LEDs mais comuns são feitos de ligas de gálio, arsénio e alumínio. Alterando a proporção de gálio e alumínio é possível fabricar LEDs que emitem várias cores na gama do visível e do infravermelho.

Os LEDs comerciais são fornecidos com o material semicondutor encapsulado (plástico) e com dois terminais, sendo o mais longo o positivo (lado *p*).



Para determinar o comprimento de onda, λ , da luz emitida por um LED podemos usar uma rede de difracção. Os ângulos q_n para os quais ocorrem os máximos de intensidade difractada por uma rede com espaçamento entre linhas *d*, são dados pela equação:

$$d \sin q_n = n\lambda$$

n: um número inteiro

MATERIAL

- Régua graduada
- Folhas de papel branco A3
- Conjunto de LEDs do mesmo tipo montados num suporte
- Pilha de 9 V
- Fios e garras (crocodilos) para ligações
- Potenciômetro ($470\ \Omega$)
- Resistência ($220\ \Omega$)
- Resistência ($11,4\ k\Omega$)
- Dois multímetros
- Rede de difracção (1000 linhas/mm) montada num suporte
- Papel milimétrico

DADOS:

Carga elementar: $e = 1,602 \times 10^{-19}\ C$

Velocidade da luz no vácuo: $c = 2,998 \times 10^8\ m\ s^{-1}$

Constante de Boltzmann: $k_B = 1,381 \times 10^{-23}\ J\ K^{-1}$

PRECAUÇÕES:

- 1- A corrente eléctrica que atravessa o LED não deverá exceder cerca de 50 mA, pois este pode danificar-se. Para protecção do LED, a resistência de $220\ \Omega$ **deve estar sempre ligada em série com o LED.**
- 2- Tenha em atenção as escalas na utilização segura dos multímetros como amperímetros ou como voltímetros. A manipulação incorrecta do multímetro poderá queimar o seu fusível interno, comprometendo a sua prova.

INFORMAÇÃO

1 - O potenciômetro tem 3 terminais e permite variar a tensão entre o terminal central e uma das extremidades, desde 0 até ao valor máximo fornecido pela pilha.

2 - São fornecidos LEDs com as seguintes características:

Tabela 1:

LED	λ / nm
Azul	470
Verde	??
Vermelho	630
Infravermelho	950

MEDIDAS E ANÁLISE

A) COMPORTAMENTO ELÉCTRICO DOS LEDS:

Pretende-se determinar a curva característica do LED verde, ou seja, a relação entre a corrente, I , que o atravessa e a tensão, V , aplicada aos seus terminais.

1 - Monte um circuito que permita alimentar o LED verde com uma tensão variável em polarização directa. Apresente o esquema do circuito eléctrico que montou, incluindo os aparelhos de medida.

2 - Respeitando os limites de segurança, encontre a curva característica para o LED verde.

3 - A expressão *teórica* que relaciona a corrente com a tensão é:

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{h k_B T}} - 1 \right) \approx I_0 e^{\frac{eV}{h k_B T}}$$

em que I_0 e h são constantes características de cada LED, e é a carga do electrão, k_B é a constante de Boltzmann e T é a temperatura ambiente (em kelvin). A expressão aproximada é válida para $V > 50$ mV. Determine o valor das constantes h e I_0 para o LED verde (considere $T = 293$ K).

4 – Ligue os LEDs em série e também em série com a resistência de $11,4\text{ k}\Omega$ e aplique ao circuito a tensão de 9 V (pode usar os crocodilos para fazer as ligações entre os LEDs). Indique a corrente que percorre o circuito e registe numa tabela o valor da tensão, V , nos terminais de cada LED.

B) DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DO LED VERDE:

5 - Para determinar o comprimento de onda do LED verde coloque o tubo preto com a rede de difracção a envolver o LED e verifique visualmente que ocorrem máximos de intensidade de um lado e do outro da direcção frontal. Utilize as folhas A3 para projectar o espectro de difracção. Determine o comprimento de onda emitido pelo LED verde. Descreva como procedeu, anote as medidas, indique os cálculos e o resultado com a respectiva incerteza.

C) DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK, h :

6 - Utilizando os dados da tabela 1 e os resultados obtidos nas partes A e B, construa um gráfico apropriado em papel milimétrico que lhe permita determinar a constante de Planck, h .

7 - Determine, a partir do gráfico, o valor da constante de Planck e comente o resultado. (O valor tabelado desta constante obtida por métodos muito precisos é $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J s.)