

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

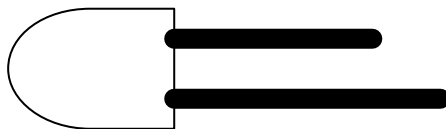
Os díodos emissores de luz ou LED (de *Light Emitting Diode*) emitem luz quando são percorridos por uma corrente eléctrica. Esta emissão de luz ocorre quando electrões transitam entre estados de diferentes energias ao passarem na junção entre os dois tipos (n e p) do material semiconductor de que é feito o díodo. A diferença de energia entre estes estados é uma propriedade do material semiconductor. 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 semiconductor. 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 semiconductor 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
- Potenciómetro (470 Ω)
- Resistência (220 Ω)
- Resistência (11,4 k Ω)
- Dois multímetros
- Rede de difracção (1000 linhas/mm) montada num suporte

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 Ω **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 o seu trabalho.

INFORMAÇÃO

1 - O potenciómetro 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:

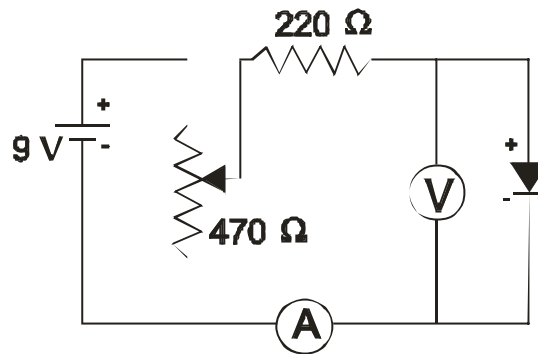
Tabela 1:

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

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, de acordo com a Fig.1. A resistência de $220\ \Omega$ assegura que a corrente no LED não excede os 50 mA, respeitando os limites de segurança.



2 - Encontre a curva característica para o LED verde: apresente uma tabela com os valores medidos de tensão V e corrente I , com a indicação das respectivas unidades; faça um gráfico de $\ln I$ em função de V (não se esqueça de converter a corrente de mA para A).

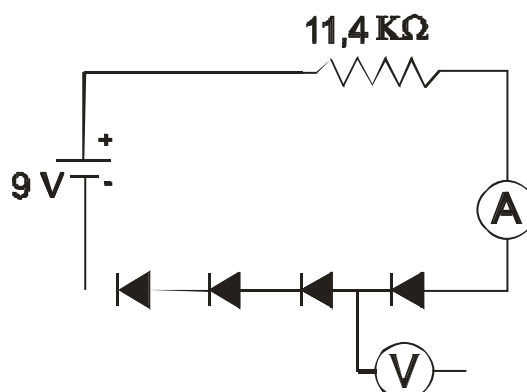
3 - A expressão *teórica* que relaciona a corrente com a tensão é:

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

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 $V > 2V$. O gráfico que obteve está de acordo com o que espera da expressão teórica? Justifique.

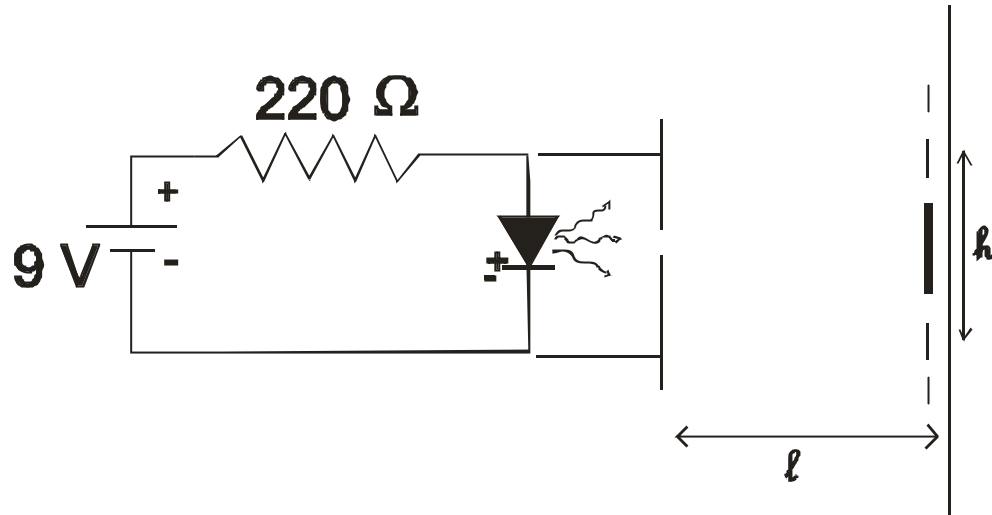
Faça um gráfico de $\ln I$ em função de V só com os pontos para os quais a expressão aproximada é válida. Determine o valor das constantes h e I_0 para o LED verde (considere $T = 293\text{ K}$).

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), de acordo com a Fig2. Registe a corrente que percorre o circuito. Registe numa tabela o valor da tensão, V , nos terminais de cada LED, bem como o valor do comprimento de onda (tabela 1) e frequência da radiação que cada um emite (o valor para o LED verde é determinado na parte B).



B) DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DE ONDA DO LED VERDE:

5 – Ligue o LED verde à pilha de 9V em série com a resistência de $220\ \Omega$. 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. Meça a distância h entre os dois máximos de primeira ordem e a distância l entre a rede de difracção e o alvo, indicando as respectivas incertezas.



Determine, a partir de h e l , o ângulo θ_1 correspondente à difracção de primeira ordem. Determine o comprimento de onda emitido pelo LED verde. Apresente o resultado com a respectiva incerteza.

C) DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK, h :

6 - Utilizando os dados da tabela obtida em 4 (parte A), completada com a informação obtida em B, represente graficamente a tensão V em função da frequência ν da luz emitida pelos LED's. Note que de

$$W = E_f + k$$

vem

$$eV = h\nu + k$$

ou

$$V = \frac{h}{e}\nu + \frac{k}{e}$$

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