

**XI Olimpíada Ibero-Americana de Física - OIBF 2006**  
**Coimbra, Portugal, 23-30 de Setembro de 2006**

**PROVA EXPERIMENTAL 2**

INSTRUÇÕES:

- 1 - O tempo disponível é de 2h 30m.
- 2 – Escreva de forma clara o seu nome e país na respectiva folha. **NÃO se identifique de qualquer forma nas restantes folhas da prova.** Escreva também o número de folhas que utilizou na resolução da prova.
- 3 - Tem à sua disposição dois tipos de folhas: folhas brancas com logótipo, que são as folhas de resposta onde só pode escrever no lado com o logótipo; e folhas de rascunho (em papel reciclado) que são para entregar mas que **NÃO** serão corrigidas.
- 4 - Identifique claramente a alínea a que está a responder.
- 5 - Quando terminar, organize e numere todas as folhas de maneira lógica (no canto superior direito), e coloque-as no envelope juntamente com o enunciado e as folhas de rascunho. Se, por exemplo, tiver escrito **5** páginas (incluindo a que tem a sua identificação), a **3<sup>a</sup>** página deve ser a **3 / 5**.
- 6 - Não é permitido levar consigo qualquer papel nem qualquer outro material que esteja no posto de trabalho.

## EXPERIÊNCIA 2: Diodos Emissores de Luz (LED) e a constante de Planck

### OBJECTIVO/ OBJETIVO

Os objectivos/objetivos desta experiência são:

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

### INTRODUÇÃO

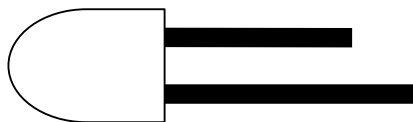
Os díodos emissores de luz ou LED (de *Light Emitting Diode*) emitem luz quando são percorridos por uma corrente eléctrica/eléctrica. Esta emissão de luz ocorre quando electrões/elétrons transitam entre estados de diferentes energias ao passarem na junção entre os dois tipos (*n* e *p*) do material semiconductor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

$$W = E_f + k,$$

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

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

Os LED 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,  $\lambda$ , da luz emitida por um LED podemos usar uma rede de difracção/difração. Os ângulos  $\theta_n$  para os quais ocorrem os máximos de intensidade difractada/difratada por uma rede com espaçamento entre linhas  $d$ , são dados pela equação:

$$d \sin \theta_n = n\lambda \quad n \text{ é um número inteiro}$$

## MATERIAL

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

## DADOS:

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

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

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

## PRECAUÇÕES:

1- A corrente eléctrica/elétrica que atravessa o LED não deverá exceder 50 mA, pois este pode danificar-se. Para protecção/proteção do LED, a resistência de 220  $\Omega$  **deve estar sempre ligada em série com o LED.**

2- Tenha em atenção as escalas na utilização correcta/correta 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 potenciómetro/potenciômetro tem 3 terminais e permite variar a diferença de potencial entre o terminal central e uma das extremidades, desde 0 até ao valor máximo fornecido pela pilha.

2 - São fornecidos LED com as seguintes características:

Tabela 1:

LED	$\lambda$ / nm
Azul	470
Verde	??
Vermelho	630
Infravermelho	950

## MEDIDAS E ANÁLISE

### A) COMPORTAMENTO ELÉCTRICO/ELÉTRICO DOS LED:

Pretende-se determinar a curva característica do LED vermelho, ou seja, a relação entre a intensidade de corrente,  $I$ , que o atravessa e a diferença de potencial,  $V$ , aplicada aos seus terminais.

**1** - Monte um circuito que permita alimentar o LED vermelho com uma diferença de potencial variável em polarização directa/direta. Apresente o esquema do circuito eléctrico/elétrico que montou, incluindo os aparelhos de medida.

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

**3** - A expressão *teórica* que relaciona a intensidade de corrente com a diferença de potencial é:

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

em que  $I_0$  e  $\eta$  são constantes características de cada LED,  $e$  é a carga elementar,  $k_B$  é a constante de Boltzmann e  $T$  é a temperatura ambiente (considere  $T = 293$  K). A expressão aproximada é válida para  $V > 50$  mV. Por outro lado, para diferenças de potencial acima de um certo valor, o comportamento do LED desvia-se da expressão teórica devido à sua resistência interna. Determine o valor das constantes  $\eta$  e  $I_0$  para o LED vermelho.

**4** - Ligue os LED em série e também em série com a resistência de  $11,4$  k $\Omega$  e aplique ao circuito a diferença de potencial de  $9$  V (pode usar os crocodilos/garras para fazer as ligações entre os LED). Indique a intensidade da corrente que percorre o circuito e registre numa tabela o valor da diferença de potencial,  $V$ , aos 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 suporte com a rede de difracção/difração em frente ao LED e verifique visualmente que ocorrem máximos de intensidade de um lado e do outro da direcção/direção frontal. Utilize as folhas brancas para projectar/projetar o espectro de difracção/difração. Determine o comprimento de onda da luz emitida pelo LED verde. Descreva como procedeu, anote as medidas, indique os cálculos e o resultado obtido 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/milimetrado que lhe permita determinar a constante de Planck,  $h$ .

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