

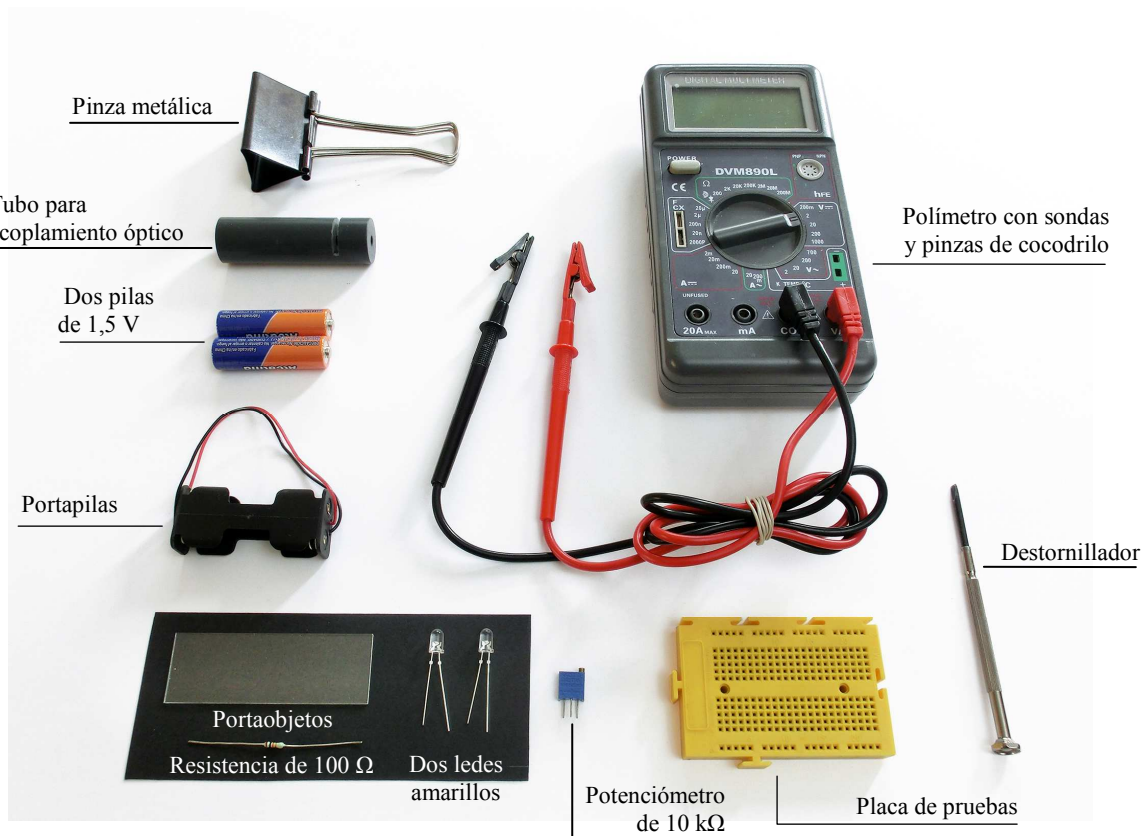
Problema experimental

Determinación del índice de refracción de un vidrio

OBJETIVO

Determinar el índice de refracción de una lámina portaobjetos.

MATERIAL



FUNDAMENTO TEÓRICO

Consideremos un rayo de luz que se transmite a través del aire con intensidad I_0 e incide perpendicularmente sobre una lámina de vidrio plana y transparente. La intensidad luminosa se ve reducida en un factor, T , menor que la unidad, denominado *transmitancia*. Si la intensidad transmitida en la interfase aire-vidrio es I'_0 , se tiene que:

$$I'_0 = TI_0 \quad (1)$$

Considerando despreciable la absorción del vidrio sobre la luz, el rayo no sufre atenuación a lo largo de la lámina y llega a la segunda superficie con la misma intensidad, I'_0 . La intensidad emergente en la interfase vidrio-aire, I , es:

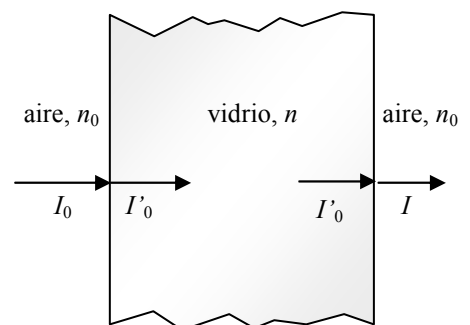


Fig. 1

$$I = TI'_0 \quad (2)$$

En realidad, a la intensidad final, I , se debería sumar la fracción de luz que, tras reflexiones internas en las caras de la lámina, emerge por la segunda superficie; pero consideramos despreciable dicha contribución.

De las expresiones (1) y (2) se tiene que la relación entre la intensidad del rayo emergente y del incidente es:

$$\frac{I}{I_0} = T^2 \quad (3)$$

Las intensidades luminosas se van a medir con un fotodetector. Aceptando que las diferencias de potencial entre sus terminales, V y V_0 , son directamente proporcionales a dichas intensidades, la expresión (3) se transforma en:

$$\frac{V}{V_0} = T^2 \quad (4)$$

Cuando el rayo de luz incide perpendicularmente sobre la lámina transparente se demuestra que:

$$T = \frac{4nn_0}{(n + n_0)^2}, \quad (5)$$

donde n y n_0 son los índices de refracción de la lámina de vidrio y del aire, respectivamente.

El objetivo del problema es la determinación de n .

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental consta de dos circuitos: el primero está formado por un sistema de dos pilas, una resistencia fija, un potenciómetro (que actúa como resistencia variable) y un led amarillo que actúa como emisor de luz, y el segundo consta de otro led amarillo igual al primero que actúa como fotodetector, conectado a un voltímetro. Los dos circuitos se acoplan ópticamente mediante un tubo que permite mantener fijos el led emisor y el led fotodetector.

El tubo tiene una ranura transversal en la que se coloca la lámina portaobjetos y dos aberturas circulares en los extremos en las que se encajan los ledes. El led más cercano a la ranura es el que actúa como fotodetector (figura 2).

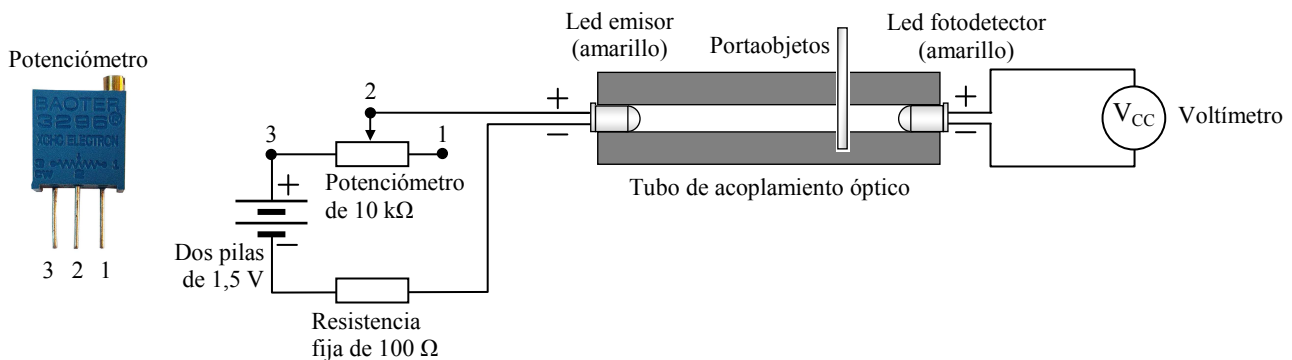
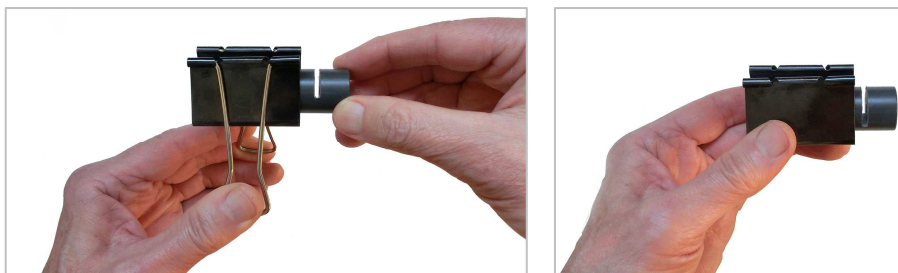


Fig. 2

Para sujetar el tubo abra la pinza haciendo fuerza sobre los brazos plegables y a continuación retire estos (figura 3). Al poner el conjunto sobre la mesa la ranura transversal del tubo ha de quedar horizontal.

Fig. 3



Encaje los ledes en los extremos del tubo y doble las patillas del led emisor (figura 4) para poder insertarlas después en la placa de pruebas.

Para el montaje de primer circuito sobre la placa de pruebas tenga en cuenta que la patilla más larga de led es el ánodo (+), como se muestra en la figura 5. Esta patilla se conectará al punto medio del potenciómetro, según se indica en la figura 2. **No conecte todavía el portapilas y evite que sus terminales se unan accidentalmente generando un cortocircuito.** En el ANEXO 1 al se indican las características de la placa de montaje.

En el segundo circuito, ajuste el voltímetro en la escala de 2 V de corriente continua y utilice las sondas y las pinzas de cocodrilo para conectarlo al led detector (figura 6).



Fig. 4

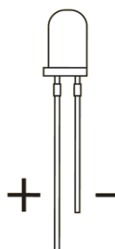


Fig. 5

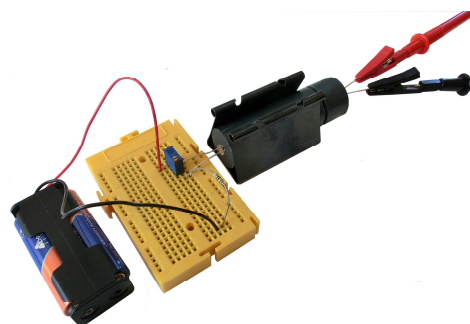


Fig. 6

Revise el montaje. Cuando esté seguro de que el circuito está bien montado, conecte el portapilas, compruebe que el led emisor emite luz amarilla, encienda el polímetro y compruebe que da medida. A continuación desconecte el portapilas y apague el polímetro hasta el momento de iniciar las medidas.

TOMA Y ANÁLISIS DE DATOS

1. Durante el experimento trate de mantener todo el aparato alejado de fuentes intensas de luz. Conecte el portapilas, encienda el polímetro y, utilizando el destornillador, inicie las medidas moviendo el tornillo del potenciómetro hasta que el voltímetro señale un primer valor superior a 0 V. Anote el valor exacto obtenido, que será la primera medida de V_0 . A continuación, tome la lámina portaobjetos por un extremo, **evitando tocar con los dedos la parte central**, límpiela si es necesario con el papel en el que va envuelta y colóquela en la ranura del tubo de acoplamiento óptico (figura 7); anote la medida, V , señalada por el voltímetro.

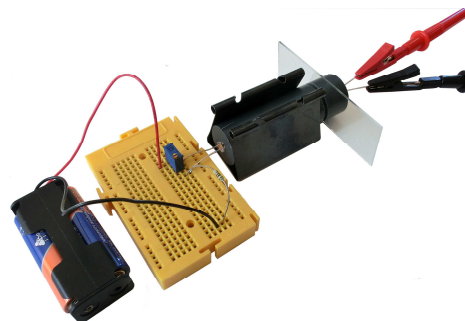


Fig. 7

Actuando sobre el tornillo del potenciómetro continúe tomando medidas hasta recoger al menos quince pares de valores de V_0 y V , en un intervalo para V_0 comprendido entre 0 mV y 1000 mV. Presente los datos en una tabla como la siguiente:

V_0 / mV	V / mV

(4 puntos)

2. Escriba la expresión (4) de forma que aparezca explícitamente una dependencia lineal entre V y V_0 , represente gráficamente los puntos correspondientes a esa dependencia, con V_0 en el eje de abscisas y trace la línea que mejor se ajusta. (4 puntos)

3. Halle la pendiente de la línea y obtenga el valor de T^2 . (2 puntos)

4. Considerando únicamente las barras de error de los puntos extremos de la gráfica (sobre las barras de error, ver ANEXO 2) halle las rectas de máxima y mínima pendiente y los valores de esas pendientes. Para establecer la longitud de las barras de error de esos dos puntos se han de tener en cuenta las características del multímetro dadas por el fabricante. Este indica que, en medidas de voltaje para corriente continua en el rango de 2 V, se tiene:

Resolución: 1 mV

Precisión: $\pm 0,5 \%$ de la medida ± 1 dígito

Ejemplo. Para una medida $V = 0,274 \text{ V} = 274 \text{ mV}$, la precisión será: $\pm \left(\frac{0,5}{100} \times 274 + 1 \right) \text{ mV} = \pm 2,37 \text{ mV} \approx \pm 2 \text{ mV}$

Por lo tanto, la medida se expresará como: $(V \pm \Delta V) = (274 \pm 2) \text{ mV}$

(3 puntos)

5. A partir de las pendientes máxima y mínima obtenga la incertidumbre $\Delta(T^2)$. (1 punto)

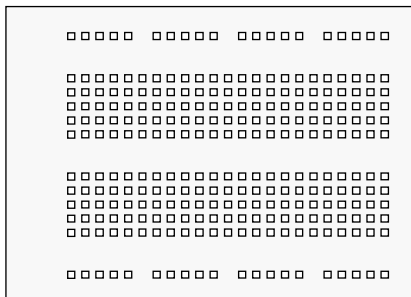
6. Determine la transmitancia, T y su incertidumbre, ΔT . (2 puntos)

7. A partir de la expresión (5) halle el valor del índice de refracción, n , considerando que $n_0 = 1,000$. (2 puntos)

8. Determine el valor de la incertidumbre del índice de refracción, Δn . (2 puntos)

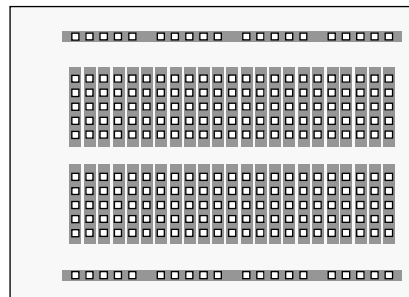
ANEXO 1

Las *placas de pruebas* se utilizan para montar circuitos de forma rápida y no permanente.



Aspecto exterior de una *placa de pruebas*.

Existe una matriz de agujeros en los se pueden insertar los terminales de los componentes.



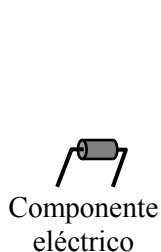
Conexiones eléctricas internas.

En la zona central de la placa los agujeros están agrupados en columnas de 5, conectados entre sí.

Todos los agujeros de las líneas superior e inferior de la placa están conectados entre sí.

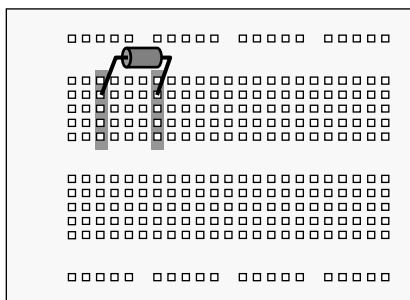
Para realizar un montaje, los extremos de un componente eléctrico deben estar insertados en filas o columnas diferentes; de otro modo, el componente estaría en cortocircuito.

Ejemplo: Se muestran cuatro formas de conectar un componente eléctrico en la placa. Las formas A, B y C son correctas, y la D incorrecta.

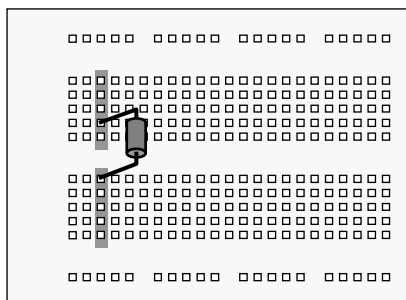


Componente eléctrico

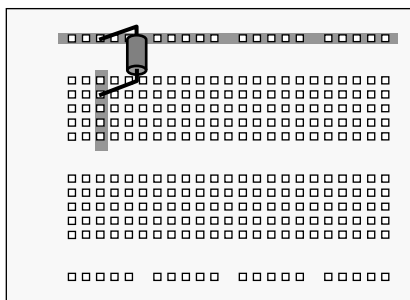
A. Montaje correcto



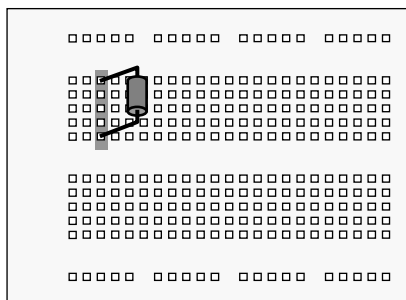
B. Montaje correcto



C. Montaje correcto



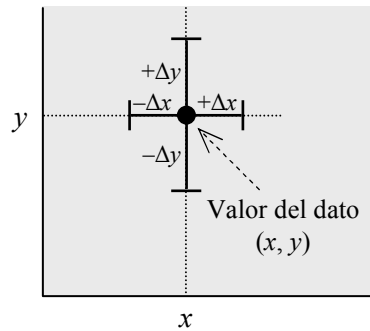
D. Montaje incorrecto



ANEXO 2

En una representación gráfica las *barras de error* muestran la variabilidad de un dato, visualizando la incertidumbre de la medida.

Para una medida experimental en la que las variables son $(x \pm \Delta x)$ y $(y \pm \Delta y)$, las barras de error representan los límites superiores, $(+\Delta x)$ y $(+\Delta y)$, y los límites inferiores, $(-\Delta x)$ y $(-\Delta y)$, del dato representado (ver figura).



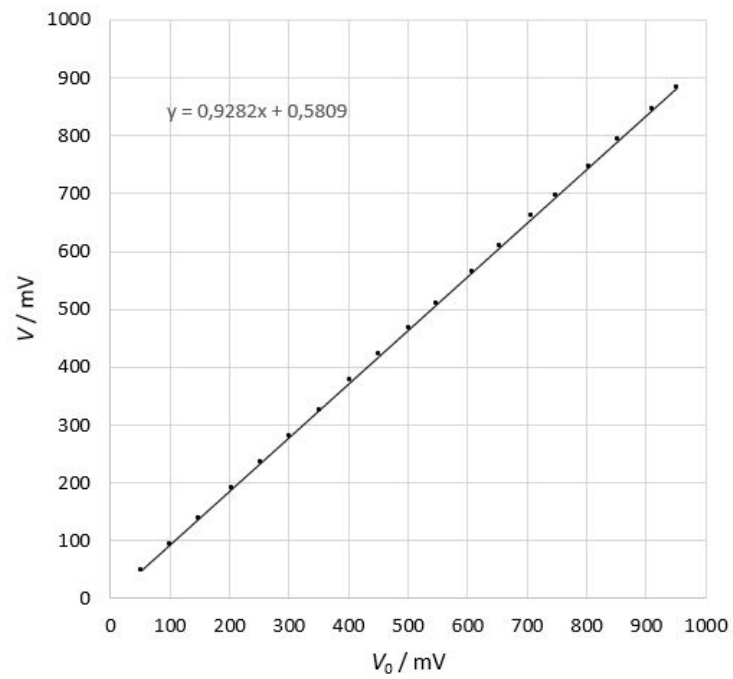
RESOLUCIÓN

1. (4 puntos)

V_0 / mV	V / mV
51	48
101	94
150	139
204	190
252	234
302	281
351	325
404	377
452	421
501	466
549	510
608	565
655	609
707	661
750	695
805	746
853	793
911	846
951	882

2. (4 puntos)

La expresión es: $V = T^2 V_0$



3. (2 puntos)

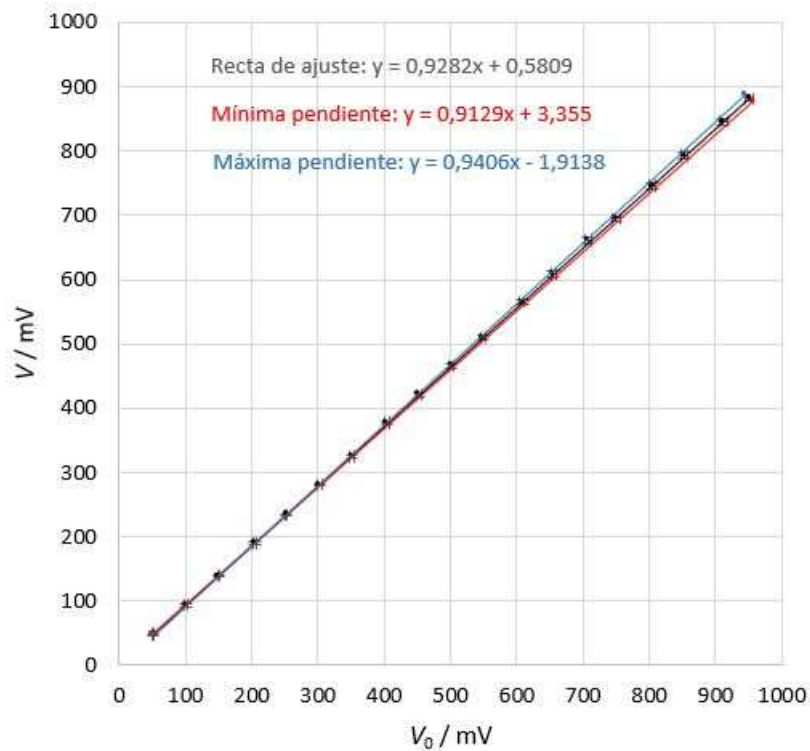
De la representación gráfica se obtiene: $V = 0,928 V_0 + 0,581$

Por lo tanto:

$$\text{pendiente} = T^2 = 0,928$$

4. (3 puntos)

Representaciones gráficas:



Línea de mínima pendiente: $V = 0,913 V_0 + 3,355$

Línea de máxima pendiente: $V = 0,941 V_0 + 1,914$

5. (1 puntos)

$$\Delta(T^2) = \frac{0,941 - 0,913}{2} = 0,014$$

$$T^2 \pm \Delta(T^2) = 0,928 \pm 0,014$$

6. (2 puntos)

$$T = \sqrt{0,928} = 0,963$$

$$\Delta T = \frac{\Delta(T^2)}{2T} = \frac{0,014}{2 \times 0,963} = 0,0072$$

$$(T \pm \Delta T) = (0,963 \pm 0,007)$$

7. (2 puntos)

$$T = \frac{4nn_0}{(n+n_0)^2}$$
$$0,963 = \frac{4 \times n \times 1,000}{(n+1,000)^2}$$
$$n = 1,476$$

8. (2 puntos)

Como

$$(T \pm \Delta T) = (0,963 \pm 0,007)$$

entonces

$$T_{\text{máx}} = 0,970$$
$$T_{\text{mín}} = 0,956$$

$$T_{\text{máx}} = \frac{4n_{\text{mín}}n_0}{(n_{\text{mín}} + n_0)^2}; 0,970 = \frac{4 \times n_{\text{mín}} \times 1,000}{(n_{\text{mín}} + 1,000)^2}; n_{\text{mín}} = 1,419$$

$$T_{\text{mín}} = \frac{4n_{\text{máx}}n_0}{(n_{\text{máx}} + n_0)^2}; 0,956 = \frac{4 \times n_{\text{máx}} \times 1,000}{(n_{\text{máx}} + 1,000)^2}; n_{\text{máx}} = 1,531$$

$$\Delta n = \frac{n_{\text{máx}} - n_{\text{mín}}}{2} = \frac{1,531 - 1,419}{2} = 0,056$$

$$(n \pm \Delta n) = (1,48 \pm 0,06)$$