

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA

TAREA DE PREPARACION

Nombre Estudiante: _____ Código: _____ Plan: _____
 Fecha: _____

Lea cuidadosamente la base teórica dada en la guía y con ayuda del estudio de la bibliografía conteste las siguientes preguntas y entréguelas a su profesor antes de empezar la práctica.

1. ¿Cuáles son los parámetros de un galvanómetro que van a determinar la máxima corriente que puede circular por él?
2. De acuerdo con el circuito de la figura 1.2 , con el interruptor abierto, asumiendo que circula la corriente necesaria para desviación a escala plena I_{\max} con $R_i = R_1$ deduzca la expresión para el voltaje dado por la pila:

$$V_{\max} = I_{\max} R_g + I_{\max} R_i$$

3. Si en el circuito de la figura 1.2 se cierra el interruptor, asumiendo que se ajusta $R_i = R_2$ para que circule por el galvanómetro la corriente necesaria para desviación a escala plena I_{\max} deduzca la expresión:

$$R_2 = \left(\frac{R_0}{R_g + R_0} \right) R_1$$

4. La corriente necesaria para desviación a escala plena de un galvanómetro cuya resistencia interna es de 750 Ohmios es de 200 microamperios. Si se desea medir a escala plena 2 mA, ¿cuál debe ser el valor de la resistencia Shunt? ¿Cuál es la resistencia neta del circuito?
5. ¿Qué es un voltímetro? Se dice que su resistencia interna debe ser muy grande. ¿Muy grande con respecto a qué?
6. ¿Qué es un amperímetro? Se dice que su resistencia interna debe ser muy pequeña. Muy pequeña con respecto a qué?
7. ¿Cuáles son las magnitudes físicas que Ud. va a medir en este experimento?

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA

1. OBJETIVOS

- Conocer el principio de funcionamiento del galvanómetro como instrumento de medición eléctrica y determinar sus parámetros: sensibilidad y resistencia interna.
- Usar el galvanómetro como instrumento para medir corrientes y diferencias de potencial.

2. MODELO TEÓRICO

El galvanómetro D'Arsonval usado en los instrumentos de medición eléctrica se basa en el hecho de que una espira de alambre presenta en presencia de un campo magnético un torque cuando circula una corriente por ella. Este torque magnético es contrarrestado por un torque elástico de un resorte con constante elástica de torsión K , el cual permite girar una aguja unida a ella sobre una escala de medida, ver Fig. 1. La deflexión de la aguja es proporcional a la corriente en el galvanómetro. Para desviación máxima de la aguja (escala plena) debe circular una corriente. Este valor de corriente que debe circular para desviación máxima (escala plana) nos da la sensibilidad del aparato. Un galvanómetro ordinario requiere una corriente de 200 microamperios para desviarse a escala plena; y tiene una resistencia interna (resistencia de la bobina móvil R_g) de 750 Ohmios.

Para medir corrientes mayores se emplea una resistencia colocada en paralelo con la bobina llamada resistencia *shunt* de tal manera que por la bobina solo circula una fracción de la corriente total, la necesaria para que se desvíe a escala plena. Así este instrumento se llama amperímetro. Se debe conectar en serie.

Como la espira posee una resistencia fija R_g , la deflexión de la aguja debe ser proporcional a la caída de potencial entre sus extremos, por lo cual podemos usar el galvanómetro como un instrumento para medir caídas o diferencias de potencial, o voltajes. Para medir voltajes mayores se conecta la bobina en serie con una resistencia. Así este instrumento se llama voltímetro. Se debe conectar en paralelo.

Se considera un amperímetro ideal aquel que al conectarse en un circuito para medir corrientes no produzca ninguna caída de potencial entre sus bornes. Esto significa que un amperímetro ideal tendría una resistencia nula. Un voltímetro ideal no debe extraer ninguna corriente al circuito, por lo tanto debe tener resistencia infinita. Los instrumentos de medida reales NUNCA alcanzan estas situaciones ideales.

El galvanómetro se caracteriza por dos parámetros: su resistencia interna R_g y la corriente necesaria para desviar la aguja al valor máximo de la escala, ESCALA PLENA. Se nota como I_{max} y sus unidades de medida son Ampere. La sensibilidad que es dada en las especificaciones del instrumento es ésta corriente dividida por el número de divisiones de la escala. Se nota como K y su unidad es de Amperio por división.

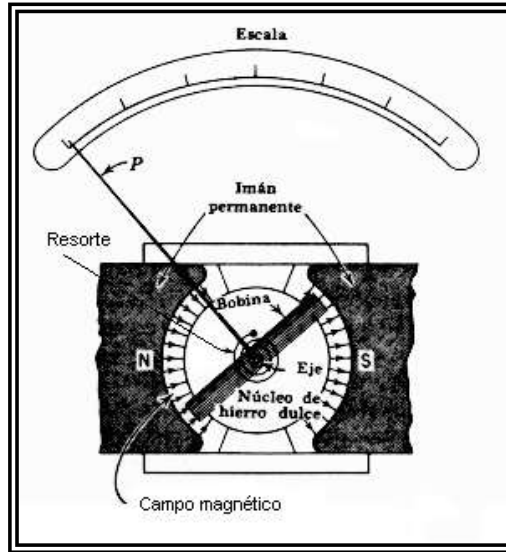


Figura 1. Galvanómetro y sus elementos.

2.1 Medidas de R_g e I_{\max} del Galvanómetro

Para las medidas de R_g y I_{\max} se utiliza el circuito de la Fig. 2. La resistencia R_g nos representa la resistencia interna del galvanómetro, y R_i una resistencia variable; R_0 es una resistencia de valor fijo, pero se puede conectar y desconectar al circuito a través de un interruptor. \mathcal{E} es la fuente de poder variable, V , el voltaje leído entre los bornes de la fuente de poder con un voltímetro digital.

Para un valor de $R_i = R_1$ dado, con la resistencia R_0 desconectada, cuando circule la corriente necesaria para desviación a máxima escala I_{\max} , el voltaje entre los bornes de salida de la fuente de poder será V_{\max} y de acuerdo con la ley de Ohm está dada por la expresión:

$$V_{\max} = I_{\max} R_g + I_{\max} R_1 \quad (1)$$

Cuando conectamos la resistencia R_0 , la corriente a través de R_g disminuye, para este nuevo circuito se tiene, de acuerdo con las leyes de Kirchhoff, para cada malla:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= I_g R_g + I' R_i \\ I' &= I_0 + I_g \\ I_0 R_0 - I_g R_g &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

donde ahora $I_g \leq I_{\max}$ por lo cual la aguja del galvanómetro no tendrá la máxima deflexión.

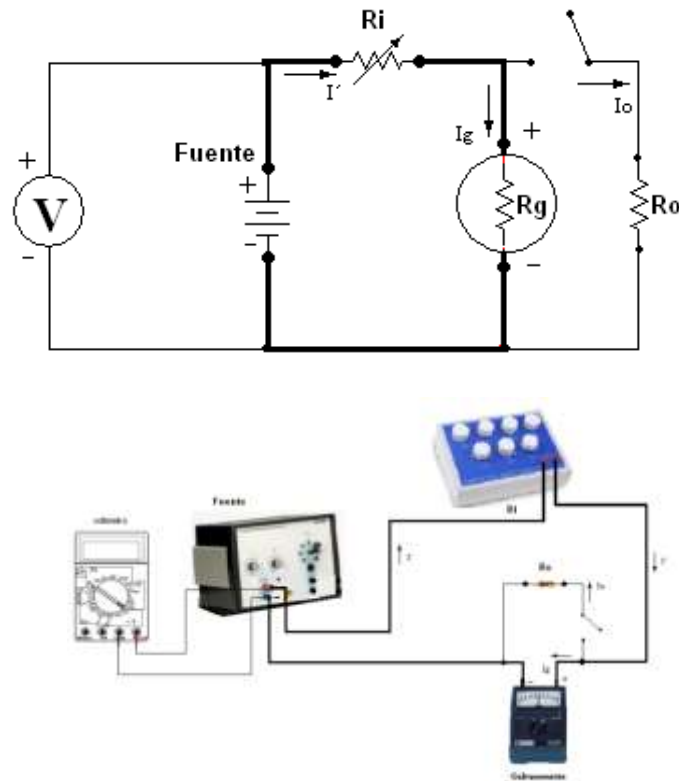


Figura 2. Esquema de un circuito para la determinación de la resistencia interna del galvanómetro R_g y la constante K del resorte.

Podremos hacer que $I_g = I_{MAX}$ si cambiamos el valor de R_i a un nuevo valor que llamaremos R_2 . Con estas condiciones y combinando las ecuaciones (1) y (2) se tiene que:

$$R_2 = \left(\frac{R_0}{R_g + R_0} \right) R_1 \quad (3)$$

2.2 Uso del Galvanómetro como un Voltímetro

Considérese un galvanómetro con una escala de N divisiones, la corriente que desvía la aguja a escala plena posee un valor de $I_{max} = KN$, la caída de potencial entre los bornes del galvanómetro cuando circula este valor de corriente será $V_g = I_{max} R_g$. Así que el galvanómetro puede ser usado para leer voltios. La pregunta es: ¿Cómo medimos voltajes mayores a V_g ?

En la Fig. 3 se muestra un esquema de una resistencia R_v en serie con el galvanómetro G . Entre los extremos a y b hay una caída de potencial, V_{ab} , producida cuando circula en el galvanómetro una corriente igual a I_{max} . Así, cuando la diferencia de

potencial entre los puntos a y b sea igual a V_{ab} , la aguja en el galvanómetro se desviará a escala plena -correspondiente al valor I_{max} . Es decir, la combinación en serie de la resistencia R_v y el galvanómetro actúa como un voltímetro cuyo valor a escala plena es V_{ab}

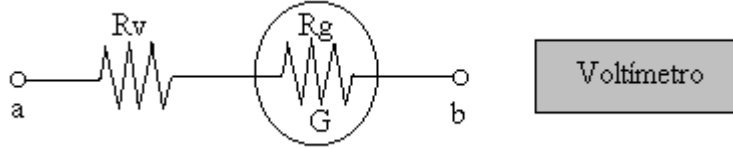


Figura 3. Conexión del galvanómetro G y R_v para ser usados como voltímetro. a y b son los bornes del voltímetro.

De esta forma:

$$I_{max} = \frac{V_{ab}}{R_v + R_g} \quad (4)$$

Resolviendo la anterior ecuación se tiene que:

$$R_v = \frac{V_{ab}}{I_{max}} - R_g \quad (5)$$

Esta última expresión se puede utilizar para calcular el valor de la resistencia R_v , conociendo parámetros I_{max} y R_g para una escala del voltímetro hasta el valor V_{ab} .

2.3 Uso del Galvanómetro como un Amperímetro

La aguja del galvanómetro adquiere su máxima deflexión cuando la corriente que circula por él es $I_g = KN$. La pregunta que nos hacemos ahora es ¿Cómo podemos medir corrientes mayores que la corriente I_g ? Para hacer esto podemos ubicar una resistencia pequeña R_A en paralelo con el galvanómetro G , como se presenta en el esquema de la Fig. 4. La corriente I pasa por el punto c y se divide en dos corrientes, una corriente I_g que pasa por el galvanómetro y otra corriente I_A que pasa por la resistencia R_A , de este modo según la ley de Kirchoff $I = I_g + I_A$. Como R_g esta en paralelo con R_A la caída de potencial en ambas es la misma, es decir $I_g R_g = I_A R_A$. Cambiando ambas expresiones se tiene que:

$$IR_A = I_g (R_A + R_g) \quad (6)$$

Entonces cuando $I_g = I_{max}$ la aguja del galvanómetro gira a escala plena y podemos leer la corriente I , la corriente que circula entre los puntos a y b. Si deseamos medir una corriente $I > I_{max}$, calculamos la resistencia R_A a partir de la ecuación (6):

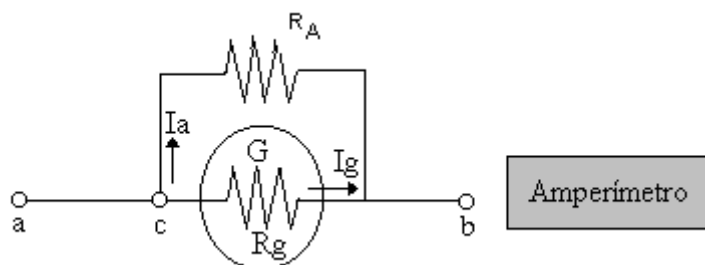


Figura 4 Conexión del Galvanómetro G y R_A para ser usado como amperímetro.

$$R_A = \frac{I_{\max} R_g}{I - I_{\max}} \quad (7)$$

Esto además favorece la conexión en serie del amperímetro, esto es, su resistencia debe ser lo más baja posible, idealmente igual a cero.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1 Materiales y Equipos

1. Fuente de voltaje de 0V a 12 V; 0 - 2 Amperios (Phywe)
2. Resistencia variable en decadas (Phywe). Corriente máxima, 700 mA. *Ver especificaciones de la caja de resistencias, Fig.5*
3. Galvanómetro.
4. Cables de conexión: 2 de 50cm rojos, 2 de 50cm negro, 1 de 50 cm azul, 2 de 20cm café.
5. Multímetro
6. Resistencia R_0 del valor que se le asigne. No olvidar medir este valor.
7. Reóstato de 0 a 20 k Ω .

3.2 Montaje

- 3.2.1 Para las medidas de R_g y I_{\max} del galvanómetro, se monta el circuito mostrado en la figura 2.
- 3.2.2. Tener en cuenta las especificaciones de la caja de resistencias resumidas en Fig. 5.
- 3.2.3. Para la conversión del galvanómetro en voltímetro, se monta el circuito mostrado en la figura 6 (a).
- 3.2.4. Para la conversión del galvanómetro en amperímetro, se monta el circuito mostrado en la figura 6 (b).

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA

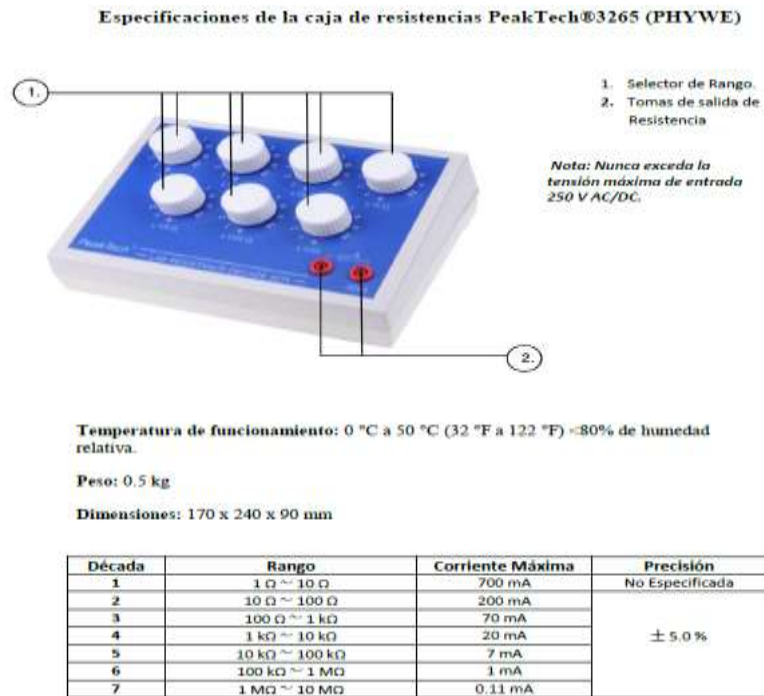


Fig. 5 Especificaciones caja de resistencias de alta precisión.

4. Procedimiento y Análisis

4.1 Medidas de R_g e I_{\max} del Galvanómetro

1. Consigne en su tabla de datos el Valor N de las divisiones de la escala del galvanómetro y el valor de R_0 .
2. Realice el montaje de la Fig. 2, con la resistencia R_0 desconectada del circuito. Ajuste la resistencia variable R_i , a un valor de 25000 Ω (ó el que le asigne el (la) profesor (a), que llamaremos R_1 .

Ajuste la salida de corriente de la fuente ϵ , a un valor de 0,2 A. Lea y tenga en cuenta las especificaciones de la caja de resistencias resumidas en la Fig. 5.

3. Aumente MUY SUAVEMENTE la salida de voltaje de la fuente hasta que el puntero del galvanómetro marque el valor máximo en la escala. Escriba en la tabla 1 los valores de R_1 y el voltaje de la fuente medido con el voltímetro. Se nota como V_{\max} .
4. Conecte la resistencia de $R_0 \approx 3.3K\Omega$ o el valor que se le asigne. Varíe el valor de la resistencia variable R_i hasta que nuevamente obtenga la máxima deflexión de la aguja en la escala del galvanómetro; este nuevo valor de R_i se llama R_2 . Llévelo a la tabla 1.
5. Disminuya a cero el valor de la salida del voltaje de la fuente (ϵ) y desconecte la resistencia R_0 .
6. Cambie el valor de R_i a un nuevo valor que se diferencie en más de 3000 Ω del anterior R_1 , ó a los que el (la) profesor (a) le asigne.

7. Repita los pasos 3,4 y 5 para cuatro valores diferentes de R_i .
8. Realice las gráficas de V_{max} vs R_1 y de R_2 vs R_1 . A partir de la pendiente de las curvas, m_1 y m_2 respectivamente, y de acuerdo con las ecuaciones (1) y (3), obtenga los valores de R_g y I_{max} .
9. Calcule los errores absolutos en la medida de los valores de R_g e I_{max} del galvanómetro.
10. Haga un análisis de sus resultados.

4.2 Conversión del Galvanómetro en Voltímetro

1. Con ayuda de la ecuación (5) determine el valor de R_v para que a desviación máxima el voltaje V_{ab} a ser medido con el galvanómetro sea igual a 1V (o los valores que le indique su profesor (a)). Calcular y llenar las casillas correspondientes en la tabla 2.
2. Realice el montaje experimental de la Fig. 6 (a). Coloque R_v en el valor calculado en el paso anterior. Nuestro voltímetro es ahora el galvanómetro con la resistencia R_v . Pida verificación de la conexión. Cierre el circuito.
3. Varíe lentamente la salida de la fuente de voltaje (empezando desde cero) hasta alcanzar el valor de 1V (o el valor indicado por el (la) profesor(a)) leído con el **voltímetro de calibración**. Escriba en la tabla 2. el valor N indicado por el Galvanómetro.
4. Como la aguja del Galvanómetro no va a marcar la máxima desviación, varíe R_v hasta obtener que la aguja del galvanómetro indique la máxima desviación. Lea en la caja de resistencias este valor y consígnelo en la tabla 2. Calcule la diferencia entre el valor calculado y el real, así como la diferencia porcentual y consigne esos valores en la tabla de datos 2.
5. Repita el proceso para 2.0V, 4.0V y 6.0V (ó los valores que le indique su profesor (a)).
6. Tenga en cuenta el error al medir sus datos tanto con el galvanómetro como con el voltímetro.
7. En el análisis de sus datos, explique por qué al disminuir el valor de R_v aumenta la deflexión de la aguja del galvanómetro.
8. Discuta en su informe a qué atribuye la diferencia entre los valores calculados con el galvanómetro y los reales.

4.3 Conversión del Galvanómetro en Amperímetro

1. Por medio de la ecuación (7) determine el valor de la resistencia R_A para usar el Galvanómetro como un amperímetro cuyo máximo valor de corriente sea de 0.1 mA, ó el valor que su profesor (a) le indique. Consigne el valor calculado a la tabla de datos 3
2. Realice el montaje de la Fig. 6 (b). Tenga el circuito abierto (no conectar el cable que va al borne positivo de la fuente). La fuente de poder la utiliza en modo de fuente de corriente; esto es, en el panel de control pone en cero el dial para I, y en máximo el dial para V.

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ELÉCTRICA

3. Varíe lentamente la salida de la fuente de corriente, voltaje constante, empezando desde cero, hasta alcanzar el valor dado, en el paso 1, leído en el amperímetro de calibración. Lea y consigne en la tabla 3 el valor N que mide el galvanómetro.
4. Repita el paso anterior para 0,1 mA, 0,5 mA, 1.0 mA y 5 mA, ó los valores que su profesor (a) le indique.

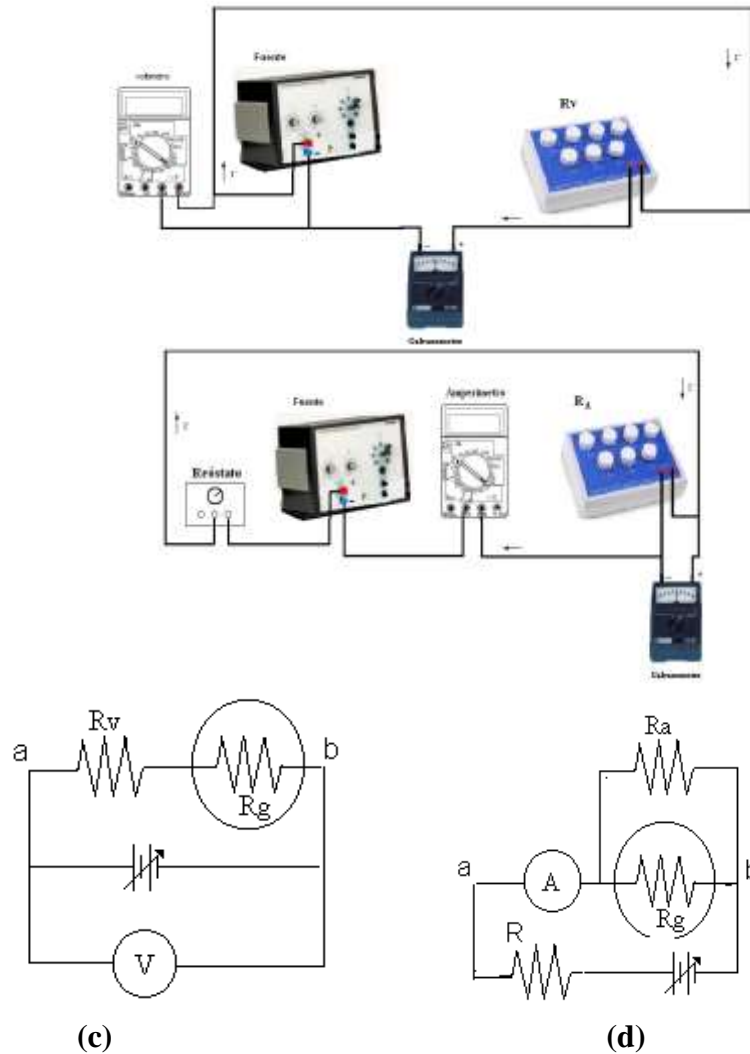


Figura 6 (a) Circuito para el uso del Galvanómetro (R_g) como voltímetro con una resistencia R_v en serie con R_g . (b) Circuito para el uso del Galvanómetro (R_g) como amperímetro con una resistencia R_A en paralelo con R_g . El amperímetro es de calibración. Para controlar la corriente hay un reóstato (0 a 20 kOhm) de seguridad. Diagramas de conexión del Galvanómetro como voltímetro (c) y como amperímetro (d).

5. Tenga en cuenta el error al medir sus datos tanto con el galvanómetro como con el amperímetro.
6. En la discusión de sus resultados explique a qué atribuye la diferencia entre los valores leídos con el galvanómetro y con el amperímetro de calibración.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [1] **Física tomo II**, R. A. Serway, cap. 28, 3^{ra} edición. Editorial Mc. Graw Hill
- [2] **Física**, Paul A Tipler, 4^a edición W.H. Freeman and co.
- [2] **Física Para Ciencias e Ingeniería**, Tomo 2; Cap. 33 (Campo Magnético), Halliday - Resnick, Editorial CECSA.

2. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN - TABLAS DE DATOS

Fecha: _____ Profesor: _____

Practica: _____ Asistente: _____

Nombres: _____ Código: _____ Plan: _____

Tabla 1. Medidas de R_g y K del Galvanómetro

Voltaje (V_{max})	Resistencia $R_1(\Omega)$	Resistencia $R_2 (\Omega)$
	25000	
Número de divisiones en la escala del Galvanómetro $N =$		
Resistencia $R_0 =$	\pm	
Pendiente $m_1 =$	\pm	$I_{max} =$ \pm
Pendiente $m_2 =$	\pm	$R_G =$ \pm

Tabla 2. Conversión del Galvanómetro en voltímetro

Voltaje a escala plena (ó valores dados por el profesor)	1V	2V	4V	6V
R_V Calculado (Ohm)				
Lectura sobre el galvanómetro (en divisiones)				
R_V experimental (desviación a escala plena)				
Margen de error absoluto				
Margen de error relativo				

Tabla 3 Conversión del Galvanómetro como amperímetro

Amperaje a escala plena (ó valores dados por el profesor)	0.5 mA	1,0 mA	1,5 mA	5 mA
R_A Calculado (Ohm)				
Lectura sobre el galvanómetro (en divisiones)				
R_A experimental (desviación a escala plena)				
Margen de error absoluto				
Margen de error relativo				