

Electrostática

Objetivo. Determinar el mapa de líneas o superficies equipotenciales para distintas configuraciones de electrodos conectados a una fuente de baja tensión e inmersos en un medio líquido poco conductor.

Temáticas abordadas. Electrostática, potencial electrostático, campo eléctrico, conductores y dieléctricos.

1. Introducción

El campo eléctrico en un dado punto del espacio está relacionado con la fuerza eléctrica que se ejerce sobre una carga de prueba q colocada en ese punto. Si en el punto de coordenadas (x, y) existe un campo eléctrico $\mathbf{E}(x, y)$, sobre la carga q , colocada en ese punto se ejerce una fuerza $\mathbf{F}(x, y)$. Según la definición de campo eléctrico tenemos:

$$\mathbf{F}(x, y) = q \mathbf{E}(x, y). \quad (1)$$

Como la fuerza \mathbf{F} es un vector y la carga eléctrica q un escalar, resulta claro que el campo eléctrico local \mathbf{E} es también un vector.

Por su parte, el potencial eléctrico V está relacionado con el trabajo W que debemos realizar para llevar una carga de un punto a otro; más precisamente, el cambio en el potencial entre dos puntos 1 y 2 del espacio será:

$$\Delta V_{12} = \frac{W_{12}}{q}, \quad (2)$$

Aquí W_{12} es el trabajo que tenemos que realizar para llevar la carga q desde el punto 1 al punto 2. Como el trabajo es una magnitud escalar, el potencial también lo es. En términos del campo eléctrico, la variación de potencial entre dos puntos del espacio separados por una distancia infinitesimal $d\mathbf{l}$ viene dada por:

$$dV_{12} \equiv V_2 - V_1 = -\frac{dW}{q} = -\frac{1}{q} \mathbf{F}(x, y) \cdot d\mathbf{l} = -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}. \quad (3)$$

Por lo tanto, las componentes del campo eléctrico pueden expresarse en función del potencial eléctrico:

$$\mathbf{E} = -\nabla V, \quad (4)$$

expresión que resulta válida en cualquier sistema de coordenadas.

Veamos también que cuando $dV = 0$, como ocurre sobre una línea equipotencial, la componente de \mathbf{E} sobre esta línea es nula. En otras palabras, \mathbf{E} es siempre perpendicular a las líneas (o, más generalmente, superficies) equipotenciales. La idea central de este experimento consiste en determinar experimentalmente, para una dada configuración, las líneas equipotenciales (es decir, las

líneas sobre las cuales el potencial es constante). A partir de estas líneas equipotenciales, se pueden luego hallar las líneas de campo \mathbf{E} , trazando líneas perpendiculares a las equipotenciales.

2. Análisis exploratorio semi-cuantitativo

En esta parte de la Guía se propone realizar un análisis semi-cuantitativo de la configuración espacial de las líneas equipotenciales, es decir, del conjunto de puntos en el espacio que se encuentran caracterizados por un mismo valor del potencial V .

Para ello, se recomienda utilizar una bandeja de vidrio o acrílico transparente, de aproximadamente $30 \times 20 \times 4$ cm³, que hará las veces de contenedor del líquido poco conductor. Como electrodos, se propone utilizar dos placas metálicas (de cobre, bronce y/o aluminio), que se dispondrán parcialmente inmersas en el líquido. Como líquido de trabajo se empleará agua. A fin de suministrar una diferencia de potencial entre las placas, se utilizará una fuente de tensión continua de 5-15 V. Finalmente, a fin de determinar el valor del potencial en un punto dado del espacio, se hará uso de un voltímetro.

Con estos elementos, se propone el armado del dispositivo experimental ilustrado esquemáticamente en la Figura 1.

Habiendo montado el dispositivo experimental, realice unos primeros intentos exploratorios para determinar el potencial electrostático en diversos puntos del espacio, asegurándose de que comprende cómo funciona el sistema.

Una vez que se haya familiarizado con su funcionamiento y operación, realice las siguientes actividades:

1. Determine las líneas equipotenciales en la zona entre los electrodos.
2. Para la misma configuración anterior, coloque un conductor entre los electrodos y determine las líneas equipotenciales de este nuevo arreglo (ver Figura 2). En particular, estudie la forma de las líneas equipotenciales alrededor del conductor. ¿Cómo deberían ser las líneas equipotenciales dentro del mismo?
3. Repita las mediciones reemplazando ahora el conductor por un aislante de forma geométrica simple.

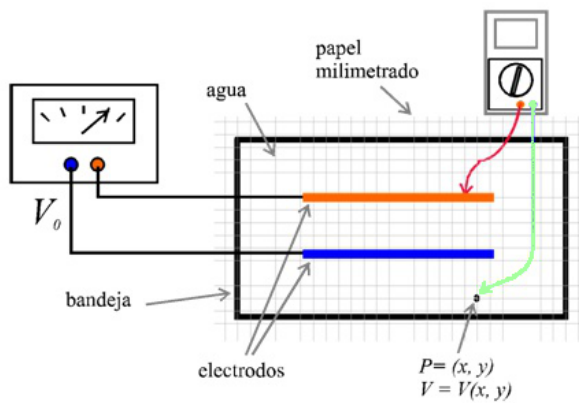


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental propuesto (bandeja en vista superior). La bandeja de material aislante contiene agua. Las líneas gruesas continuas representan los electrodos metálicos. En el punto de coordenadas (x, y) , se mide el valor del potencial eléctrico $V(x, y)$.

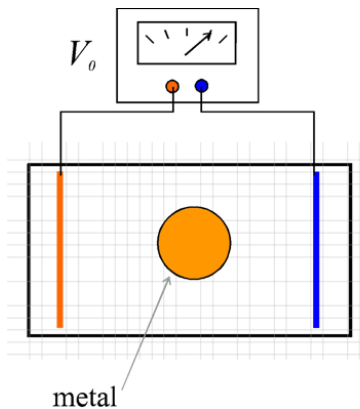


Figura 2. Esquema del segundo dispositivo experimental propuesto (bandeja en vista superior). Los electrodos metálicos se alejan entre sí para disponer entre los cuales un medio conductor de forma geométrica simple.

3. Cómo trabajar en esta guía

- Mida por lo menos 6 a 8 puntos para cada equipotencial, con separaciones de aproximadamente 1 cm. Luego, en papel milimetrado, marque estos puntos y únalos con líneas continuas. Estas son las líneas equipotenciales correspondientes a la geometría de electrodos (o electrodos y conductor o aislante) elegida. Para cada configuración, determine al menos 10 líneas equipotenciales, tratando de que alguna de ellas se encuentren cerca de cada electrodo y algunas en las zonas centrales del arreglo.
- Determine las líneas equipotenciales y las líneas de campo eléctrico para por lo menos dos configuraciones de electrodos. En cada caso discuta las zonas donde el campo es mayor.
- Para el caso del conductor entre los electrodos, observe la configuración de líneas equipotenciales alrededor del

conductor. ¿Cómo son las líneas de campo sobre la superficie del conductor?

- Preste particular atención a la configuración en la que se dispone un aislante entre los electrodos. En particular estudie las líneas equipotenciales alrededor del aislante. ¿Cómo son las líneas de campo y el campo mismo sobre su superficie? ¿Cómo puede explicar lo que observa en este caso?

Referencias

1. M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Campos y ondas*, volume 2 of *Física*. Editorial Pearson Educación, 1998.
2. E.M. Purcell. *Electricidad y magnetismo*, volume 2 of *Berkeley Physics Course*. Editorial Reverté, 1988.
3. J.R. Reitz, F.J. Milford, and R.W. Christy. *Fundamentos de la teoría electromagnética*. Pearson Educación. Editorial Pearson Educación, 1996.
4. F.R. Trelles. *Temas de electricidad y magnetismo*. Ediciones previas. Editorial EUDEBA, 1984.

Conducción eléctrica en líquidos

Objetivo. El objetivo de esta guía experimental es estudiar si los líquidos conducen o no la electricidad. Para aquellos que efectivamente conducen la electricidad, se propone estudiar la relación entre diferencia de tensión y corriente, a fin de establecer si satisfacen o no la Ley de Ohm.

Temáticas abordadas. Conducción, corriente, ley de Ohm, materiales óhmicos y no-óhmicos.

1. Introducción

Para que un medio material pueda conducir la corriente eléctrica éste debe contener cargas móviles capaces de conducir la electricidad. En los metales, las cargas móviles son los mismos electrones de las capas más externas de los átomos que lo forman (electrones de conducción). Al formarse el metal, el campo de cada átomo afecta a sus vecinos más próximos, lo que hace que los electrones más externos dejen de estar ligados a un solo átomo y tengan libertad de moverse a través de todo el sólido. En algunos líquidos, por ejemplo el agua, si se disuelven sales, ácidos o bases, éstas se disocian en iones positivos y negativos que pueden moverse a través del líquido, por lo que la conducción eléctrica se hace apreciable.

2. Desarrollo de la experiencia; Parte 1

El dispositivo experimental propuesto para el desarrollo de esta práctica se ilustra esquemáticamente en la Figura 1. La tensión que suministra la fuente de tensión alterna (¿qué es una fuente de tensión alterna?) es medida por un voltímetro conectado en paralelo. Su valor puede variarse hasta 20 V.

Para verificar lo mencionado en la introducción, pruebe aplicando una tensión alterna a una solución salina de agua en una cuba como la mostrada en la Figura 1. Comience con sólo agua destilada en la cuba, aplique entonces una tensión alterna de unos 10 V y mida la corriente empleando un amperímetro. Verifique que la conexión del amperímetro sea la adecuada para medir corriente alterna (modo AC).

A continuación prepare una solución de 1 g de sal común en 0.5 litros de agua. Agregue a la cuba la solución de una gota a la vez y vaya observando cómo varía la corriente que registra el amperímetro.

Grafique los valores de corriente en función del número de gotas que introdujo en la cuba. Grafique también la corriente I en función de la concentración en fracción molar (o en cualquier otra unidad de concentración que le parezca apropiada).

Piense cómo afecta el número de portadores de carga (iones, en este caso) a la conductividad del medio electrolítico.

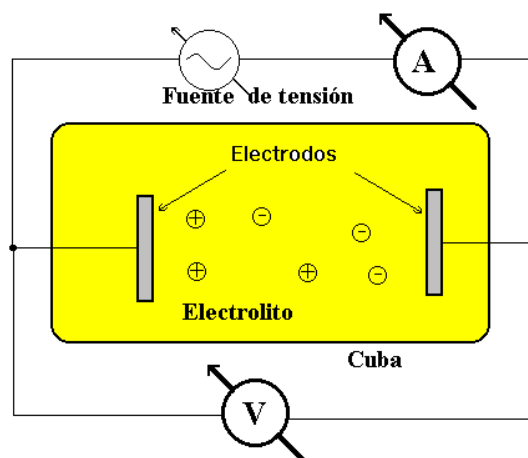


Figura 1. Esquema del dispositivo experimental propuesto (bandeja en vista superior). La bandeja de material aislante contiene el electrolito bajo estudio. La fuente suministra una diferencia de tensión alterna de amplitud controlable. Con V se indica al voltímetro, y con A al amperímetro.

3. Desarrollo de la experiencia; Parte 2

Usando una fuente de tensión alterna variable, un voltímetro y un amperímetro estudie ahora cómo es la dependencia de la tensión V con la corriente I en un líquido conductor. Grafique sus resultados (I vs V) y, en función de la dependencia hallada, determine si el medio bajo estudio satisface o no la Ley de Ohm.

En el caso de que el líquido conductor satisfaga efectivamente la Ley de Ohm, determine la resistencia R del sistema.

Referencias

1. M. Alonso and E.J. Finn. *Física: Campos y ondas*, volume 2 of *Física*. Editorial Pearson Educación, 1998.
2. E.M. Purcell. *Electricidad y magnetismo*, volume 2 of *Berkeley Physics Course*. Editorial Reverté, 1988.
3. J.R. Reitz, F.J. Milford, and R.W. Christy. *Fundamentos de la teoría electromagnética*. Pearson Educación. Editorial Pearson Educación, 1996.