



ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

EA-1

*José Luis Hernández Pérez
José María Vaquero Guerri
María Jesús Carro Martínez.
Carlps Parejo Farell
Departamento de Material Didáctico de ENOSA*



INDICE DE EXPERIENCIAS

0. AMPERIMETROS, VOLTIMETROS, FUENTE DE ALIMENTACION Y MOTOR GENERADOR

1. ELECTROSTATICA

- 1.1. Electrificación por frotamiento.
- 1.2. Péndulo electrostático.
- 1.3. Diferentes clases de cargas.
- 1.4. Electroscopio elemental.

2. CORRIENTE Y CIRCUITOS ELECTRICOS

- 2.1. Corriente continua (conductores y aislantes).
- 2.2. Polos de la corriente continua.
- 2.3. Montaje de un circuito eléctrico sencillo.
- 2.4. Conexión de lámparas.
- 2.5. El amperímetro.
- 2.6. El voltímetro.
- 2.7. Conexión de pilas.
- 2.8. Divisor de tensión.
- 2.9. Ley de Ohm.
- 2.10. Resistencia de un conductor.
- 2.11. Combinación de resistencias en serie y en paralelo.
- 2.12. Efecto térmico de la corriente.
- 2.13. Par termoeléctrico.

3. ELECTROLISIS, APLICACIONES

- 3.1. El paso de la corriente eléctrica a través de las disoluciones (I).
- 3.2. El paso de la corriente eléctrica a través de las disoluciones (II).
- 3.3. Movimiento de iones.
- 3.4. Electrólisis del sulfato de cobre.
- 3.5. Electrólisis del sulfato de cinc.
- 3.6. Electrólisis del nitrato de plomo.
- 3.7. Electrólisis del agua acidulada.



- 3.8. Cabreado.
- 3.9. Construcción de una pila.
- 3.10. Construcción de un acumulador.

4. MAGNETISMO V ELECTROMAGNETISMO

- 4.1. Imanes. Espectro magnético.
- 4.2. Acciones mutuas entre polos magnéticos.
- 4.3. La brújula.
- 4.4. Experimento de Oersted.
- 4.5. Acción de un campo magnético sobre una corriente eléctrica.
- 4.6. Imanación por frotamiento.
- 4.7. Imanación por corriente eléctrica.
- 4.8. Solenoide. Electroimán.
- 4.9. El timbre.
- 4.10. El relé.

5. GENERADORES V MOTORES ELECTROMAGNETICOS

- 5.1. Inducción electromagnética.
- 5.2. Fundamento del alternador.
- 5.3. Fundamento de la dínamo.
- 5.4. Motor de corriente continúa.



AMPERIMETROS V VOLTIMETROS. FUENTE DE ALIMENTACION. MOTOR. GENERADOR

AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS

1. INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE CORRIENTE CONTINUA

El tipo de cuadro del amperímetro y voltímetro del equipo corresponde a los llamados de «bobina-móvil». Este tipo de instrumentos es especialmente indicado para la medida de los valores de la intensidad y de la tensión, respectivamente, en circuitos de corriente continua.

Si por la bobina del cuadro circula una corriente alterna, la inercia del sistema móvil impide seguir el ritmo de variación de la corriente. Por lo tanto, no se pueden utilizar instrumentos de este tipo en circuitos de corriente alterna, a menos que se rectifique la corriente previamente.

2. ESCALA CON CERO CENTRAL

Tanto el amperímetro como el voltímetro tienen situado el cero en el centro de la escala.

La ventaja de esta disposición reside en el hecho de que no hay que tomar precauciones especiales referentes al sentido de circulación de la corriente en el circuito. Esto es muy importante si se piensa que las experiencias de este equipo van dirigidas a alumnos no iniciados.

No obstante, y con el fin de familiarizarles con el uso correcto de los instrumentos usuales de medida, se debe recomendar que conecten la borna roja al polo positivo de la fuente de alimentación, bien directamente, o bien indirectamente a través de otros elementos del circuito. De esta forma, la corriente circula por su interior desde la borna roja a la borna negra.

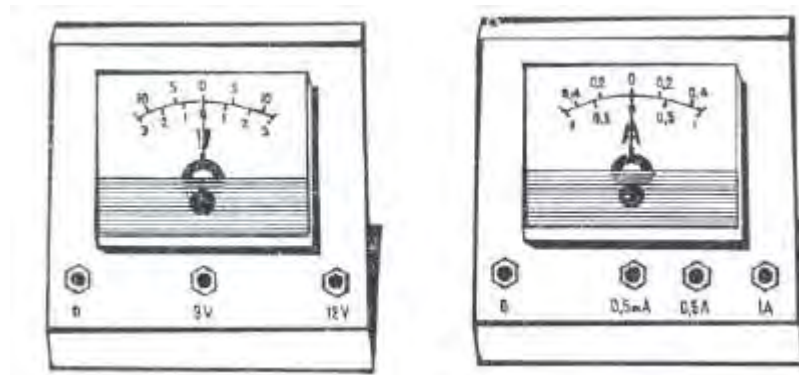
Conectados los instrumentos de este modo, la aguja debe desviarse hacia la derecha de la escala. Si se desvía hacia la izquierda debe entenderse que la corriente está circulando en sentido contrario.

3. ESCALAS DE MEDIDA



Los dos instrumentos van provistos de las bornas de escala necesarias para realizar las experiencias que se describen en las fichas de trabajo de los alumnos.

Cuando se desea medir en un circuito de corriente continua, uno de los cables se conecta a la borna de color negro y el otro cable a una de las bornas rojas del instrumento, de acuerdo con los valores que se desean medir. Los números grabados junto a las bornas indican los valores de intensidad o tensión, respectivamente, que son necesarios para desplazar la aguja del instrumento hasta el fondo de la escala.

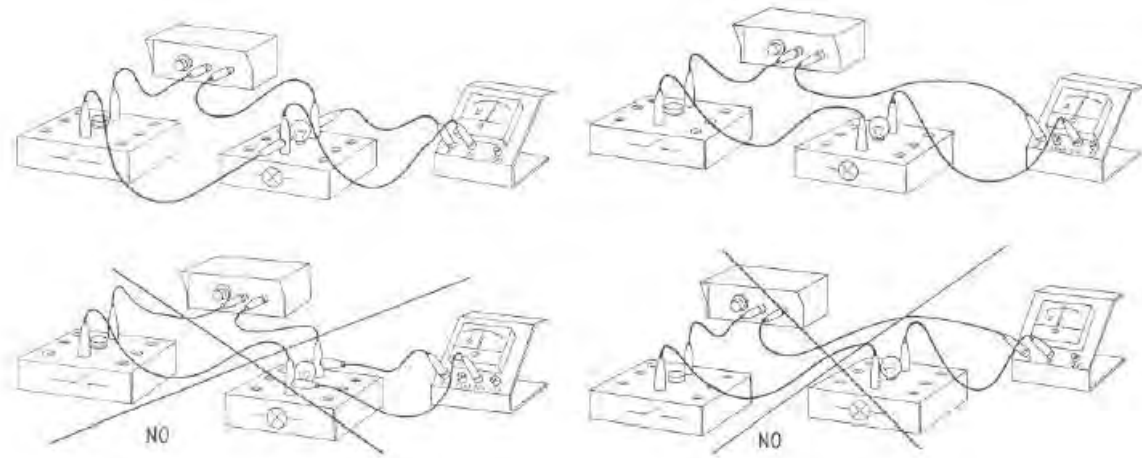


Cuando se quiere efectuar una medida concreta en un circuito eléctrico, debe procederse de forma sistemática.

1. Si no se sabe de qué orden de magnitud es la medida que se va a realizar debe prevenirse la posibilidad de que ésta sea elevada y pueda dañar el instrumento de medida. Por ello se debe conectar en la escala correspondiente al máximo valor. Es decir, se comienza por probar el amperímetro en la escala de 1 A Y el voltímetro en la escala de 12 V.
2. Si una vez conectado el instrumento no se observa desviación de la aguja, o ésta no llega a cubrir el rango del siguiente valor de la escala (0,5 A en el amperímetro y 3 V en el voltímetro) se puede cambiar a la escala de medida correspondiente a estos valores.
3. El amperímetro dispone de una escala de 0,5 mA que sólo se debe utilizar cuando no se aprecia desviación de la aguja con las otras escalas.
4. Para medir intensidades, debe conectarse el amperímetro en serie con el elemento, por el que se desea saber la corriente que pasa.



5. Para medir voltajes, el voltímetro ha de conectarse en paralelo con el elemento en cuyos extremos se desea conocer la diferencia del potencial que existe.



FUENTE DE ALIMENTACIÓN “EA-1”

Suministra las diferentes tensiones de corriente continua que se necesitan en las experiencias del equipo de Electricidad.

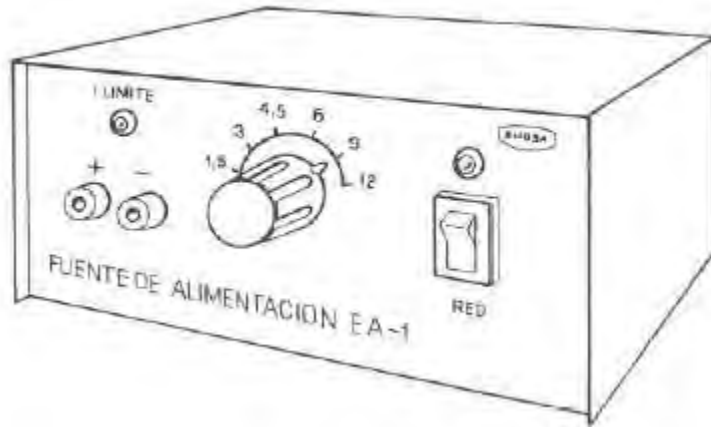
Está preparada para ser conectada a 220 V en corriente alterna. En la parte posterior dispone de un fusible de protección y de una borna para toma de tierra.

Para 125 V en corriente alterna de entrada, es necesario cambiar en el transformador la toma de 220 V por la de 125 V.

Una vez conexionada a la red, se actúa el interruptor, la luz del piloto indica que la fuente está en servicio. Actuando nuevamente el interruptor se interrumpe la corriente en la fuente sin necesidad de desconectada de la red.

El selector de tensiones permite gobernar las salidas de utilización de corriente continua estabilizada, que son de 1,5 V, 3 V, 4,5 V, 6 V, 9 V y 12 V.

Va provista de un sistema de protección contra cortocircuitos y al mismo tiempo limita la corriente de salida 1A. La luz del piloto situado sobre las bornas indica el mal uso o cortocircuito.



MOTOR-GENERADOR

Consta de tres elementos esenciales: el inductor, el inducido y el colector.

1. *EL INDUCTOR*, que es fijo, consiste en dos imanes dispuestos uno sobre el otro y con los polos iguales unidos. De este modo se suman sus efectos magnéticos. (Fig. 1). Cuando se recoja el material, después de realizar la experiencia, *los imanes deben guardarse cruzados*.

Como inductor también puede ponerse la bobina de 2.000 espiras montada sobre el núcleo de hierro dulce (Fig. 2).

2. *EL INDUCIDO* consiste en una bobina rectangular que puede girar solidaria con un eje. En su interior está colocado un núcleo aplanado de hierro dulce que tiene por misión aumentar la inducción magnética en el interior de la bobina.

En uno de los extremos del eje hay una pequeña polea donde se puede arrollar una cuerda. Solidaria con la polea hay una rueda dentada que se engrana con otra rueda mayor que dispone de una manivela.

Cuando este aparato se utiliza como generador se puede accionar a mano con la manivela o bien por medio de una cuerda arrollada en la polea y de la que se tira, sujetando el motor por su base. En este último caso, se debe retirar la rueda dentada grande de su emplazamiento. Para ello, basta aflojar el tornillo de su eje.

3. *EL COLECTOR* consiste en dos cilindros aislados entre sí, concéntricos con el eje, y que están soldados a los dos terminales de la bobina, girando solidarios con ésta.



Los dos cilindros anteriores se prolongan en la zona central del colector de modo que cada uno de ellos cubre media sección del cilindro. Cada una de estas secciones recibe el nombre de *delga*. (Fig. 3).

Paralelamente al colector están dispuestas dos piezas metálicas, en contacto con las bornas, y sobre las cuales deslizan dos láminas flexibles que hacen el papel de las *escobillas*.

Estas escobillas se pueden colocar de manera que hagan contacto con el cilindro o delga que convenga.

Las escobillas se ensucian fácilmente por la producción de chispas u otras causas. Se pueden limpiar con un paño o un papel mojados en alcohol. Si el óxido formado es persistente convendrá limpiado con papel esmeril.

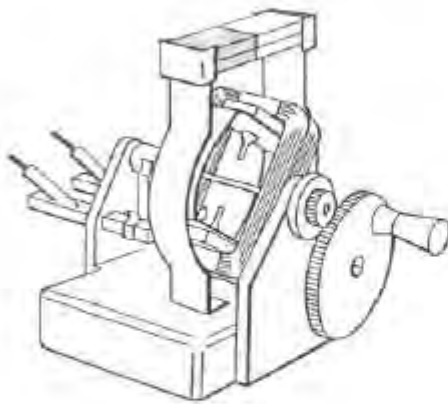


Fig. 1

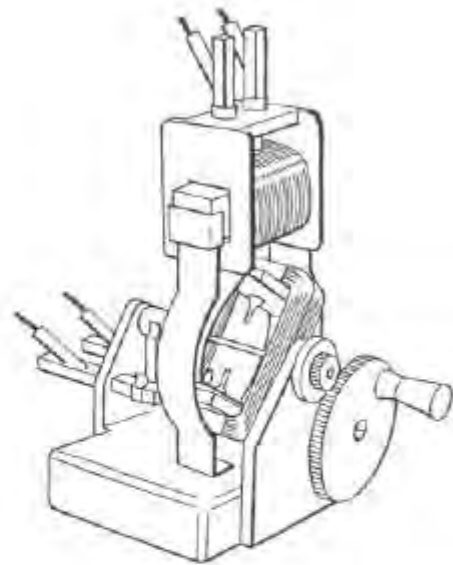


Fig. 2

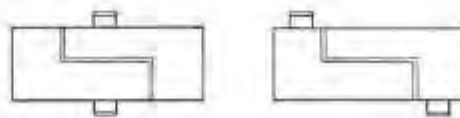


Fig. 3



ELECTRIZACION POR FROTAMIENTO

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Con esta experiencia se pretende que el alumno descubra que los cuerpos se pueden electrizar por frotamiento.

La electricidad por frotamiento es conocida desde la más remota antigüedad. Esta propiedad fue descrita por Thales de Mileto (siglo VII, a J. C.), quien descubrió que el ámbar frotado con una tela atraía pequeños cuerpos como plumitas de aves, pelos, etc.

Precisamente, el nombre de «electricidad», deriva de la palabra griega «electrón» = «ámbar». Esta propiedad la presentan también otras sustancias como la ebonita, el vidrio, la resina y los plásticos en general.

La electricidad por frotamiento justifica muchos fenómenos que suceden en la vida real. Por ejemplo, al quitarse un jersey de nylon en una habitación oscura se observan pequeñas descargas eléctricas. Asimismo, al peinarse con un peine de plástico, se escuchan pequeñas descargas si el pelo está seco.

REALIZACION

Los trocitos de papel deben tener forma cuadrada, de unos 5 mm de lado. Es conveniente que se corten con las tijeras y no con las uñas. De esta forma, los bordes de los papelitos son nítidos y no se enganchan entre sí.

La humedad es el enemigo más importante que tienen los experimentos de electrostática. Si las barras no se electrizan al frotarlas, puede calentarlas poniéndolas al solo bajo el foco de una bombilla de 100W. Cuando se tiene prisa el mejor procedimiento es hacer pasar el chorro de aire caliente de un secador del pelo a lo largo de las barras, de la piel, y de todos aquellos objetos que se vayan a utilizar. Bastan unos segundos para obtener unos resultados satisfactorios.

OBSERVACIONES



1. a) La barra de plexiglás frotada con la piel de gato atrae los pequeños trocitos de papel. Muchos quedan pegados a la barra, pero otros son repelidos después del contacto.

b) Al frotar la barra de ebonita con la piel de gato se observan los mismos fenómenos anteriores.

c) y d) Frotando las barras anteriores con el papel de acetato, ambas se electrizan de nuevo, presentando la propiedad de atraer los pequeños trocitos de papel.

2. Tocando con la mano la superficie de las barras, éstas pierden la propiedad de atraer los papelitos.

3. El agua se comporta como los trocitos de papel. El chorro de agua se desvía siendo atraído por la barra electrizada.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La respuesta es afirmativa.

2. La respuesta será variable según el grado de humedad de los papelitos. Es conveniente hacer observar al alumno que muchos de estos son repelidos algún tiempo después de tocar la barra (en algunos casos este tiempo llega a ser de un minuto o más).

3. La respuesta es: *atrae*.

4. Un cuerpo aislante se puede electrizar frotándolo con una piel de gato.

SUGERENCIAS

La experiencia se puede repetir sustituyendo los papelitos por pequeños trocitos de papel de aluminio. Estos son atraídos por la barra y después de algunos segundos son repelidos con fuerza si la barra estaba uniformemente frotada.

También puede sugerir a sus alumnos que froten un bolígrafo de plástico con la manga de sus jerseys, y que observen lo que sucede al acercarlo a los trocitos de papel.

PENDULO ELECTROSTATICO



GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Con esta experiencia se pretende que el alumno aprecie la importancia que puede tener un sencillo péndulo para el estudio de los fenómenos electrostáticos.

Un péndulo electrostático está formado por una bolita muy ligera (conductora o no), que cuelga de un soporte mediante un hilo aislante muy fino (nilón, por ejemplo).

OBSERVACIONES

1. Al acercar la barra de ebonita a la bolita del péndulo se observa que ésta es atraída por la barra manteniéndose en contacto durante un cierto tiempo y a continuación es repelida. El tiempo de contacto depende de la humedad superficial de la bolita.

2. Con la barra de plexiglás se observa exactamente el mismo fenómeno: La bolita es atraída, pasando un cierto tiempo es repelida.

3 y 4. Al acercar las barras electrizadas a la bolita conductora se observa el mismo fenómeno.

La bolita es atraída y a continuación es repelida. Sin embargo, la diferencia estriba en el tiempo de contacto. Con la bolita conductora el tiempo es muy pequeño: La bolita es atraída por la barra e *inmediatamente después* es repelida.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Un péndulo electrostático consiste en una bolita muy ligera soportada por un hilo fino de seda natural o nilón.

2. Los alumnos han comprobado que con un péndulo electrostático se pueden poner de manifiesto las fuerzas de atracción o repulsión debidas a fenómenos electrostáticos. Así, pues, con un péndulo se puede determinar si una barra está electrizada.

3. Las barras de plexiglás y de ebonita se electrizan al ser frotadas, electrización que se pone de manifiesto con el péndulo electrostático.



4. Cuando acercas la barra de ebonita a la bolita de poliestireno, primeramente *la atrae*, y al cabo de un cierto tiempo, *la repele*.
5. Con la barra de plexiglás ocurre exactamente lo mismo.
6. La bolita queda *cargada*.
7. La respuesta es negativa.
8. Las dos bolitas son atraídas al principio. Pero la bolita conductora es inmediatamente repelida, mientras que la de poliestireno no conductora permanece pegada a la barra.
Esto es debido a que la bolita conductora se carga inmediatamente de la misma carga que tiene la barra, siendo repelida a continuación. La bolita de poliestireno, por no ser conductor, tarda un cierto tiempo en cargarse y, como consecuencia, en ser repelida.
9. Las bolitas anteriores se pueden descargar tocándolas simplemente con la mano.

NOTAS

1. El péndulo electrostático conductor consiste en una bolita de poliestireno de las mismas características que la bolita no conductora, pero cuya superficie ha sido metalizada mediante un tratamiento especial. Ha otras formas sencillas de hacer conductora una bolita de un material aislante. Uno de los procedimientos consiste en recubrirla con una mezcla de grafito coloidal y agua. Se obtienen aun mejores resultados utilizando acetona en vez de agua.

Otro procedimiento, bastante eficaz, consiste en sumergir la bolita en silicona, teniendo la precaución de no mojar el hilo de nilón que la sostiene.

2. El diferente comportamiento de las bolitas de poliestireno (conductora y no conductora) permite explicar el fenómeno tratado en la experiencia anterior, al acercar la barra electrizada a los trocitos de papel.

Como el papel no es conductor, es atraído por la barra quedando pegada a ésta durante un cierto tiempo antes de ser repelido. Si la barra está poco electrizada, el tiempo de contacto puede llegar a ser de 1 minuto o incluso más. Este tiempo



también depende de la humedad del papel. Con un papel muy húmedo el tiempo de contacto es corto.

DIFERENTES CLASES DE CARGAS

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

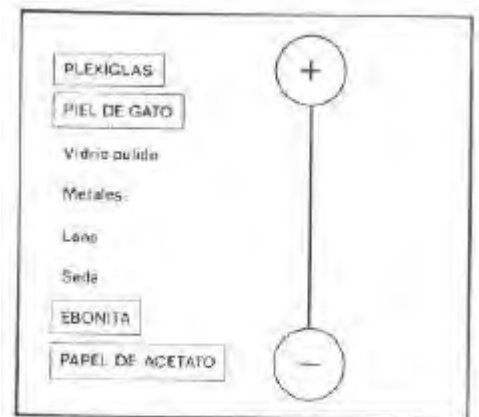
En las dos experiencias anteriores hemos comprobado que los cuerpos se electrizan por frotamiento. Vimos que al frotar una barra de plexiglás y otra de ebonita con la piel de gato y el papel de acetado, quedaban electrizadas, poniéndose de manifiesto esta propiedad porque atraían pequeños trocitos de papel y al péndulo electrostático.

Ahora vamos a comprobar que no todos los cuerpos, al ser frotados, se electrizan de igual manera.

Experimentos con diferentes materiales establecen la existencia de dos clases de electricidad: la positiva (+) y la negativa (-). Un cuerpo que no manifiesta fenómenos electrostáticos diremos que está en estado «neutro».

Un mismo cuerpo puede adquirir carga positiva (+) o negativa (-) según el cuerpo con que se frote. Por ejemplo, la barra de ebonita adquiere carga negativa al ser frotada con la piel de gato mientras que adquiere carga positiva si es frotada con el papel de acetato.

Se puede establecer una escala de sustancias en un orden tal que cada una de ellas se carga positivamente al ser frotada con las siguientes de la lista, y negativamente al ser frotada con las anteriores a la misma. Esta electrización es tanto más energética cuanto más distantes se encuentren en la escala:



A la vista de la escala se deduce que el plexiglás se carga positivamente al frotarlo con la piel de gato o con el papel de acetato, si bien con este último material la electrización es más intensa.



Por otra parte, la ebonita se carga negativamente con la piel de gato y positivamente con el papel de acetato.

El vidrio se carga positivamente al frotarlo con un trapo de seda, y ligeramente negativo si se frota con la piel de gato.

En los experimentos que siguen recomendamos:

1. Frotar la barra de plexiglás con el papel de acetato.
2. Frotar la barra de ebonita con la piel de gato.

De esta forma conseguiremos que las barras se electricen con las siguientes cargas:

- La barra de plexiglás: positiva (+).
- La barra de ebonita: negativa (-).
-

El papel de acetato y la piel de gato quedan, a su vez, electrizados con carga negativa (-) y positiva (+) respectivamente.

La electrización por frotamiento se explica fácilmente si se considera que todas las sustancias están constituidas por átomos. Un átomo en estado neutro contiene, normalmente, cargas positivas y negativas en igual número. Las cargas positivas (protones), se encuentran alojadas en el núcleo del átomo. Las cargas negativas (electrones) se encuentran en la corteza, alrededor del núcleo, ocupando unas posiciones caracterizadas por una energía determinada.

En algunas sustancias los electrones exteriores de la corteza pueden ser arrancados fácilmente. Cuando dos cuerpos diferentes se frotan, estableciéndose un íntimo contacto entre los dos, uno de ellos puede perder electrones, tomándolos el otro. El primero queda con un defecto de electrones (se dice que queda cargado positivamente) y el segundo con un exceso de los mismos (queda cargado negativamente).

Entre dos cuerpos cargados existe una interacción que se pone de manifiesto por la aparición de fuerzas repulsivas o atractivas según que las cargas de los cuerpos sean de igual distinto signo, respectivamente.

El objetivo de la presente experiencia es poner de manifiesto la existencia de las dos clases de cargas, positiva y negativa, y su diferente comportamiento mutuo; las cargas de igual signo se repelen y las de signo contrario se atraen.



REALIZACION

En el desarrollo de esta experiencia se deben seguir las recomendaciones apuntadas arriba:

1. Frotar la barra de plexiglás con el papel de acetato. Queda cargada *positivamente*.
2. Frotar la barra de ebonita con la piel de gato. Queda cargada *negativamente*.

Se ha preferido utilizar la bolita conductora porque, de esta manera, los fenómenos de interacción se manifiestan con más rapidez.

OBSERVACIONES

1. Al acercar la barra de plexiglás (cargada positivamente) a la bolita, ésta se atraída hasta que queda cargada (también positivamente). Inmediatamente después del contacto es repelida.

2. Acercando a la bolita anterior la barra de ebonita (cargada negativamente) se observa que aquélla es atraída por la barra.

Si la barra se acerca demasiado puede ser tocada por la bolita, cargándose ésta con la misma carga que la ebonita (negativamente) y siendo inmediatamente repelida.

3. Al acercar la barra de plexiglás, la bolita es repelida.

4. Al tocar las dos bolitas con la barra de plexiglás ambas quedan cargadas del mismo signo (positivamente). Al acercarlas se observa que se *repelen*.

5. Al tocarlas con la barra de ebonita quedan cargadas del mismo signo (negativamente).

Al acercarlas se observa que también se *repelen*.

6. Las bolitas quedan cargadas de signo distinto según las toquemos con la barra de plexiglás (positiva) o con la barra de ebonita (negativa). Al acercar las bolitas anteriores se observa que se *atraen*.



7. Cuando se acerca a la bolita del péndulo la barra de plexiglás electrizada, al principio la bolita es *atraída*, pero inmediatamente después del contacto es *repelida* por la barra. Al acercar el trozo de papel de acetato con que fue frotada se observa que la bolita es *atraída*.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Cuando se acerca la barra de plexiglás frotada con el papel de acetato, primeramente *atrae* la bolita del péndulo, e *inmediatamente después* la *repele*.

2. Con la barra de ebonita sucede exactamente igual.

3. La bolita electrizada por la barra de plexiglás es *repelida* por la barra de plexiglás y *atraída* por la barra de ebonita.

4. De lo anterior se deduce que la electricidad adquirida por la barra de plexiglás y la de ebonita es *distinta*.

5. Las dos bolitas cargadas con la barra de plexiglás se *repelen* entre sí.

6. Las dos bolitas cargadas con la barra de ebonita se *repelen* también.

7. La bolita cargada con la barra de plexiglás y la bolita cargada con la barra de ebonita se *atraen* entre sí.

8. Se puede concluir que:

- Las cargas positivas se repelen entre sí.
- Las cargas negativas se *repelen* entre sí.
- Una carga positiva y otra negativa se *atraen*.
- Cargas del mismo signo se *repelen* y de diferente signo se *atraen*.

9. Cuando se frota la barra de plexiglás con el papel de acetato se queda cargada *positivamente*, y el trozo de papel con que fue frotada queda cargado *negativamente*.

ELECTROSCOPIO ELEMENTAL

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



El objetivo de esta experiencia es que el alumno construya su propio electroscopio, lo sepa utilizar y que conozca su fundamento.

El electroscopio es un sencillo aparato que permite determinar, de forma cualitativa, el estado eléctrico de un cuerpo cargado. Consta de dos laminillas conductoras, muy ligeras, que se separan al tocadas con un objeto cargado.

El fundamento de un electroscopio reside en el hecho experimental de que, cargas del mismo signo se repelen. En efecto, las dos laminillas del papel metálico se electrizan con cargas del mismo signo, por lo que aquellas se repelen formando un cierto ángulo, proporcional al valor de la carga eléctrica adquirida.

Consideremos un cuerpo, de capacidad eléctrica C , que está electrizado con una carga Q .

$$V = \frac{Q}{C}$$

Vamos a medir su estado eléctrico con un electroscopio, que tiene una capacidad eléctrica C' (fig. 1). Una de las cualidades de los aparatos de medida es que no debe perturbar la magnitud que se va a medir. Por lo tanto, la capacidad C' debe ser muy pequeña comparada

Al ponerlos en contacto, el electroscopio adquiere una cierta carga del cuerpo electrizado, hasta que los dos alcanzan el mismo potencial V' (Fig. 2).

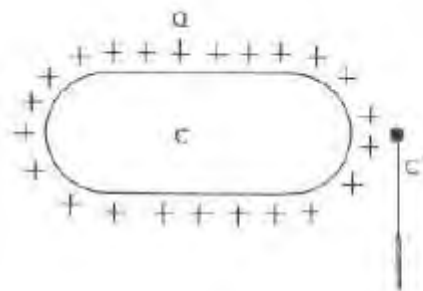


Fig. 1

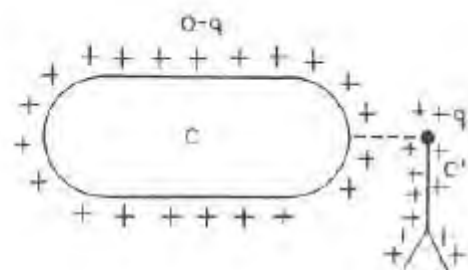


Fig. 2

El nuevo potencial V' común a los dos cuerpos vale:



$$V'' = \frac{q}{C'} = \frac{Q-q}{C}$$

de donde:

$$q = \frac{C' Q}{C+C'} = \frac{C' Q/C}{1+C'/C} = \frac{C' V}{1+C'/C}$$

Como $C' < C$ se puede poner: $q \simeq C' V$

La divergencia de las láminas del electroscopio es función de la carga q adquirida por éste. A la vista de la expresión (1), deducimos que, en resumen, un electroscopio lo que mide en realidad es el «potencial» del cuerpo cargado en función de una constante C' , propia del aparato de medida.

REALIZACION

Recomendamos que el alumno corte una tira de papel de aluminio de unos 12' cm X 0,5' cm. Estas dimensiones se pueden modificar según el espesor y elasticidad del papel.

Algunas veces puede interesar que la tira sea más ancha. Se obtienen buenos resultados con una anchura de 2 cm, si en la parte superior se mantiene la reducción de 0,5 cm como indica la fig. 3.

OBSERVACIONES

1. Se observa que las láminas se separan ligeramente.
2. Al tocar con el dedo la parte superior del papel de aluminio, las láminas se vuelven a juntar.
3. Las láminas vuelven a separarse.
4. De nuevo se juntan.
5. No se observa ninguna diferencia apreciable. En todo caso, debido a que el plexiglás y el acetato están más separados entre sí que la ebonita y la piel de



gato, respectivamente, en la escala representada en la experiencia 1.3, es posible que se aprecie una mayor divergencia de las láminas con el plexiglás, que con la ebonita.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Las cargas del mismo signo se *repelen* y las cargas de diferente signo se *atraen*.
2. Al frotar con el papel de acetato la barra de plexiglás ésta queda cargada *positivamente*.
3. Al frotar con la piel de gato la barra de ebonita, ésta queda cargada *negativamente*.
4. Positivamente.
5. Por igual, con la misma carga.
6. Las dos láminas del electroscopio se separan porque quedan electrizadas con la misma carga y sabemos que cargas del mismo signo se repelen.

CORRIENTE CONTINUA (conductores y aislantes)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Analizar diferentes muestras de materiales para ver si conducen la electricidad.

Los alumnos agruparán los diferentes materiales utilizados en dos grandes grupos: CONDUCTORES Y NO CONDUCTORES.

Esta clasificación es demasiado simplificada, ya que todas las sustancias conducen la electricidad en mayor o menor grado.

Las conductividades que presentan los diferentes materiales son muy variables. Las sustancias llamadas CONDUCTORAS presentan conductividades altas. En los NO CONDUCTORES (llamados también aisladores) las conductividades son extremadamente bajas. No existen aislantes perfectos.



Los alumnos comprobarán además, que los metales, en general, son buenos conductores de la electricidad mientras que los no metales se comportan como aislantes.

MATERIAL

Además del material reseñado en la experiencia los alumnos pueden probar con los diferentes objetos que tengan .en los bolsillos (monedas, pañuelos, etc.) o con aquellos que se les ocurra (piedras, reglas, lápices, etc.).

RESULTADOS

Los alumnos deben limitarse a marcar con una X aquella afirmación que sea cierta.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Los alumnos contestarán de acuerdo con el resultado de sus observaciones. Normalmente contestarán que «conducen» la electricidad: la aguja de acero, los electrodos de cobre, cinc y plomo. la tira de aluminio y la barra de carbón.

Si alguno de los materiales anteriores lo han clasificado como «no conductor» es conveniente advertirles de que comprueben los contactos eléctricos de las pinzas del cocodrilo.

2. Todos los elementos anteriores son metálicos excepto el carbón.

3. Los objetos «no conductores» son los demás. Los alumnos contestarán con las tiras de madera, papel, plástico, la cuerda y el tubo de vidrio.

4. Todos los elementos anteriores son «no metales». No hay ningún metal.

5. La frase quedaría en la forma. Los metales son *buenos* conductores de la electricidad y los no metales son *malos conductores de la electricidad* (o son buenos aislantes).

6. Es convenientes que los alumnos sepan que hasta los mejores aislantes presentan una pequeña conductividad. Se les puede advertir de que con buenos aparatos se puede detectar e incluso medir la corriente que circula a lo largo de estas sustancias. Sin embargo, esta pequeña corriente no es capaz de encender la lámpara del experimento.



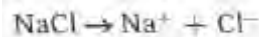
POLOS DE LA CORRIENTE CONTINUA (2.2.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

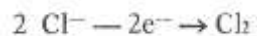
OBJETIVO

En muchas experiencias de electricidad es necesario conocer previamente la polaridad de las bornas del generador. En esta experiencia se explica un sencillo procedimiento para determinar el signo de los polos de un generador con la ayuda del papel buscapolos.

El papel buscapolos se puede obtener fácilmente empapando una tira de papel de filtro en una disolución hidroalcohólica de fenolftaleína más sal común. El NaCl en solución acuosa contiene iones Na^+ y Cl^-



Bajo la acción de una corriente eléctrica, el Cl^- es atraído hacia el polo positivo donde se descarga dando lugar al gas Cl_2 :



El ión Na^+ es atraído hacia el polo negativo, donde no se descarga debido a su alto potencial de electrodo, permaneciendo en la disolución como catión Na^+ .

Las moléculas de agua, en las proximidades del polo negativo toman electrones dando lugar a iones OH^- y moléculas de hidrógeno:



La fenolftaleína, en presencia de los iones OH^- , adquiere una tonalidad roja, por lo que se tiñe el papel buscapolos de ese color en las proximidades del polo negativo.

De esta propiedad se hace uso en esta experiencia para determinar cual de las dos bornas de los hilos está conectada al polo negativo del generador.

REALIZACION



No es necesario humedecer excesivamente el papel buscapolos.

Es conveniente advertir a los alumnos que es importante que no se toquen las dos bornas de los hilos de conexión, pues provocarían un cortocircuito con el consiguiente daño para el generador.

OBSERVACIONES

1. Aparecerá sobre el papel buscapolos una pequeña mancha de color rojizo en la zona de contacto con la borna correspondiente al polo negativo de la fuente de alimentación, mientras que no se observa nada extraño en la zona de contacto con la borna unida al polo positivo.
2. La mancha rojiza aparece solamente junto a la borna negativa.
3. Si se cambia la polaridad de los hilos de conexión la mancha sigue apareciendo junto a la borna que esté unida al polo negativo de la fuente de alimentación.
4. Aparece la mancha rojiza junto a las dos bornas.

CUESTIONES V CONCLUSIONES

1. Aparece una mancha rojiza junto a la borna conectada al polo negativo.
2. Junto al polo negativo exclusivamente.
3. Cuando los hilos están conectados a la corriente alterna el fenómeno aparece junto a las dos bornas. Cada una de las bornas de la fuente de alimentación cambia sucesivamente r de polaridad (50 veces por segundo). Cada vez que se hace negativa una de ellas provoca la coloración roja del papel. Esta coloración no desaparece en el intervalo en que se torna positiva. De esta manera, al cabo de unos segundos, el papel presenta la típica coloración en la zona de contacto con las dos bornas.
4. La polaridad de la pila (o de cualquier otro generador) debe ser ahora la incógnita. Sería conveniente tapar cualquier indicación que lleve marcada. Sabiendo el alumno (porque así lo ha comprobado) que la mancha aparece

MONTAJE DE UN CIRCUITO ELECTRICO SENCILLO (2.3.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS



OBJETIVO

El objetivo principal de esta experiencia y la siguiente es lograr que los alumnos pierdan el temor inconsciente a la electricidad y se familiaricen con los circuitos eléctricos de bajo voltaje.

REALIZACIÓN

Los alumnos se limitan a encender una lámpara y a ver el efecto de un interruptor intercalado en un circuito.

La fuente de alimentación permanece conectada a la red a lo largo de las diferentes fases del montaje. Para ponerla en funcionamiento o para apagarla, los alumnos tienen que accionar exclusivamente el interruptor incorporado a la *misma*.

Aunque no hay ningún peligro en la manipulación de los cables de conexión, al término de cada montaje el alumno recibe la orden de apagar la fuente de alimentación. De esta manera adquiere el hábito necesario para utilizar voltajes mayores que exigen un cierto respeto consciente al manipular los cables de conexión.

OBSERVACIONES

1. La respuesta es afirmativa. Si en algún equipo no se enciende la lámpara, compruebe si el piloto de la fuente de alimentación está encendido. Puede decidir al alumno que se fije si el filamento de la lámpara se ha fundido y que, en último caso, compruebe los contactos eléctricos de los cables de conexión.
2. La lámpara se enciende como resultado del efecto calorífico de la corriente eléctrica, que es independiente del sentido de ésta. La respuesta correcta es: *luce igual*.
3. Se observa que *se apaga*.
4. Con el interruptor del circuito abierto la lámpara está *apagada*.
5. Con el interruptor cerrado la lámpara está *encendida*.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES



1. El alumno seguramente hará un dibujo de lo que realmente ve. (Fig. 1). Es conveniente completarle el dibujo mostrándole cómo son las conexiones del filamento al casquillo. (Ver Fig. 2).

Una lámpara consta de una ampolla de vidrio y de un casquillo de metal preparado para ser enroscado en un soporte. Dentro de la ampolla está el filamento.

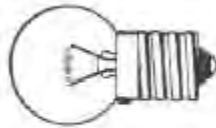


Fig. 1

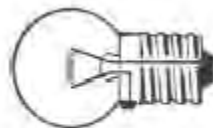




Fig. 2

2. Con esta pregunta el alumno debe llegar a la conclusión de que para encender una lámpara se necesita un circuito que esté cerrado. Responderá que son necesarios *dos cables*, como mínimo, de acuerdo con la Fig. 1 de la ficha del alumno.

Algunos alumnos piensan, al principio, que es posible encender la lámpara con un solo cable. Puede dejarles que lo intenten y que descubran por sí mismos la verdadera respuesta.

3. El símbolo eléctrico de una pila es: 

La raya larga corresponde al polo positivo, y la corta al negativo.

4. El símbolo eléctrico de una lámpara es: 

5. Esta cuestión refuerza la número 2. La respuesta es negativa.

6. No pasa corriente a través de un interruptor abierto. La respuesta es inmediata después de la realización experimental.

7. En cambio, la corriente *sí* pasa a través de un interruptor cerrado.

8. El alumno ha comprobado que con el interruptor puede encender y apagar la lámpara gobernando su funcionamiento.

El interruptor corta el paso de la corriente eléctrica en un circuito o permite su paso, según que esté abierto o cerrado, respectivamente.



9. La lámpara de incandescencia, llamada también bombilla. fue inventada por Edison en 1879. Su aplicación más importante es la de producir luz artificial mediante la transformación de la energía eléctrica en luminosa.

CONEXIONADO DE LAMPARAS (2.4.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Con esta experiencia se pretende que el alumno se familiarice con los circuitos eléctricos y adquiera la habilidad necesaria para su montaje.

Partiendo del montaje más sencillo se continúa con otros cada vez más complicados. Al mismo tiempo se hacen observaciones acerca de la luminosidad relativa de las diferentes lámparas que se conectan en cada circuito.

MATERIAL

Para conseguir un resultado satisfactorio es necesario que las lámparas utilizadas sean todas del mismo fabricante, (la misma marca) y con iguales características.

OBSERVACIONES

1. Al pulsar el interruptor del circuito la lámpara se enciende.
2. Las dos lámparas lucen con una luminosidad que es igual para las dos, pero menor que la que tenía la lámpara anterior. Si la fuente de alimentación funciona correctamente y, sin embargo, las lámparas no se encienden, es debido a que una de ellas está fundida. Si las lámparas están bien, repase los contactos de los cables de conexión.

En teoría, dos lámparas de las mismas características conectadas en serie tienen que brillar con la misma intensidad.

Si esto no ocurre así, puede ser debido a alguno de los siguientes factores:

- Que procedan de fabricantes distintos (con diferente composición en el material del filamento y, por consiguiente, diferente resistencia).
- Que una de ellas haya sido sometida a una sobrecarga de tensión.



Si al hacer el experimento una de las lámparas luce más luminosa que la otra, o incluso una de ellas no se enciende, permaneciendo brillante la otra, es porque no son iguales (tienen diferente resistencia). En este caso conviene cambiar una de ellas por otra de las mismas características que la que utilizamos. Si no se hace esto, el resultado de los experimentos que siguen están condenados al fracaso.

3. Al aplicar una tensión de 12 V, las dos lámparas en serie lucen ahora con su brillo característico (igual que en la realización 1). Al ser las dos lámparas iguales, la caída de tensión entre los extremos de cada una de ellas es de 6 V.

4. Al aflojar una de las lámparas, el circuito se interrumpe, apagándose las dos lámparas.

5. Al poner las dos lámparas en paralelo, lucen con su brillo característico (igual que en la realización 1). Las dos lámparas están aplicadas directamente a la tensión de 6 V. Observe que con este montaje no se debe poner el selector en 12 V, pues se fundirían las dos lámparas.

6. Al aflojar una de las lámparas en paralelo se apaga ésta permaneciendo encendida la otra lámpara.

7. Se encienden las tres lámparas. La lámpara 1 con poco brillo. Las 2 y 3 tienen su filamento incandescente, pero apenas dan luz.

8. También se encienden las tres lámparas. La lámpara 1 con mucho brillo, mayor que el característico. Las 2 y 3 tienen el filamento incandescente, más que antes pero sin llegar a dar luz. (Fig.1).

Si mide con un voltímetro la diferencia de potencial entre los extremos *A* y *B* de la lámpara 1 y entre los extremos *B* y *e* del sistema de las dos lámparas 2 y 3 en paralelo, obtendrá, aproximadamente, los siguientes valores:

- Cuando la tensión aplicada es $V = 6$ Voltios:

•
 $V_{ab} = 4,5$ Voltios
 $V_{bc} = 1,5$ Voltios

- Cuando la tensión aplicada es:

$V = 12$ Voltios
 $V_{ab} = 9,5$ Voltios

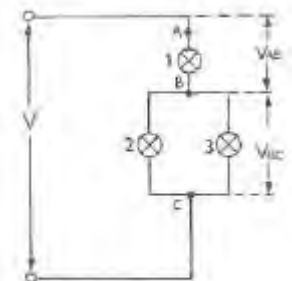


Fig. 1



$V_{bc} = 2,5$ Voltios

Estos resultados explican por qué las lámparas 2 y 3 apenas lucen, tanto si se aplica el conjunto a 6 V como a 12 V. En cambio, la lámpara 1, luce primeramente a 4,5 y después a 9,5 V. Por eso no se debe mantener el interruptor conectado demasiado tiempo para 12 V, pues se fundiría la lámpara 1.

Si intenta demostrar el resultado anterior considerando que los filamentos de las lámparas son resistencias obtendrá los siguientes resultados (Fig. 2).

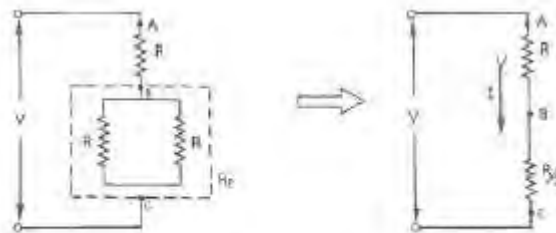


Fig. 2

La resistencia equivalente, R_e , del conjunto de las lámparas 2 y 3 puestas en paralelo vale:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \parallel R_e = \frac{R}{2}$$

La resistencia total del circuito vale:

$$R_T = R + R_e = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$$

Aplicando la ley de Ohm, se calcula la intensidad de la corriente que circula:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{2V}{3R}$$

Entonces, las diferencias de potencial V_{ab} y V_{bc} valen:

$$V_{AB} = IR = \frac{2V}{3R} R = \frac{2V}{3}$$

$$V_{BC} = IR_e = \frac{2V}{3R} \frac{R}{2} = \frac{V}{3}$$

Cuando la tensión aplicada es de 6V, resulta:



$$V_{AB} = \frac{2V}{3} = \frac{2 \cdot 6}{3} = 4 \text{ Voltios}$$

$$V_{BC} = \frac{V}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ Voltios}$$

Cuando la tensión aplicada es de 12 V, resulta:

$$V_{AB} = \frac{2V}{3} = \frac{2 \cdot 12}{3} = 8 \text{ Voltios}$$

$$V_{BC} = \frac{V}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ Voltios}$$

La notable diferencia entre los valores calculados y los observados con el voltímetro radica en que los filamentos de las lámparas son resistencias que «se calientan», y, por lo tanto, aumentan su valor con la temperatura. Es decir, la resistencia de la lámpara 1, por estar sometida a una tensión mayor se calienta más que las lámparas 2 y 3. En consecuencia su resistencia eléctrica se modifica, aumentando su valor más de lo esperado.

Es decir, la resistencia de las lámparas no cumplen la Ley de Ohm.

9. Al aflojar la lámpara 1, se interrumpe el circuito, apagándose las tres lámparas.

10. Si se afloja la lámpara 2, se apaga. Al mismo tiempo, la lámpara 3 luce con más brillo, y la lámpara 1 con menos, igualándose con la 3.

11. Al aflojar las lámparas 2 y 3, el circuito queda interrumpido, por lo que se apaga también la 1.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Se apagan todas las lámparas. El resultado es evidente después de la realización experimental.
2. Si las lámparas están en paralelo sólo se apaga la lámpara que se afloja (o se funde) permaneciendo las demás encendidas.
3. Los alumnos contestarán negativamente, de acuerdo con su experiencia personal.
4. Esta conclusión se apoya en las afirmaciones anteriores. Contestarán que las lámparas de las casas están conectadas en *paralelo*.



5. Se fundiría. El alumno ha observado en el montaje en serie que las lámparas lucen más luminosas al aumentar el voltaje. Cuanto mayor es el voltaje aplicado a una lámpara, tanto más luce ésta, pudiendo llegar a fundirse si sobrepasa el voltaje de régimen impreso en la misma.

6. Se pueden conectar dos lámparas de 6 V a una tensión de 12V si se disponen en serie.

De esta manera, los 12 V de la fuente de alimentación «se reparten» entre las dos lámparas, de tal manera que cada una de ellas tiene un voltaje «aplicado» de 6 V.

7. El número de lámparas necesarias se obtiene de acuerdo con la conclusión anterior dividiendo el voltaje de la fuente de alimentación (120 V) entre el voltaje de régimen de cada lámpara (6 V): *número: $120 = 20$ lámparas 6*

$$\text{número: } \frac{120}{6} = 20 \text{ lámparas}$$

Así pues, conectando en serie 20 lámparas de 6 V, se puede aplicar el conjunto a una tensión de 120 V, sin peligro de que se fundan.

EL AMPERIMETRO (2.5.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El objetivo de esta experiencia es que los alumnos aprendan a medir la intensidad de la corriente que circula por un determinado circuito, sabiendo la escala del amperímetro que deben utilizar y el lugar donde deben conectar este instrumento de medida.

MATERIAL

El amperímetro del equipo tiene el cero en el centro de la escala. Por lo tanto, no hay que tomar ninguna precaución especial con respecto al sentido de la corriente al conectar el instrumento en un circuito. De todas las maneras, y para irles acostumbrando al uso correcto de los aparatos de medida, se debe recomendar que la borna roja del amperímetro tiene que estar conectada al polo positivo de la fuente de alimentación, bien directamente, o bien indirectamente a través de los demás elementos del circuito. La borna negra del amperímetro debe estar conectada, también directa o indirectamente, al polo negativo de aquélla. De esta



manera, la corriente circula por el interior del instrumento desde la borna roja a la borna negra.

Conectado el amperímetro de esta manera, la aguja debe desviarse hacia la derecha de la escala. Si se desvía hacia la izquierda, los alumnos deben entender que la corriente está circulando con el sentido contrario, es decir, entra en el amperímetro por la borna negra y sale por la roja.

REALIZACION

Se debe advertir a los alumnos que los amperímetros nunca se deben conectar directamente a la fuente de alimentación. Al menos debe ir una lámpara en serie con él. Un amperímetro tiene una resistencia interna muy pequeña. Por lo tanto, si se conecta directamente a la fuente de alimentación se provoca, prácticamente, un cortocircuito, corriendo un grave riesgo de estropearlo, debido al gran flujo de corriente que pasaría a su través.

Colocando un interruptor en el circuito se puede prevenir una posible equivocación protegiendo al amperímetro de cualquier sobrecarga. En cuanto vean que la aguja se va al fondo de la escala lo soltarán rápidamente, interrumpiendo el paso de la corriente.

Cuando los alumnos no sepan de qué orden es la intensidad de la corriente que van a medir, deben conectar el amperímetro en la escala correspondiente al máximo valor. En nuestro caso, la escala es de 1 A.

Si la intensidad de la corriente que circula es de un valor inferior a 0,5 A, pueden cambiar la escala del amperímetro a este valor.

Finalmente, si la aguja del amperímetro apenas se desvía, se puede cambiar la escala al valor de 0,5 mA.

En la realización de las medidas de esta experiencia, los alumnos comprobarán que la escala de 0,5 A es la más apropiada para las medidas que van a efectuar.

RESULTADOS

Los alumnos deben completar los cuadros de resultados con los valores experimentales que obtengan. Además indicarán cómo es la luminosidad de las lámparas.



En las pruebas realizadas en el laboratorio, nosotros obtuvimos los siguientes resultados:

<i>Posición del Selector</i>	<i>Lectura del Amperímetro</i>	<i>Luminosidad de las lámparas</i>
3 V	0,22 A	poca
6 V	0,30 A	regular
12 V	0,42 A	mucha

<i>Posición del selector: 12 V</i>		
<i>Situación del Selector</i>	<i>Lectura del Amperímetro</i>	<i>Luminosidad de las lámparas</i>
1	0,42 A	mucha
2	0,42 A	mucha
3	0,42 A	mucha
4	0,42 A	mucha
5	0,42 A	mucha

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Las lámparas lucen más luminosas cuando la corriente eléctrica es *mayor*. Los alumnos deben llegar a esta conclusión después de estudiar el primer cuadro de resultados, siempre que identifiquen la lectura del amperímetro con el «flujo» de cargas a lo largo del circuito.
2. Las lámparas lucen más luminosas cuando el selector de la fuente de alimentación indica una tensión de 12 V.
3. El aparato que mide la intensidad de la corriente eléctrica se llama amperímetro. En esta experiencia no se pretende que conozcan el fundamento de este instrumento de medida, sino el uso práctico del mismo.
4. Los alumnos deben deducir la respuesta, si no lo saben ya, a partir del nombre que recibe el aparato que están utilizando: Un amperímetro debe medir amperios.
5. La respuesta es inmediata a la vista del cuadro de resultados: 12 V.
6. Como consecuencia se puede concluir que la intensidad de la corriente eléctrica *depende* de la tensión de la fuente de alimentación y es tanto mayor cuanto *mayor* es la tensión de la fuente.



7. Las lámparas lucen más brillantes cuando el amperímetro indica una intensidad *mayor*.

Esta respuesta es inmediata a la vista del cuadro de resultados.

8. El amperímetro se debe colocar en serie con los demás elementos del circuito. Hay muchos alumnos que no comprenden por qué un amperímetro no se puede conectar en paralelo con una lámpara para medir la intensidad de la corriente que pasa por ella.

Estas dificultades desaparecen si llegan a comprender que la resistencia interna del amperímetro es muy pequeña. Para convencerles puede sugerirles el siguiente experimento:

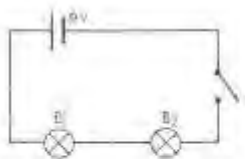


Fig. 1

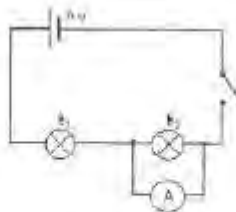


Fig. 2

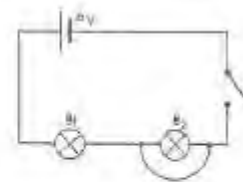


Fig. 3

Primeramente, díales que realicen el montaje indicado en la Fig. 1 Y que observen la luminosidad de las dos lámparas. Ambas lucirán por igual con una luminosidad pequeña.

A continuación deben conectar el amperímetro «en paralelo» con una de las lámparas (Fig. 2). Observarán que la lámpara B. aumenta su luminosidad mientras la B2 se apaga.

Observarán el mismo resultado si cortocircuitan la lámpara B2 con un cable de conexión (Fig. 3).

Una de las cualidades generales de los aparatos de medida es que no debe perturbar la magnitud que se va a medir. Colocando el amperímetro en paralelo con la lámpara perturba la intensidad de la corriente que circula por la otra lámpara, ya que ésta luce más luminosa.

Sería conveniente advertir a los alumnos que, aunque la conexión del amperímetro en la fig. 2 no ha sido la adecuada, éste no se ha estropeado, ya que en el montaje había otra lámpara en serie con él.

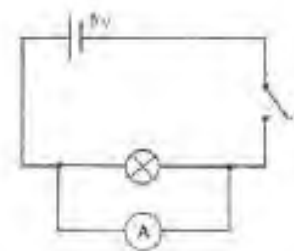


Fig. 4



Pero si el circuito consta de una sola lámpara (Fig. 4), se corre un riesgo evidente de averiar el instrumento debido al gran flujo de corriente que pasaría por él.

9. Estudiando el segundo cuadro de resultados se llega a la conclusión de que la intensidad de la corriente es *la misma* en todos los puntos del circuito. (Se supone que no hay derivaciones).

De aquí se deduce que la corriente no se «gasta» al fluir desde el polo positivo al negativo a través de los diferentes elementos del circuito.

10. Aunque se altere el orden relativo de las lámparas y el interruptor, la intensidad de la corriente sigue siendo la misma.

11. Como conclusión de la anterior afirmación se puede decir que el orden relativo de colocación de los elementos de un circuito eléctrico sin derivaciones *no afecta* al valor de la corriente.

EL VOLTÍMETRO (2.6.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

La diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos de un circuito se define como la energía asociada a la unidad de carga que se mueve entre esos dos puntos. Esta definición está, naturalmente, fuera del alcance experimental de los alumnos. Por ahora es suficiente que sepan que la diferencia de potencial entre dos puntos se mide con un voltímetro, viniendo éste calibrado en voltios.

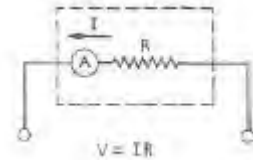
Los voltímetros se conectan en paralelo entre los dos puntos cuya diferencia de potencial queremos medir. La inserción de este instrumento de medida entre esos dos puntos no debe perturbar en modo alguno el régimen eléctrico que existe en el circuito, cumpliendo de esta manera una de las cualidades generales de los aparatos de medida.

El voltímetro consiste normalmente en un miliamperímetro en serie con una resistencia adecuada, determinada de tal manera que aplicando al conjunto la tensión de la escala correspondiente, haga circular por aquél una intensidad igual a la que define la sensibilidad del instrumento, es decir, la corriente que es necesaria para desplazar la aguja hasta el final de la escala, (ver figura).



Preparando el amperímetro de esta manera la desviación de la aguja es una medida de voltaje, viniendo la escala calibrada directamente en voltios.

Por otra parte es muy útil no olvidar que un voltímetro es un aparato con una gran resistencia interna.



MATERIAL

El voltímetro del equipo, al igual que el amperímetro, tiene el cero en el centro de la escala por lo que tampoco hay que tener un cuidado especial respecto al sentido de la corriente.

El voltímetro del equipo tiene dos escalas de utilización, 3 V Y 12 V. Si los alumnos no saben de qué orden es la tensión que van a medir, deben utilizar la escala correspondiente a 12 V.

Si la aguja indica un valor inferior a los 3 V, pueden cambiar a la escala correspondiente a este valor.

REALIZACION

1 y 2. El montaje correspondiente a la Fig. 1 no es el esperado para un voltímetro. Pero aquí lo que se pretende es, precisamente, que los alumnos comprueben que el citado montaje no es lógico.

Quizás alguno piense que si la lámpara es de 6 V, ésta se fundirá al poner el selector en una posición que corresponde a una tensión mayor. Pero no hay ningún peligro de que eso ocurra, ya que la gran resistencia interna del voltímetro hace que la corriente que circula por la lámpara sea prácticamente despreciable.

3. En cambio, esta precaución hay que tomarla con el montaje de la Fig. 2, que es el correcto. Si la tensión aplicada a la lámpara es superior a 6 V puede fundirse fácilmente. Por eso se advierte a los alumnos de no pasar de esta tensión.

RESULTADOS

A. Con el montaje de la Fig. 1 la lámpara no se enciende y el voltímetro indica las correspondientes tensiones de la fuente de alimentación.

B. Con el montaje correspondiente a la Fig. 2, nosotros obtuvimos el siguiente cuadro de resultados:



<i>Tensión de la fuente de alimentación</i>	<i>Lecturas del Voltímetro</i>	<i>¿Se enciende la lámpara?</i>
1,5 V	1,5 V	poco
3 V	3,2 V	regular
4,5 V	4,6 V	regular
6 V	6,2 V	mucho

No debe causar ninguna extrañeza el observar que no coinciden las lecturas del voltímetro y las posiciones del selector de la fuente de alimentación. Estas pequeñas variaciones son debidas a las diferentes tolerancias de los elementos internos de la fuente de alimentación.

C. Con el montaje de la Fig. 3, nuestro cuadro de resultados quedó de la siguiente manera:

<i>Lecturas del Voltímetro</i>	<i>Las tres lámparas ¿lucen igual o distintas?</i>
$V_{AB} = 4\text{ V}$	igual
$V_{BC} = 4\text{ V}$	igual
$V_{CD} = 4\text{ V}$	igual
$V_{AD} = 12\text{ V}$	igual

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Los alumnos seguramente responderán sin dificultad a esta pregunta a partir de sus conocimientos previos. Si no saben, les puede decir que lo deduzcan a partir del nombre que recibe el instrumento de medida que están utilizando. Un voltímetro mide voltios.
2. La respuesta es negativa.
3. El voltímetro indica las tensiones proporcionadas por la fuente de alimentación.
4. La respuesta es evidente. Si la lámpara no se enciende, es debido a que *no circula* corriente por ella. O al menos, que la intensidad es tan pequeña que no es capaz de encenderla.



5. Los alumnos deben contestar afirmativamente, ya que el circuito que resulta es muy elemental.

De todas las maneras, si tienen alguna duda, puede decirles que lo comprueben experimentalmente.

6. Esta conclusión es el resultado final de las anteriores cuestiones. Si la lámpara se enciende conectándola directamente a la fuente de alimentación y no se enciende cuando se pone en serie con el voltímetro, es evidente que la corriente eléctrica *sí encuentra* dificultades para pasar a través de un voltímetro. Esto es debido a su gran resistencia interna.

No olvidemos que un voltímetro normalmente consiste en un miliamperímetro con una resistencia en serie.

7. Esta pregunta está enlazada con la anterior conclusión. El funcionamiento de la lámpara se perturba al conectar el voltímetro en serie con ella, puesto que no se enciende cuando así se dispone en el circuito.

8. Puesto que *perturba* el funcionamiento de la lámpara no se debe conectar el voltímetro en serie con los demás elementos del circuito para medir el voltaje. Esta conclusión es evidente ante la cualidad exigida a los aparatos de medida.

9.-Cuando se monta el voltímetro en paralelo con la lámpara ésta se enciende con su régimen normal de funcionamiento. Los alumnos pueden desconectar una de las bornas del voltímetro y volverla a conectar, observando que esta operación no influye en la luminosidad de la lámpara. El voltímetro, conectado en paralelo no altera el régimen eléctrico del circuito.

10. La respuesta es negativa, después de contestar a la anterior cuestión.

11. Han comprobado que conectando el voltímetro en serie se perturba el funcionamiento de la lámpara. Cosa que no sucede conectándolo en paralelo con ésta. Por lo tanto, deben concluir que al conexión del voltímetro en paralelo es la respuesta correcta.

12. Esta conclusión se responde inmediatamente, estudiando el cuadro de resultados nº 2.

La lámpara luce *poco* cuando la diferencia de potencial entre sus extremos es pequeña y luce *mucho* cuando aquélla es grande.

13. La respuesta es inmediata a la vista del cuadro nº 3:



$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CD}$$

14. La respuesta que se espera es:

$$V_{AD} = V_{AB} + V_{BC} + V_{CD}$$

15. La tensión entre dos puntos de un circuito es igual a la *suma* de las tensiones parciales de los elementos comprendidos entre esos dos puntos.

16. La respuesta esperada es:

$$\begin{aligned} V_1 &= 0 \text{ V} \\ V_2 &= 4 \text{ V} \\ V_3 &= 8 \text{ V} \end{aligned}$$

Quizá los alumnos tengan dificultades para encontrar la respuesta correcta de *V₁*. Si esto ocurre puede sugerirles que realicen el correspondiente montaje experimental.

CONEXIONES DE PILAS (2.7.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

En esta experiencia los alumnos estudian los dos tipos generales de asociaciones de las pilas, en serie y en paralelo.

Comprobarán que la tensión entre los extremos del sistema constituido por varias pilas montadas «en serie», es la suma de las tensiones de cada una de ellas; y que cuando se montan «en paralelo» varias pilas iguales, la tensión entre sus extremos es la misma que la de una sola pila.

Es decir, las pilas se conectan en serie cuando se quiere disponer de una tensión más elevada y se montan en paralelo cuando se quiere tener la misma tensión con la posibilidad de poder proporcionar una intensidad mayor al circuito exterior.

REALIZACION



Los alumnos observan la luminosidad de la lámpara en cada uno de los montajes que realizan.

Se ha preferido que no conecten el voltímetro al principio. De esta manera sus primeras observaciones son directas y cualitativas. El circuito eléctrico es más sencillo de entender. Después, vuelven a repetir "los mismos montajes, pero midiendo la tensión entre los extremos del sistema que forman las pilas.

OBSERVACIONES y RESULTADOS

Los alumnos comparan las luminosidades relativas de las lámparas y reflejan sus observaciones en el cuadro correspondiente. A continuación, anotan las lecturas del voltímetro. El cuadro de resultados quedará más o menos así:

MONTAJE	Luminosidad de la lámpara	Lectura del Voltímetro
Una pila sola	pequeña	1,5 V
Dos pilas «en serie»	grande	3 V
Dos pilas «en oposición»	no luce	0 V
Dos pilas «en paralelo»	pequeña	1,5 V

Cuando las pilas están algo «gastadas», los valores que indica el voltímetro suelen ser algo menores de lo esperado.

Las lecturas del voltímetro con el interruptor del circuito abierto son ligeramente superiores a las correspondientes con el interruptor cerrado. En el primer caso el voltímetro indica el valor de la fuerza electromotriz de la pila o sistema de pilas. Cuando el interruptor se cierra, la pequeña resistencia interna de la pila da lugar a una caída de tensión entre sus bornas.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Dos pilas se conectan en serie cuando se une el polo positivo de una de ellas con el polo negativo de la otra, aplicando al circuito exterior los dos extremos libres de las pilas.
2. Dos pilas se conectan en paralelo cuando se unen entre sí los polos positivos, por un-lado, y los polos negativos, por el otro. Estas uniones constituyen los dos polos del sistema resultante.
Como norma general, no deben conectarse en paralelo pilas que tengan diferente fuerza electromotriz.



3. Los alumnos no tendrán dificultades en concluir que la luminosidad de una lámpara aumenta al conectarlas en *serie*.
4. Cuando se conectan dos pilas «en serie», la d. d. p. entre sus extremos es *mayor* que la de una pila sola.
5. En cambio cuando se conectan «en paralelo», la d. d. p. es *igual* que la de una pila sola.
6. Como conclusión de las dos anteriores afirmaciones, los alumnos deben contestar que para aumentar la d.d.p. hay que conectar las dos pilas en *serie*.
7. Contestarán, a la vista del cuadro de resultados que la d.d.p. de dos pilas iguales conectadas «en serie» es el doble que la d.d.p. de una sola.
8. Los alumnos observan que la lámpara no luce y el voltímetro no indica ninguna desviación.
9. Como resultado de la respuesta anterior deben concluir que no es una buena idea conectar las pilas de esta manera. Sería conveniente recalcar que dos pilas pueden sumar sus «efectos» si se conectan en serie, pero que éstos se «enfrentan» si se conectan en oposición. Se les podría preguntar que pasaría si una de ellas fuera de un «voltaje» mayor que la otra. Si no saben qué responder anímelos a comprobarlo experimentalmente.

SUGERENCIA

Puede sugerirles que monten el circuito de la Fig. 1 y que observen las lámparas. Estas, naturalmente no se encenderán, ya que las pilas están en «oposición».



Pregúnteles ahora qué sucedería si intercalasen un conductor como indica la Fig.2.



Posiblemente esta pregunta dará lugar a interesantes discusiones con provechosos resultados. La mejor forma de que salgan de dudas es realizándolo experimentalmente.

DIVISOR DE TENSION (2.8.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

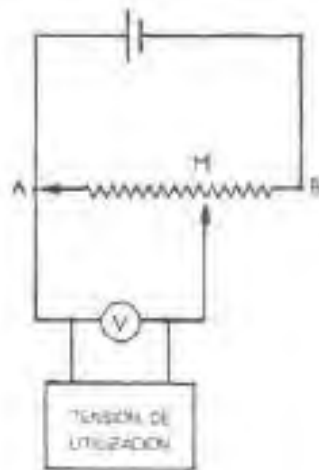
En muchos experimentos de electricidad se necesita un dispositivo que permita variar a voluntad la tensión de utilización.

En esta experiencia se estudia el fundamento de los divisores de tensión, mediante los cuales se puede disponer de tensiones variables desde un valor mínimo de cero voltios (posición del cursor en el punto *A*) hasta un valor máximo que coincide con la tensión entre las bornas de la fuente de alimentación. (Cursor en el punto *B*).

Un divisor de tensión consiste en una resistencia *AB* (ver figura), que está conectada a las dos bornas de la fuente de alimentación. La tensión de utilización se obtiene haciendo variar la posición del cursor sobre la resistencia anterior.

En esta experiencia la resistencia es un hilo de constantán de sección constante y homogéneo.

La diferencia de potencial entre dos puntos *A* y *M* del hilo está comprendida entre los valores máximo y mínimo, y es proporcional a la distancia *AM*.



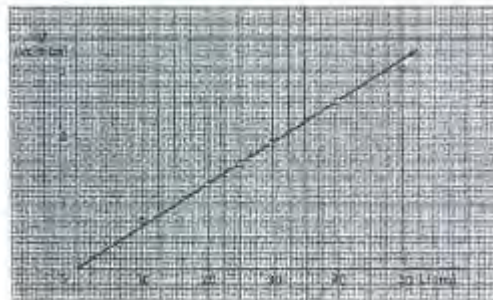
OBSERVACIONES Y RESULTADOS

1. Al deslizar el cursor sobre el hilo de constantán se observa que varía la lectura el voltímetro.

2 y3. A título de orientación damos los resultados obtenidos por nosotros en el laboratorio y la gráfica que resulta al representar los valores experimentales:

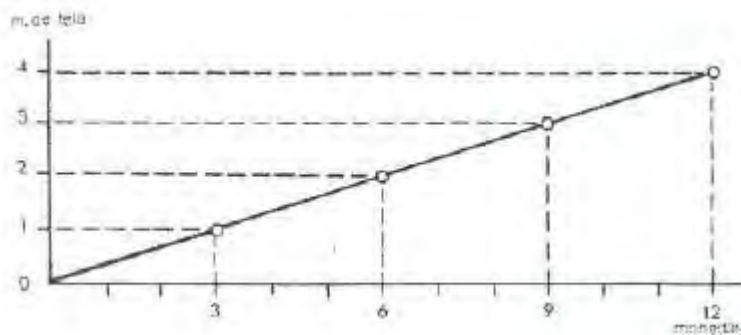


Posición del cursor	V (V)
A (0 cm)	$V_A = 0 \text{ V}$
B (10 cm)	$V_B = 0,7 \text{ V}$
C (20 cm)	$V_C = 1,3 \text{ V}$
D (30 cm)	$V_D = 1,9 \text{ V}$
E (40 cm)	$V_E = 2,6 \text{ V}$
F (50 cm)	$V_F = 3,1 \text{ V}$



CUESTIONES Y CONCLUSIONES

- Se puede concluir que:
 - V_E es la diferencia de potencial entre los puntos A y E.
 - V_D es la diferencia de potencial entre los puntos A y D.
 - V_C es la diferencia de potencial entre los puntos A y C.
 - V_B es la diferencia de potencial entre los puntos A y B.
- La respuesta es inmediata a la vista del cuadro de resultados: en el punto F.
- En el punto A.
- A medida que aumenta la distancia al punto A, el voltímetro indica una diferencia de potencial *mayor*.
- Si se quiere obtener una diferencia de potencial grande se colocará el cursor en el lado *derecho* del hilo y si se quiere pequeña en el lado *izquierdo*.
- La gráfica que se obtiene tiene la forma de una línea recta que pasa por el origen de coordenadas.
- Siempre que una gráfica es una línea recta que pasa por el origen se puede concluir que las dos magnitudes que se representan son directamente proporcionales.



Los alumnos lo pueden comprobar con un ejemplo sencillo de magnitudes que lo son, como el precio de una tela y la longitud de ésta.

Les puede decir que un metro de tela cuesta en el mercado 3 monedas, y que representen en el eje OY los metros de tela y en el eje OX los correspondientes precios.

La gráfica que obtendrán será una recta que pasa por el origen, similar a la obtenida en la experiencia.

Los alumnos deben concluir a la vista de su gráfica que la diferencia de potencial es directamente proporcional a la longitud « l ».

8. Con esta cuestión se pide a los alumnos que hagan una predicción teórica del valor de la tensión a partir de la gráfica que han obtenido.

Deben empezar buscando la distancia de 25 cm sobre el eje de abscisas y a continuación levantar la ordenada correspondiente a ese punto. El valor buscado de la diferencia de potencial se determina a partir de su intersección con la gráfica anterior.

Finalmente los alumnos deben comprobar si hay concordancia entre el valor que han calculado y el obtenido por experimentación directa.

LEY DE OHM (2.9.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



El objetivo de esta experiencia es que los alumnos «descubran» experimentalmente una de las leyes más importantes de la electricidad: la ley de Ohm.

Esta ley fue enunciada por el físico alemán Ohm en el año 1826, como resultado de sus investigaciones sobre la corriente eléctrica: «En un conductor recorrido por una corriente eléctrica, la relación entre la diferencia de potencial aplicada a sus extremos y la intensidad de la corriente que circula por él es una constante. Esta relación constante se llama «resistencia eléctrica».

MATERIAL

La ley de Ohm la van a comprobar con tres resistencias comerciales, elegidas de tal manera que los alumnos utilizan con las tres la misma escala del amperímetro, la de 0,5 mA. Así no tendrán dificultades a la hora de representar sus resultados en una misma gráfica.

Las resistencias comerciales suelen tener unas tolerancias del 5 y del 10 % de su valor. Así, pues, es muy difícil que todos los equipos obtengan los mismos resultados numéricos.

RESULTADOS

1. La intensidad de la corriente, expresada en mA, se anota en el cuadro de resultados. Para hallar el cociente V/I es necesario reducir los valores de la intensidad a amperios para que la relación Voltaje/Intensidad venga expresada en ohmios (Ω). Teniendo en cuenta la sensibilidad de los instrumentos de medida sólo son significativas las dos primeras cifras del cociente, debiendo redondear la tercera cifra por defecto o por exceso.

A continuación presentamos tres cuadros de resultados correspondientes a las resistencias que hemos investigado en nuestro laboratorio:

<i>RESISTENCIA N.º: 1</i>		
<i>Voltaje aplicado (V)</i>	<i>Intensidad de la corriente (mA)</i>	$\frac{V}{I}$ <i>(V/A)</i>
1,5	0,05	30.000
3	0,09	33.000
4,5	0,13	35.000
6	0,17	35.000
9	0,25	36.000
12	0,33	36.000

<i>RESISTENCIA N.º: 2</i>		
<i>Voltaje aplicado (V)</i>	<i>Intensidad de la corriente (mA)</i>	$\frac{V}{I}$ <i>(V/A)</i>
1,5	0,07	21.000
3	0,14	21.000
4,5	0,20	22.000
6	0,26	23.000
9	0,39	23.000
12	0,52	23.000

2. Con los resultados anteriores se obtiene la siguiente gráfica:

<i>RESISTENCIA N.º: 3</i>		
<i>Voltaje aplicado (V)</i>	<i>Intensidad de la corriente (mA)</i>	$\frac{V}{I}$ <i>(V/A)</i>
1,5	0,09	17.000
3	0,18	17.000
4,5	0,26	17.000
6	0,35	17.000
9	0,52	17.000

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La respuesta es afirmativa.
2. Para cada una de las resistencias, el cociente V/I es constante.
3. La relación V/I recibe el nombre de «resistencia eléctrica». Se representa con la letra R .



4. El valor medio de los diferentes valores de una misma resistencia se obtiene dividiendo la suma de los cocientes V/I entre el número de sumandos:

$$R_1 = \frac{205.000}{6} = 34.000 \Omega$$

$$R_2 = \frac{133.000}{6} = 22.000 \Omega$$

$$R_3 = \frac{85.000}{5} = 17.000 \Omega$$

5. Las tres líneas que se obtienen en la gráfica tienen la forma de sendas líneas rectas que pasan por el origen de coordenadas.

6. Una línea recta que pasa por el origen de coordenadas es la representación típica de dos magnitudes directamente proporcionales.

A la vista de la gráfica se puede concluir, pues, que la intensidad de la corriente que circula por una resistencia es directamente proporcional a la tensión aplicada.

7. La respuesta debe ser afirmativa.

8. La fórmula matemática que expresa la Ley de Ohm es:

$$\frac{V}{I} = R$$

9. Si la resistencia de un circuito aumenta, la intensidad de la corriente *disminuye* (permaneciendo constante la tensión de la fuente de alimentación).

Esta *conclusión* es inmediata estudiando la fórmula matemática que expresa la Ley de *Ohm*.

10. Si la tensión aplicada entre los extremos de un conductor se hace el triple, la intensidad de la corriente también se hace *el triple*, de manera que su cociente permanece invariable.

11. Los alumnos deben enunciar la Ley de Ohm completando la frase:



«En un conductor recorrido por una corriente eléctrica, el cociente entre *el voltaje aplicado* y *la intensidad de la corriente* es una *constante*, que recibe el nombre de *resistencia eléctrica*».

RESISTENCIA DE UN CONDUCTOR (2.10.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

La resistencia de un conductor depende, entre otros factores, de su sección, de su longitud y de la naturaleza del material que lo constituye.

Matemáticamente esta dependencia viene expresada por la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

donde l es la longitud del hilo, S su sección y ρ una constante, característica de cada material y que recibe el nombre de «resistividad».

En esta experiencia los alumnos deben «descubrir» que la resistencia de un hilo conductor es directamente proporcional a la longitud del hilo, inversamente proporcional a su sección y que además depende de la naturaleza del material de que está constituido.

No estudian, por ahora, la influencia de otros factores, como la temperatura, etc.

REALIZACION

Las longitudes del hilo deben medirse a partir del borde de una de las bornas. Es decir, las longitudes que se miden se refieren a aquella parte del hilo que queda fuera de las bornas.

RESULTADOS

Con los resultados que obtengan los alumnos deben rellenar los cuadros de manera parecida a como lo hicimos nosotros al realizar esta experiencia en nuestro laboratorio.

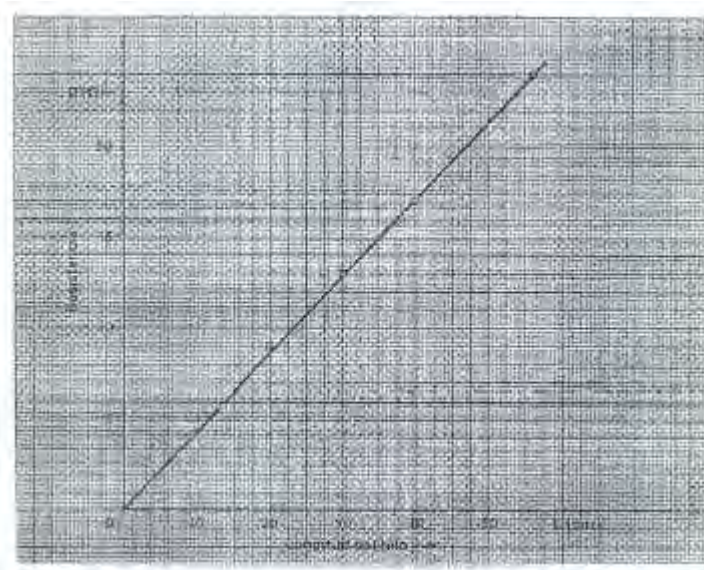


Cuadro n.º 1

l (cm)	I (A)	V (V)	$R = V/I$ (Ω)
AB = 57	0,14	3,3	24
AM = 40	0,18	3,1	17
AN = 30	0,24	3,1	13
AP = 20	0,34	3,1	9
AQ = 13,5	0,50	3,0	6

Las cifras decimales de R no son significativas. Así, pues, el resultado del cociente V / I se ha redondeado por defecto o por exceso.

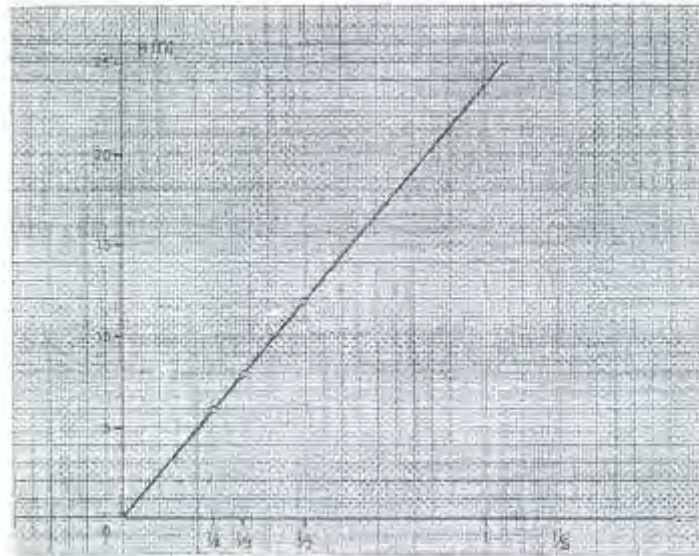
Con estos datos se consigue la siguiente representación gráfica:



Cuadro n.º 2

Sección	I (A)	V (V)	$R = V/I$ (Ω)	$1/S$
1	0,14	3,3	24	$1 = 1,00$
2	0,26	3,2	12	$1/2 = 0,50$
3	0,38	3,1	8	$1/3 = 0,33$
4	0,50	3,1	6	$1/4 = 0,25$

La sección de un hilo se toma como unidad de sección. Si el hilo da dos vueltas, la sección del conjunto es, evidentemente, el doble; si da tres vueltas, el triple, etc. La representación gráfica que se obtiene es como la siguiente:



Cuadro n.º 3

Material	I (A)	V (V)	$R = V/I$ (Ω)	l (cm)
Nicrome	0,14	3,3	24	57
Constantán	0,31	3,1	10	57
Hierro	1,05	2,4	2	57

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La gráfica resistencia-longitud del hilo tiene, aproximadamente, la forma de una línea recta que pasa por el origen de coordenadas.
2. Una línea recta que pasa por el origen de coordenadas representa gráficamente la relación de dos magnitudes que son directamente proporcionales.

Si ésto lo saben los alumnos, no tendrán dificultades en admitir que la Resistencia de un conductor, R , es directamente proporcional a la longitud del hilo, l .

3. Llamando K a la constante de proporcionalidad, la fórmula:

$$c) \quad R = Kl$$

expresa, matemáticamente, la propiedad anterior.



4. La gráfica Resistencia-Inversa de la Sección, también tiene la forma de una línea recta que pasa por el origen de coordenadas.

5. Por tanto, según lo anterior, se puede asegurar que la Resistencia de un conductor, R , es directamente proporcional a *la inversa de la sección del hilo*.

6. La propiedad anterior viene expresada por la siguiente fórmula matemática.

$$b) R = \frac{K'}{S}$$

7. La conclusión S también se puede redactar así: «La Resistencia de un conductor, R , es inversamente proporcional a la sección del hilo».

8. Después de estudiar el cuadro de resultados los alumnos no tendrán dificultades en responder negativamente. Los hilos utilizados tienen diferente resistencia.

9. La respuesta es inmediata: La resistencia de un conductor depende del material de que está constituido.

10. Si tienen dificultades para contestar a esta cuestión puede recordarles las dos fórmulas anteriores. Con ellas delante, fácilmente contestarán que aquella que expresa las propiedades estudiadas es:

$$a) R = \rho \frac{l}{S}$$

11. La resistividad del material se obtiene despejando ρ de la fórmula anterior. Quedaría así:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

Con la ayuda de esta fórmula y los datos del cuadro de resultados, los alumnos pueden calcular las resistividades de los tres materiales empleados. Posiblemente tendrá que advertirles que l y S deben ponerse en las mismas unidades de medida.

Primeramente deben calcular la sección del hilo.

$$S = \pi \cdot r^2 = 3,14 \cdot 0,1^2 \text{ mm}^2 = 3,14 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2 = 3,14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$l = 57 \text{ cm} = 0,57 \text{ m}$$

Las resistividades obtenidas por nosotros son las siguientes:



$$\begin{aligned} \text{Nicrom: } \rho &= \frac{24 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \Omega \text{ m}^2}{0,57 \text{ m}} = 1,3 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m} \\ \text{Constantán: } \rho &= \frac{10 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \Omega \text{ m}^2}{0,57 \text{ m}} = 0,55 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m} \\ \text{Hierro: } \rho &= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \Omega \text{ m}^2}{0,57 \text{ m}} = 0,11 \cdot 10^{-7} \Omega \text{ m} \end{aligned}$$

12. Los resultados anteriores indican que la resistividad del nicrome es la mayor, después la del constantán y finalmente, la del hierro, que es la menor.

COMBINACION DE RESISTENCIAS EN SERIE Y EN PARALELO **(2.11.)**

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El propósito de esta experiencia es conseguir que los alumnos demuestren experimentalmente la fórmula que da el valor de la resistencia equivalente de otras dos conectadas en serie o en paralelo.

REALIZACION

Las tensiones de la fuente de alimentación que se utilizan en las instrucciones de la Realización, se han elegido previamente de modo que los alumnos utilicen con la máxima eficacia el amperímetro y el voltímetro, y no tengan necesidad de cambiar las correspondientes escalas de medida. De esta manera, los resultados son fácilmente comparables entre sí.

RESULTADOS

Los alumnos deben rellenar los cuadros de resultados con las correspondientes lecturas del amperímetro y voltímetro.

En la experiencia que hicimos en nuestro laboratorio obtuvimos los siguientes resultados:

1. *Cálculo de los valores reales de las tres resistencias:*



Resistencia	V (Voltios)	I (Amperios)	$R = V/I$ (Ohmios)
R_1	9	$0,50 \times 10^{-3}$	18.000
R_2	9	$0,38 \times 10^{-3}$	24.000
R_3	9	$0,25 \times 10^{-3}$	36.000

Es importante hacer comprender a los alumnos que el valor real de las resistencias no tiene por qué coincidir con el valor marcado por el fabricante. Estos los suelen suministrar con unas tolerancias del 5 % o del 10 %. Por eso se hace necesario, calcular previamente su valor.

Los valores calculados de R se han redondeado por defecto o por exceso, ya que solamente son significativas las dos primeras cifras.

2. Montaje de dos resistencias «en serie».

MONTAJE	V (Voltios)	A (Amperios)	Resistencia equivalente (Ω)
R_1 en serie con R_2	12	$0,28 \times 10^{-3}$	43.000
R_1 en serie con R_3	12	$0,22 \times 10^{-3}$	55.000
R_2 en serie con R_3	12	$0,20 \times 10^{-3}$	60.000

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Antes de contestar a esta cuestión los alumnos deben efectuar las operaciones correspondientes a cada una de las expresiones propuestas. En estas operaciones deben utilizar, por supuesto, los valores reales de las resistencias y no los valores nominales del comerciante.

Haciendo las comprobaciones oportunas deducirán que la expresión $RE = R_1 + R_2$ cumple aproximadamente los resultados experimentales.

2. Deben comparar previamente los valores de la Resistencia equivalente y los individuales de cada una de las resistencias. La respuesta es inmediata después de esta comparación:



El valor de la resistencia equivalente de otras dos montadas «en serie» es *mayor* que el correspondiente a cada una de ellas.

3. La respuesta es fácil para los alumnos si contestaron correctamente la primera cuestión.

Deben responder:

$$R_E = R_1 + R_2$$

4. La respuesta esperada es:

$$R_E = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Es decir, la resistencia equivalente de otras montadas «en serie», es igual a la suma aritmética de los valores individuales de cada una de ellas.

5. Los alumnos deben efectuar las operaciones correspondientes a cada una de las expresiones propuestas antes de intentar contestar a esta cuestión.

Con los resultados de estas operaciones, no tendrán dificultades en contestar que la expresión:

$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

cumple, aproximadamente, los resultados experimentales.

6.-La expresión anterior no es cómoda, pues, presenta dificultades para ser recordada por los alumnos. Por eso, en la mayoría de los libros se presenta escrita de la siguiente manera que, matemáticamente, es totalmente equivalente:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

7. La respuesta es inmediata después de comparar los valores de la resistencia equivalente con los individuales, de cada una de las resistencias. Deben contestar: El valor de la resistencia equivalente de otras dos montadas «en paralelo» es siempre *menor* que el correspondiente a cada una de ellas.

8. La fórmula que deben escribir es la expresión fácil de recordar:

9. La fórmula para cinco resistencias conectadas «en paralelo» sería:



$$\frac{1}{R_{\pm}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

Si los resultados presentan dificultades para admitir esta fórmula, puede proporcionarles otras dos resistencias y animarles a que lo comprueben experimentalmente.

10. Antes de contestar a esta cuestión deben recordar las conclusiones de la experiencia anterior. Deben responder que para conseguir una resistencia mayor se deben conectar las resistencias en *serie* y para obtener una resistencia menor, se deben conectar en *paralelo*.

EFECTO TERMICO DE LA CORRIENTE (2.12.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

La energía asociada a la corriente eléctrica puede manifestarse en otras formas de la energía.

Por ejemplo, energía luminosa en las lámparas. energía calorífica en la resistencias eléctricas, energía química en las cubas clcctrolítica~. energía mecánica en los motores eléctricos, etc.

En esta experiencia los alumnos van a tener ocasión de observar que la corriente eléctrica produce el calentamiento de los conductores por los que circula. El efecto térmico de la corriente recibe el nombre de efecto Joule.

OBSERVACIONES

1. Al cerrar el interruptor se observa que el peso desciende, indicando que el hilo se dilata.

Además si se toca éste ligeramente con los dedos se aprecia que se calienta. Al abrir el interruptor el peso vuelve a subir.

2. Al invertir el sentido de la corriente el fenómeno se observa exactamente igual que antes.

3. Se observa exactamente lo mismo que antes.



4. Al reducir la longitud del hilo éste se pone incandescente.
5. El hilo se pone incandescente y se funde.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. El peso colocado sobre el hilo baja.
2. Esto quiere decir que el hilo se *dilata*.
3. Además se observa que el hilo se *calienta*.
4. Cuando se invierte el sentido de la corriente el fenómeno se aprecia *igual* que antes.
5. Es decir, el sentido de la corriente *no influye* en el fenómeno observado. Esta conclusión es importante pues quiere decir que el fenómeno también se observaría con corriente alterna.
6. Según la Ley de Ohm, cuando aumenta la resistencia de un circuito, permaneciendo constante la tensión aplicada la intensidad de la corriente *disminuye* y cuando la resistencia disminuye la intensidad *aumenta*.
7. Cuando se reduce la longitud del hilo su resistencia eléctrica se hace *menor*. (Recuérdese la fórmula $R = \rho l / S$, donde l es la longitud del hilo), y, por lo tanto, según la ley de *Ohm*, la intensidad de la corriente *aumenta*.
8. Se puede concluir que cuando aumenta la intensidad de la corriente, el hilo se *calienta* más y, al mismo tiempo también se *dilata* más.
9. Los alumnos deben concluir como resumen de todo lo anterior que cuando aumenta la intensidad de la corriente eléctrica que circula por un hilo conductor, éste se *calienta* y como consecuencia se *dilata*."
10. Hay muchas aplicaciones del efecto térmico de la corriente eléctrica.

En primer lugar la calefacción eléctrica, los calentadores de agua, los hornillos eléctricos, las planchas eléctricas, etc., que utilizan resistencias comprendidas entre 10 y 100 Ω que admiten intensidades elevadas.



Las lámparas de incandescencia se fundamentan en calentar un filamento al paso de la corriente eléctrica, hasta que se pone incandescente. El filamento se fabrica con metales que tienen un alto punto de fusión. Por ejemplo, el wolframio. El filamento se encierra en una ampolla de la cual se ha extraído el aire y se ha sustituido por un gas inerte.

De la dilatación que sufren los hilos conductores se hace uso en los amperímetros térmicos.

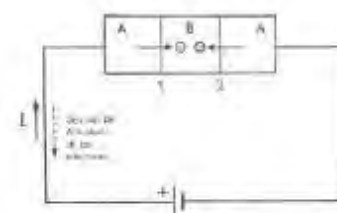
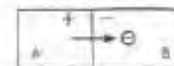
Otra aplicación del efecto térmico son los fusibles, que estudiaremos a continuación.

11. Si la intensidad de la corriente que circula por un hilo conductor aumentase mucho llegaría a fundirlo, interrumpiéndose el paso de la corriente.

12. Los hilos conductores se funden si la intensidad de la corriente se eleva demasiado.

Este es el fundamento de los fusibles.

Los fusibles son unos hilos conductores, de un metal de bajo punto de fusión, como el plomo. Se conectan en serie con el circuito que se quiere proteger. Cuando la intensidad de la corriente se eleva peligrosamente el fusible se funde, protegiendo a los demás elementos del circuito de un calentamiento excesivo.



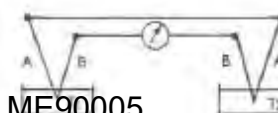
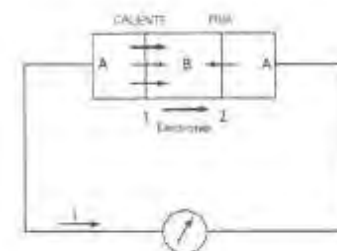
PAR TERMOELECTRICO (2.13.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

En esta experiencia el alumno va a tener ocasión de conocer una nueva forma de producción de electricidad: mediante el efecto termoeléctrico.

Cuando dos metales diferentes *A* y *B* se ponen en contacto (ver figura) aparece entre ellos una diferencia de potencial o *f.e.m.* de contacto que es característica del par de metales puestos en contacto. Esto es debido a la diferente energía





de los electrones libres de ambos metales que hace que los electrones de uno de ellos pasen al otro hasta que el campo eléctrico creado impida el paso a nuevos electrones. De esta manera el primer metal queda cargado positivamente y el segundo negativamente.

Si se monta un dispositivo como el indicado en la figura se observa que, al paso de la corriente, la soldadura 1 se calienta mientras que la 2 se enfría.

La explicación es sencilla atendiendo al diferente comportamiento de las dos soldaduras frente al flujo de electrones.

La soldadura 1 frena los electrones (hace que cedan energía cinética en forma de calor), y la soldadura 2 los acelera (los electrones toman la energía necesaria de la soldadura, por lo que ésta se enfría). Este fenómeno se conoce con el nombre de efecto Peltier.

El efecto Peltier es reversible. Cuando se unen entre sí los metales como indica la figura y se calienta una soldadura manteniendo fría la otra, se produce una corriente eléctrica que se puede detectar mediante un micro amperímetro. Este fenómeno recibe el nombre del Efecto Seebeck.

El par termoeléctrico (ver figura) se basa en el efecto anterior.

Si se mantiene constante la temperatura T_1 de una de las uniones y se va aumentando la de la otra T_2 , se observa que la f.e.m. que se produce es una función de la diferencia de temperaturas.

Por lo tanto, un par termoeléctrico puede utilizarse para medir temperaturas. Para ello basta mantener una soldadura a 0°C y la otra a la temperatura que se desea medir. La desviación de la aguja del amperímetro, calibrado en grados, nos da directamente la temperatura.

Por lo tanto un par termoeléctrico puede utilizarse para medir temperaturas. Para ello mantener una soldadura a 0°C y la otra a la temperatura que se desea medir. La desviación de la aguja del amperímetro, calibrado en grados, nos da directamente la temperatura.

MATERIAL

Para que exista una diferencia de potencial debe haber dos soldaduras, una fría y la otra caliente.

En el termopar del equipo se ha prescindido de la fría, siendo sustituida por los puntos de unión con los conductores que van al amperímetro.



OBSERVACIONES

1. Al calentar la punta del termopar la aguja del amperímetro se desvía, indicando que pasa corriente eléctrica.
2. Al invertir las conexiones se observa que la aguja del amperímetro se desvía para el otro lado.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. A simple vista el alumno comprueba que los metales son diferentes. Si lo estima oportuno les puede facilitar un imán y dejarles que los acerquen al termopar. Comprobarán que atrae a uno de los alambres, por lo que fácilmente deducirán que uno de ellos es de hierro. El otro es de constantán.
2. Se debe calentar la zona de unión de los dos alambres.
3. El termopar se comporta como un generador de corriente continua.
4. Cuando dos metales *diferentes* se ponen en contacto y se *calienta* su zona de unión, se genera una tensión eléctrica entre ambos metales, y este efecto *augmenta* con la diferencia de temperaturas entre la zona de unión y los extremos que se conectan al amperímetro.
5. Una de las aplicaciones más importantes del termopar es como termómetro, calibrando el amperímetro directamente en grados.

EL PASO DE LA CORRIENTE ELECTRICA A TRAVES DE LAS DISOLUCIONES (1) (3.1.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

PRODUCTOS

Se estudia el comportamiento de cuatro disoluciones y el agua destilada. El agua del grifo en las condiciones en que se realiza el experimento no suele conducir la corriente, como para encender la bombilla; pero algunas aguas que contienen gran cantidad de sales disueltas pudieran conducir la corriente, por ésta razón, el profesor debe comprobar previamente el agua de su localidad. Si la prueba es negativa no necesita usar agua destilada, pero si la prueba fuese positiva es totalmente necesario emplear agua destilada o desionizada.



El número de disoluciones que se han puesto en la ficha del alumno no es crítico y si lo cree conveniente puede aumentar ese número. Así, puede ser conveniente usar agua a la que se ha añadido un ácido (por ejemplo, 10 cm³ de HCl por cada 200 cm³ de agua) o una base (por ejemplo, cinco lentes de NaOH en 200 cm³ de agua).

REALIZACION

La realización nº 1, tiene por finalidad comprobar que la corriente circula por el circuito eléctrico, además en este caso la luminosidad de la lámpara es la máxima posible.

Aunque en la ficha del alumno se insiste en el lavado del vaso y de los electrodos, es conveniente repetírselo a los alumnos, pues; de no hacerlo así podrán obtener resultados falsos.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Si el circuito está bien montado la lámpara se encenderá.
2. En caso de que Vd. haya decidido usar agua de su localidad, el alumno debe eliminar de su conclusión la palabra destilada, y la respuesta es «*no conduce*».
3. La disolución de sulfato de cobre es *conductora* de la corriente eléctrica ya que en el seno de la misma y por efecto de la disolución de la sal aparecen iones, si bien los alumnos no lo pueden saber por deducción del experimento ni se les debe decir cual es la razón de la conductividad ya que el objetivo del experimento es clasificar las disoluciones en conductoras y no conductoras, pero no intentar comprobar la razón de la conductividad.
4. La disolución de sacarosa es *no conductora* de la corriente eléctrica.
5. El agua destilada *no conduce* la corriente eléctrica. Cuando se añade *sulfato de cobre* conduce la corriente eléctrica ya que al ser intercalada la disolución en el circuito eléctrico la lámpara se *enciende*.
6. La disolución de *sacarosa* no es conductora de la corriente eléctrica.

SUGERENCIAS



Es muy instructivo que con el dispositivo ensayen una serie de sustancias que forman parte de nuestra vida diaria, tales como:

- Agua de colonia
- Alcohol
- Sustancias líquidas de limpieza
- Disoluciones de detergentes en agua
- Vinagre

y las clasifiquen en conductoras y no conductoras.

MOVIMIENTO DE IONES (3.3.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El objetivo principal de este experimento es preparar al alumno para las experiencias de electrólisis. En dicho proceso son tres los principales factores que un alumno debe comprender.

1. La necesidad de una fuente de corriente continua que creará en el seno de la disolución un campo eléctrico constante.
2. Que la disolución, objeto de la electrólisis debe tener iones.
3. Que en la electrólisis hay un cambio químico.

Con el presente experimento los alumnos pueden llegar fácilmente a comprender la necesidad de la fuente de alimentación y la presencia de iones. El último apartado enumerado será objeto de las experiencias en donde se verifican electrólisis.

MATERIAL

El permanganato de potasio es un producto excelente para este experimento debido a la fuerte coloración que imprime al papel de filtro, además la velocidad de emigración del ión MnO_4^- es lo suficientemente rápida para ser observado sin movimiento en el tiempo indicado de 10 minutos.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES



1. La mancha aparece con una coloración rosa perfectamente visible.
2. El movimiento de la mancha es hacia el polo *positivo*, debido a la carga negativa del ión MnO_4^- .
3. En la realización 4, se manda cambiar la polaridad con el fin de que el alumno adquiera el convencimiento de qué es el polo *positivo* el que atrae a la mancha y no se puede deber a otra causa.
4. Los alumnos deben concluir, una vez leída la información que se les proporciona, que el movimiento es debido al anión. Tal vez sea un buen momento para decirles que siempre que una sal se disuelve en agua proporciona aniones y cationes, si bien el movimiento del catión en éste caso o sea del ión K^+ no se puede observar por ser incoloro.
5. Si los alumnos no son capaces de responder a esta pregunta lo mejor es realizar un montaje experimental. Es importante poner una disolución concentrada de $KMnO_4$ (su color es casi negro), y colocar el selector de la fuente de alimentación en 6 V ó 9 V. Así se comprobará que la corriente eléctrica pasa a través de la disolución de $KMnO_4$.

Quizás también sea el momento oportuno de explicar que aquellas disoluciones en las que existen iones, es decir, cargas eléctricas positivas y negativas, son conductoras de la corriente eléctrica. Además el fenómeno de la electrólisis no es posible si en el seno de la disolución no existen iones.

Finalmente puede plantear a los alumnos la necesidad de usar corriente continua pues de no ser así los iones no pueden emigrar hacia los electrodos que es el sitio en donde se verifica el fenómeno químico de intercambio de electrones, de tal manera que los iones positivos han de coger electrones para convertirse en sustancias neutras y a su vez los iones negativos han de ceder los electrones para neutralizar su exceso de carga.

De esta manera es como se logra que la lámpara de 3,5 V se encienda. Si se hace una disolución diluida (aunque esté perfectamente coloreada) es mejor sustituir la lámpara por un amperímetro.

ELECTROLISIS DEL SULFATO DE COBRE (3.4.)

GUIA DE EXPERIENCIAS



OBJETIVO

En la electrolisis del sulfato de cobre se deposita cobre sobre el cátodo de plomo. Si la electrolisis se hace en las condiciones adecuadas el depósito rojizo se adhiere al electrodo de plomo (las mejores son $V = 1,5\text{ V}$ y los electrodos muy separados), la disolución de CuSO_4 acidulada con H_2SO_4 . Si se compara este color con el del cobre, puede bastar para identificar la naturaleza química del depósito electrolítico. Para confirmarlo se sumerge el electrodo en ácido nítrico, con lo cual y casi de inmediato se produce una reacción química con desprendimiento de un gas de color marrón (NO_2 dióxido de nitrógeno) y formación de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de cobre-II) que da una coloración azul verdosa al ácido nítrico. Para mayor efectividad de la confirmación del cobre, el profesor debe hacer una demostración de la reacción entre el ácido nítrico y el cobre. Para ello coloque unos 2 cm^3 de ácido nítrico en un tubo de ensayo y añada un trozo de cobre. Por ejemplo, valen unos hilos de los que se emplean en las instalaciones eléctricas, previamente desprovistos del aislante de plástico que los recubre.

El gas que se desprende en la reacción es tóxico. Por esta razón cuando los alumnos sumerjan el cátodo recubierto de cobre en ácido nítrico se procurará hacerlo en un local ventilado. El ácido nítrico ataca a la piel y en caso de verterse sobre ella se procederá de inmediato a lavar con agua abundante. puede quedar una mancha amarilla sobre la piel que desaparece al cabo de varios días. Si lo prefiere, en razón de seguridad y de economía suprima de la realización 2 la parte que concierne a sumergir el electrodo en ácido nítrico y efectúela como demostración de cátedra.

Los alumnos deben alcanzar como objetivo en esta experiencia que la polaridad de la fuente de alimentación es la que controla la emigración de los iones. Así, tanto en la realización 1, como en la 3, el cobre se deposita siempre sobre el cátodo, es decir, el electrodo unido al polo negativo de la fuente de alimentación. Lo que prueba que está como catión (Cu^{2+}) en el seno de la disolución.

En el ánodo se desprende un gas que es oxígeno, ahora bien, los alumnos sólo pueden saber por el experimento que se desprende un gas.

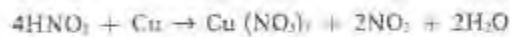
REALIZACION

Los electrodos deben quedar limpios cuando se guarden después del experimento. Los pueden limpiar los alumnos raspándolos con el papel de esmeril. Si Vd. desea hacerla a fondo métalas en ácido nítrico muy poco tiempo lávelos con agua, séquelos con papel de filtro y ráspelos con el papel esmeril.



OBSERVACIONES

1. Los electrodos tienen un color gris mate. Al acabarlos de frotar se ven con un color gris más brillante.
2. El cátodo, en su parte sumergida en la disolución, se recubre de una capa rojiza de cobre.
Si la corriente fuese muy intensa el cobre no se adhiere al cátodo y queda sobre él, o bien se desprende con facilidad, en forma de una masa esponjosa casi negra.
3. Si se ha depositado cobre suficiente sobre el electrodo de plomo, el ácido nítrico se colorea con un tinte leve azulado-verdoso, debido al ión Cu^{2+} , la reacción es:



pero el $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ no está en la disolución como tal sal sino ionizado en forma de 2NO_3^- y Cu^{2+} .

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Se pone la frase incompleta para que se fijen que el depósito del metal se hace sobre el cátodo y tiene color rojizo.
2. Al sumergir el cátodo en ácido nítrico se *verifica* una reacción química. Este *cambia* de color y se *desprende* un gas de color marrón, tal como decimos anteriormente. Si los alumnos efectúan ellos mismos la reacción deben contestar fácilmente. Si se hace como experimento de cátedra, para que contesten correctamente hay que asegurarse que los alumnos estén lo suficientemente cerca para la observación.
3. Si los alumnos han obtenido un depósito de cobre adherido al plomo podrán contestar que es cobre por el color y la reacción con el nítrico. Si la corriente es más intensa se corre el peligro de que el cobre aparezca como una masa esponjosa negruzca. De esta manera los alumnos tendrán dificultad en identificarlo. Lo mejor es que repitan el experimento hasta obtener un depósito rojizo.
4. Aquí lo que interesa destacar es que el cobre se deposita en el electrodo conectado al polo *negativo*, o sea, que es la polaridad de la fuente de alimentación la que controla la electrolisis.



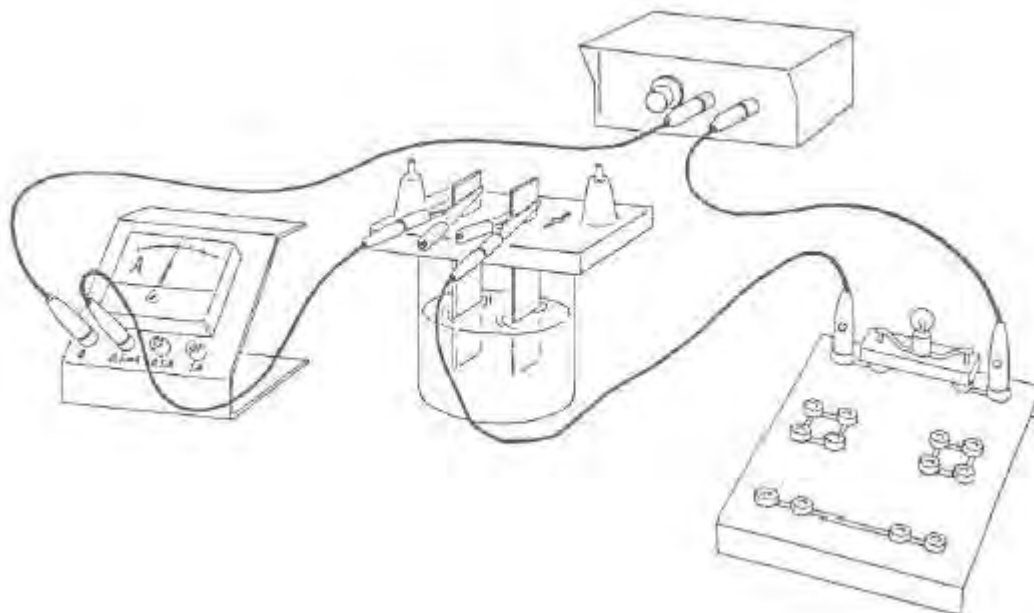
5. En el ánodo se desprende un gas, ya se ha dicho que el gas es oxígeno, aun cuando los alumnos no sepan su naturaleza química.

SUGERENCIA

Es posible realizar una variante de este experimento mediante la cual se mide el aumento de masa de uno de los electrodos.

Se utilizarán dos electrodos de cobre que antes de realizar el experimento se han limpiado con papel esmeril. Se mide la masa del electrodo que se va a unir al polo negativo de la fuente de alimentación.

El circuito se monta como el de la figura, siendo A un amperímetro. La intensidad de la corriente no debe ser superior a 200 mA. Se mantiene el circuito en funcionamiento durante media hora, al cabo de la cual se extrae el cátodo, se lava con agua y se seca sobre el papel de filtro. A continuación se mide su masa de nuevo. Se observa que ha aumentado su masa como consecuencia de que hay un depósito de metal cobre. En dos experimentos que se han realizado, los aumentos de masa han sido:



1. Experimento



Masa del electrodo de cobre	25,94 g
Masa del mismo electrodo después de la electrolisis	26,04 g
Aumento de masa	0,10 g
Tiempo de electrolisis	31 minutos
Intensidad de la corriente	170 - 180 mA

2. Experimento

Masa del electrodo de cobre	26,05 g
Masa del mismo electrodo después de la electrolisis	26,14 g
Aumento de masa	0,09 g
Tiempo de electrolisis	27 minutos
Intensidad de la corriente	160 mA

Si Vd. se decide por realizar esta sugerencia se ha de tener en cuenta que la electrolisis dura aproximadamente media hora, durante la cual ha de dar algún quehacer a los alumnos, pues ese tiempo se les puede hacer muy largo y aburrido.

ELECTROLISIS DEL SULFATO DE CINCO (3.5.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Se trata de que el alumno identifique el metal que se deposita en el cátodo. En este caso el cinc.

También se pretende que observen que el cinc aparece muy esponjoso y se adhiere con dificultad al cátodo cuando se usa la tensión de 12 V, de tal modo que es posible que se desprenda el metal casi en su totalidad al extraer dicho electrodo de la disolución, mientras que si se efectúa a voltaje inferior (4,5 V) el depósito se adhiere firmemente.

El aspecto del cinc es algo diferente. En el primer caso es esponjoso y oscuro, mientras que a 4,5 V aparece de color gris, con un tamaño de grano que le da un aspecto típicamente metálico.

El alumno puede comprobar que cuanto más alto es el voltaje la cantidad de cinc depositada, a igualdad de tiempo, es mayor, lo cual a su vez se detecta por la rapidez de desprendimiento de gas en el ánodo. Dicho gas es oxígeno aun cuando en el experimento no se intenta identificar.



La reacción con el ácido sulfúrico es el método químico empleado para la identificación del metal.

Puede ocurrir que el cinc obtenido a 4,5 V, no reaccione totalmente con el ácido sulfúrico y queden ciertas cantidades de metal adheridas sobre el electrodo si esto ocurre puede emplearse ácido clorhídrico ya que el cinc reacciona muy fácilmente con este ácido y de este modo los electrodos pueden quedar perfectamente limpios.

En algunos casos cuando se efectúa la electrolisis a 4,5 V en el extremo de] cátodo se pueden observar pequeños cristales del meta] con brillo. Si usted quiere que los alumnos vean el brillo metálico, torne un poco de cinc esponjoso, séquelo con papel de filtro y aplástelo por medio de la espátula apoyando sobre una superficie dura, así aparece el brillo metálico característico del metal.

OBSERVACIONES

1. Tal como hemos dicho el gas oxígeno se desprende en el ánodo y es perfectamente visible su desprendimiento durante la electrolisis.

2 y 3. A la tensión de 12 V se deposita un sólido muy esponjoso que se desprende con suma facilidad del cátodo. Como después se pretende que hagan reaccionar dicho sólido (cinc) con ácido sulfúrico es muy probable que a 12V no quede sobre el electrodo suficiente cinc para ver, claramente, la reacción. Si esto ocurre se puede coger con la espátula un poco de cinc esponjoso, echarlo en un tubo de ensayo y luego añadir el ácido sulfúrico sobre él.

El cinc obtenido con una tensión de 4,5 V queda muy adherido al electrodo.

4. El cinc tiene un color gris, tanto más claro cuanto más seco esté.

5. El ácido sulfúrico reacciona con el cinc y se desprende hidrógeno. Si se observa que después de sumergir el electrodo en H_2SO_4 aún hay cinc sin reaccionar, sumérjalo en HCl y la reacción será completa.

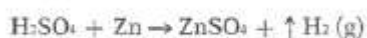
6. Evidentemente a la tensión de 12 V se le forma más sólido ya que a igualdad de tiempo pasan más culombios por el circuito. De todas formas no se pretende que el alumno dé una explicación, solamente interesa que observe el fenómeno, lo cual es perfectamente visible, pues a 12 V se ve aumentar de tamaño al electrodo. e incluso, el cinc aparece de forma vistosa, de manera que recuerda las ramas de un árbol.



CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Ya hemos dicho que la respuesta correcta es que en el *ánodo se desprende un gas*. En mayor cantidad cuando se hace la electrolisis a 12 V.

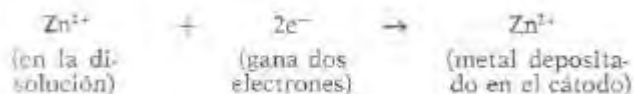
2. En el cátodo se deposita un sólido que *reacciona* con el ácido sulfúrico *desprendiendo* un gas. La reacción es:



3. Cuando la tensión es de 4,5 V se obtiene un sólido (cinc) que se desprende *más fácilmente* de él, que cuando se usa la tensión de 12 V.

4. La conclusión presente, tiene por finalidad establecer que en el cátodo se deposita el metal Zn y que como es natural, el ión Zn^{2+} que está en el seno de la disolución debe tener carga positiva, es decir, es un *cation*.

El proceso redox que ocurre en el cátodo es:



5. Se trata de una conclusión que debe aparecer como evidente para el alumno, después de haber realizado el experimento y no es más que insistir en lo que se pide en las observaciones 2 y 3.

6. Esta conclusión es lógica y evidente para el alumno ya que lo acaba de realizar. Lo que ya puede que no sea tan claro es la explicación. Si tiene tiempo puede hacer lo siguiente. Intercale un amperímetro en el circuito para medir la intensidad de la corriente cuando la fuente esté a 12 V Y electrolice durante cinco minutos. Luego haga lo mismo pero con 4,5 V. En el primer caso la cantidad de electricidad es:

$$I \text{ medida por el amperímetro} \times \text{tiempo (en s) cinco minutos} = C \text{ en coulombios}$$

Y en el segundo caso:



$$I' \text{ medida por el amperímetro} \times \text{tiempo (en s) cinco minutos} = C' \text{ en culombios}$$

Como experimentalmente $I' < I$; $C > C'$, es decir de modo cualitativo podemos concluir que cuanto mayor es la carga que atraviesa la cuba electrolítica mayor es la cantidad de cinc depositada.

ELECTROLISIS DEL NITRATO DE PLOMO (3.6.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Si el alumno ha realizado previamente la electrolisis del sulfato de cobre y del sulfato de cinc, recordará que en el cátodo identificó al cobre y al cinc. En esta electrolisis le será fácil intuir que el producto depositado sobre el cátodo es el metal plomo. Si no han hecho los anteriores experimentos basta que sean capaces de deducir que el producto obtenido en el cátodo tiene carácter metálico.

El experimento tiene la ventaja de su corta duración, bastan dos o tres minutos para obtener un depósito abundante en el cátodo; Así el alumno ve crecer el tamaño del cátodo, a lo cual contribuye el carácter esponjoso del depósito metálico.

El plomo obtenido en el cátodo no se adhiere con firmeza al electrodo de carbón, de manera que al hacerla rodar sobre el papel de filtro se desprende con facilidad. Si sobre el cátodo queda adherido algo de plomo, se puede quitar del electrodo sumergiéndolo en ácido clorhídrico concentrado.

OBSERVACIONES

1. El nitrato de plomo es una sal de color blanco. Su aspecto recuerda a la sal de cocina.
2. En la electrolisis del nitrato de plomo se observa con toda nitidez el desprendimiento de un gas en el ánodo. Este gas es oxígeno, aunque no está programado el experimento para su identificación.
3. El plomo, muy esponjoso, aparece sobre el cátodo con un color gris muy oscuro, al secarlo, el color se puede aclarar un poco. Algunas veces puede aparecer en forma brillante.



4. Si el producto está ya seco y se aprieta la espátula contra él obtenemos pequeñas laminillas que tienen brillo metálico; esta pequeña prueba nos demuestra que el metal obtenido, es decir, el plomo, es maleable. Es suficiente que los alumnos observen el brillo metálico.

CONCLUSIONES

1. La conclusión no es más que reafirmar lo establecido en la observación 2.
2. En el cátodo se *deposita* un sólido de color *gris* muy oscuro o algunas veces con brillo.
3. El producto del cátodo *se deja hacer láminas y adquiere* brillo metálico.
4. Si los alumnos han realizado 3.4 y 3.5 contestarán con toda facilidad que se trata del metal de plomo; en caso de que no hayan hecho estos experimentos, pueden darse cuenta de que el producto presenta las características de brillo metálico y maleabilidad.

ELECTROLISIS DEL AGUA ACIDULADA (3.7.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El objetivo planteado a los alumnos es encontrar que el volumen del gas desprendido en el cátodo es doble que en el ánodo. Sin embargo es necesario llegar a algo más que esto aun cuando no se ponga de modo explícito en la ficha del alumno. Sugerimos que previamente al experimento se comprueben algunos detalles que pueden no conocer los alumnos. El profesor debe determinar lo que han de hacer de la secuencia que marcamos a continuación:

a) El agua no conduce la corriente

El agua pura no conduce la corriente. Si se desea hacer una verificación experimental mande a los alumnos que hagan el montaje de la Fig. 2, pero usando solamente agua. Así también adquirirán habilidad manual en el llenado de los tubos y su colocación adecuada en el vaso de precipitados. Al encender el piloto de la fuente de alimentación observarán que no hay desprendimiento de gases en los electrodos.



b) El agua acidulada con ácido sulfúrico conduce la corriente

Utilice la disolución de ácido sulfúrico (más adelante le indicaremos la forma de prepararla).

Con el mismo montaje que la Fig. 2, los alumnos comprobarán que en ambos electrodos se desprenden sendos gases. Pueden colocar un amperímetro en serie y observarán que hay paso de la corriente eléctrica a través del circuito en este caso, pero no en el caso a).

Una vez preparados los alumnos con estos experimentos previos, puede ya realizarse la experiencia programada en la ficha del alumno.

MATERIAL

La disolución diluida del ácido sulfúrico en agua debe ser preparada por el profesor de la siguiente manera.

Por cada 100 cm³ de agua añada 10 cm³ de ácido sulfúrico concentrado, siguiendo las siguientes normas de seguridad:

La disolución de ácido sulfúrico debe ser preparada por el profesor, pues en principio es peligroso que los alumnos manejen el ácido sulfúrico concentrado. Por tanto, calcule la cantidad que necesita de disolución para todos los grupos de alumnos (10 cm³ de H₂SO₄ concentrado por 200 cm³ de agua). Prepárela tornando las siguientes precauciones.

1. Mida el volumen de ácido sulfúrico en una probeta (no se necesita una precisión grande en esta medida). Añádalo sobre el agua *poco a poco y agitando con un agitador de vidrio*, vaya despacio. Cuando agregue un poco del ácido sobre el agua la disolución se calienta fuertemente. Para evitar proyecciones, lo importante es añadir el ácido en pequeñas proporciones, luego agitar y esperar un poco hasta que se enfríe algo la disolución.
2. Si le cae ácido concentrado sobre su traje se lo agujereará, así que como precaución use un blusón o una bata.
3. Si le cae ácido sobre la piel, de inmediato añada hidrogenocarbonato de sodio (bicarbonato de sodio) en la zona de piel afectada y lávela con abundante agua.



4. La disolución diluida de ácido sulfúrico que emplean los alumnos, apenas ofrece peligro, pero si alguno de ellos se tira disolución sobre su piel, se procederá, de inmediato a lavar con agua abundante.

MONTAJE

El llenado de los tubos se hará por el alumno. No hay ningún peligro en sumergir el dedo índice en la disolución diluida, las únicas precauciones a tomar son, que no haya ninguna herida en las manos, pues, puede producir un ligero escozor. Una vez colocados convenientemente los tubos se lavan las manos con agua abundante. Si lo desea haga que los alumnos se ejerciten en el llenado de los tubos, utilizando sólo agua y cuando tengan ya la suficiente habilidad manual pueden proceder al llenado con la disolución de ácido sulfúrico. Es muy importante que los tubos no contengan burbujas de aire al quedar dentro de la disolución, pues de ser así se falsearán los resultados.

Si se prepara la disolución de ácido sulfúrico en la forma anteriormente dicha y se emplea una tensión de 4,5 V, al cabo de unos 15 minutos de electrolisis se recoge un volumen de hidrógeno algo menor que las tres cuartas partes del tubo de ensayo, cantidad suficiente para realizar las medidas.

No se debe emplear una disolución de ácido sulfúrico más concentrada, ni una tensión más alta de 4,5 V, pues de ser así, el volumen de hidrógeno es bastante más del doble que el del oxígeno. Tampoco se pueden emplear otros electrodos que los de níquel, ya que serían atacados por los gases y se falsearían los resultados.

REALIZACION

Las dos marcas que se hacen con lápiz graso sirven para llenar de agua hasta la señal, el tubo de oxígeno (menos volumen) y verterlo en el que contenía hidrógeno y que se pueda comprobar que realizando la operación dos veces, se alcanza la marca señalada en el tubo de hidrógeno. Así se comprueba experimentalmente que el volumen de gas hidrógeno es doble que el de gas oxígeno.

OBSERVACIONES

1. La disolución de ácido sulfúrico es incolora.
2. Los electrodos de níquel son casi blancos presentando un brillo característico y propio de los metales.



3. Se desprende mayor cantidad de gas en el tubo que tenía en su interior el cátodo.

4. Los gases que se desprenden, hidrógeno y oxígeno son incoloros.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La contestación correcta es que los gases desprendidos son hidrógeno y oxígeno.

Tal vez los alumnos no sepan contestar a esta pregunta si no se les da ninguna información previa.

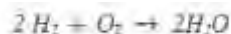
2 y 3. La relación es dos veces más volumen del gas desprendido en el cátodo que en el ánodo.

4. La última cuestión es interesante y sirve además para introducir a los alumnos en la formulación química.

Hay que informar a los alumnos que el hidrógeno en condiciones de presión y temperatura ambiente es un gas, lo mismo que el oxígeno. El 2 que figura delante del hidrógeno significado que el volumen de hidrógeno es doble que el de oxígeno. Por ejemplo, si se han recogido, 5 cm³ de oxígeno, se han formado: 2 x 5 = 10 cm³ de hidrógeno.

También es muy interesante insistir en el aspecto químico de la reacción, así el agua es líquida a temperatura y presión ambiente, mientras que sus constituyentes H₂ y O₂ son gases, lo que nos indica que las propiedades de los compuestos son totalmente diferentes de las de sus elementos.

El aspecto energético de la reacción es atractivo. Así el agua es estable y para obtener H₂ y O₂ aportamos energía (en este caso de tipo eléctrico). ¿Qué ocurriría si hacemos reaccionar H₂ y O₂? Pues, que se puede formar H₂O y, por tanto la reacción:



Se producirá con desprendimiento de energía. Finalmente hemos de hablar de que en los vuelos espaciales se han empleado el H₂ y el O₂ como propulsores de los cohetes y que la energía para impulsarlos se ha obtenido de la reacción entre el hidrógeno y el oxígeno.



Hemos de hacer constar que para que esta experiencia salga correctamente, los electrodos que se empleen han de ser de *Pt*. Con los electrodos de *Ni* la realización resulta bastante aproximada esto es debido a que los gases desprendidos producen reacciones secundarias con los mismos electrodos.

COBREADO (3.8.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Se trata de que los alumnos comprendan que un ión metálico positivo (Cu^{2+}) se puede depositar en forma de metal, sobre un objeto metálico.

Han de comprobar que el objeto que se desea cablear ha de estar unido al polo negativo de la fuente de alimentación. Para que el alumno se convenza de ello, si lo estima oportuno, puede iniciar el experimento uniendo la moneda al polo positivo. Al cabo de un minuto observarán que no hay ningún depósito metálico rojizo. Si ahora cambian la polaridad y esperan un minuto con el circuito cerrado se puede observar ya el depósito de color rojo. Algunos alumnos se darán cuenta de que el hilo de constantán que sujeta a la moneda y está sumergido en el seno de la disolución también adquiere un color rojizo. Si le hacen un comentario sobre este hecho, destaque que el color rojo sobre el hilo de constantán corresponde a la parte sumergida dentro de la disolución.

MATERIAL

La disolución ácida de CuSO_4 debe ser preparada por el profesor y no por los alumnos. Para ello use las siguientes proporciones: por cada 200 g de agua mida en la balanza 35 g de CuSO_4 (la pesada no necesita ser precisa). Eche el sólido sobre el agua y luego mida en la probeta 20 cm^3 de H_2SO_4 que añadirá sobre el contenido del vaso poco a poco y agitando. El CuSO_4 tarda un cierto tiempo en disolverse; si, le queda algo en el fondo no se preocupe. La disolución que queda es válida para el experimento. Tal vez sea conveniente que los grupos de alumnos hagan el experimento sucesivamente, pues puede valer la misma disolución y así se ahorra material.

Es muy recomendable que el objeto metálico que se quiere cablear se limpie raspándolo con el papel esmeril. Así el depósito de cobre quedará más adherido al metal. También la calidad del depósito depende de la intensidad de la corriente



que no debe ser superior a 200 miliamperios, esto se puede controlar por el amperímetro dispuesto en el circuito.

OBSERVACIONES

Las observaciones se han puesto simplemente para destacar el hecho de que al cabo de un minuto ya aparece un color rojizo sobre ella. Durante el proceso la lámpara se enciende. En el caso de que esto no ocurra, hay que revisar las conexiones del circuito.

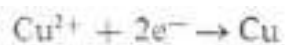
El color que adquiere el cobre al depositarse sobre la moneda es rojo mate.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Creemos que será fácil su contestación, ya que el color rojizo es algo que ellos ven. En cuanto a que se ha depositado cobre, es muy probable que lo contesten. Si no hay una contestación correcta, lo mejor es hacer una comprobación experimental: Tome un poco de HNO₃ en un vaso, añada un hilo de cobre y haga que los alumnos observen la reacción.

Luego, en otro, ponga ácido nítrico y sumerja en él unos instantes la moneda. De la comparación de ambos experimentos podrán sacar la conclusión que el depósito de color rojizo es de Cu.

2 y 3. Para que el catión Cu²⁺ se reduzca ganando dos electrones:



es necesario que la moneda esté unida al polo negativo, es decir, al cátodo, pues ya hemos explicado que en el cátodo se verifica siempre la reducción. Para los alumnos la explicación debe consistir en pensar que el electrodo está unido al polo *negativo*, puesto que así se hace el montaje experimental y luego tienen que contestar que el cobre está en el seno de la disolución como *ión positivo*, puesto que es atraído hacia el electrodo negativo.

CONSTRUCCION DE UNA PILA (3.9.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



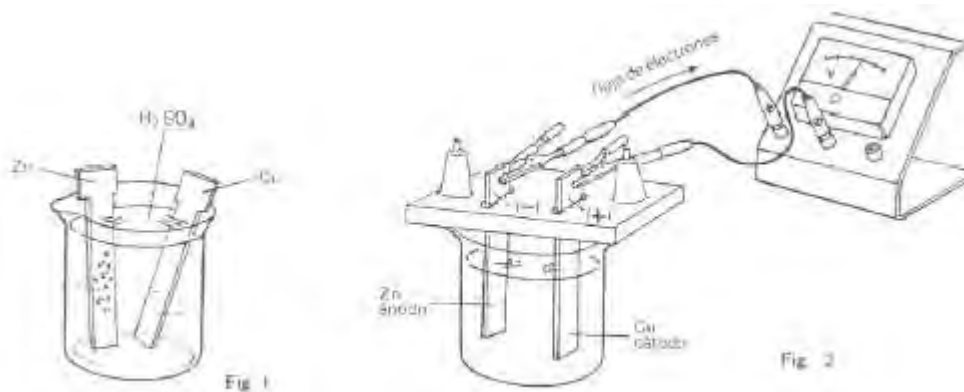
Se trata de que los alumnos lleguen a la conclusión de que para construir una pila se necesita dos electrodos de distinta naturaleza y un electrolito.

En este caso, el electrolito es un líquido el ácido sulfúrico, por esta razón el dispositivo recibe el nombre de «pila húmeda». En la ficha del alumno damos por supuesto que sabe que el ácido sulfúrico es un electrolito, es decir, hay iones en el seno de la disolución. Si no es así deben comprobarlo experimentalmente.

Cuando los alumnos hayan realizado el experimento sentirán la necesidad de «buscar» el ácido sulfúrico en las «pilas» que se venden en el comercio. Por esta razón se les puede desmonta una pila comercial. En ella pueden ver]a existencia de dos electrodos, uno es una barra de carbón rodeada de MnO_2 y el otro es el propio recipiente de la pila, que es de cinc. En e] interior de la misma existe una pasta que contiene dióxido de manganeso pegada a la barra de carbón y luego una pasta de cloruro de amonio y cloruro de cinc (electrolito). Quizás se sientan algo sorprendidos de no encontrar ningún líquido. Es el momento de explicarles que se trata de una «pila seca», pero que *en* ella están los constituyentes de su experimento, a saber, dos electrodos distintos y un electrolito.

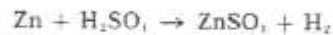
Creemos que no se les debe hablar a los alumnos de otro elemento importante en las pilas, que es el agente despolarizante. Por el momento les basta con lo anterior.

Una vez realizado el experimento, si los alumnos conocen algo de] mecanismo de la corriente eléctrica pueden preguntar ¿cómo circulan los electrones? El experimento no ha sido programado para contestar a esta interesante cuestión. Por lo tanto, si surge la pregunta se les puede dar la siguiente explicación:





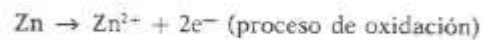
Si colocamos un electrodo de cinc y otro de cobre en un vaso con ácido sulfúrico (fig. 1) se observa la formación de burbujas en el electrodo de cinc (compruébese experimentalmente), ya que se produce la reacción: o escrita en forma iónica:



El cinc pasa a Zn^{2+} perdiendo electrones:



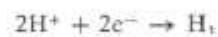
mientras que el ión H^+ gana electrones:



Si ahora conectamos el Zn y el Cu a un voltímetro, éste registra una diferencia de potencial (fig. 2). El cinc se oxida según la reacción:



ahora los electrones pasan por el voltímetro y llegan al electrodo de Cu, allí se verifica la siguiente reducción:

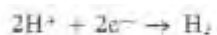


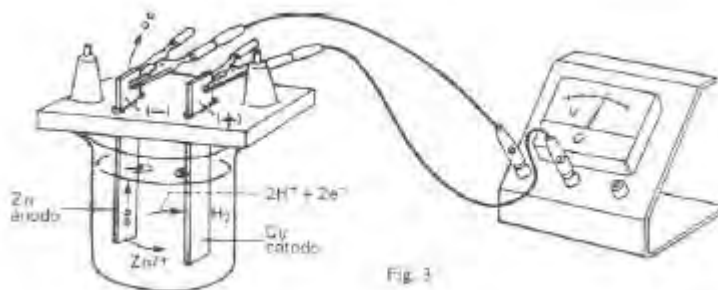
El mecanismo interior es el siguiente (fig. 3):

ánodo (oxidación)



cátodo (reducción)

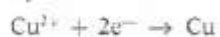




Los electrones que desprende el Zn van desde el ánodo al cátodo por el cable exterior y por esta razón hay corriente eléctrica en el circuito exterior. Obsérvese que el cinc es el electrodo negativo pues de él parten los electrones que han de llegar al electrodo positivo (el cobre).

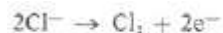
Veamos cómo es el mecanismo de una electrolisis (por ejemplo. CuCl_2 disuelto en agua) con electrodos de carbón. En el seno de la disolución existen los iones Cl^- y Cu^{2+} procedentes de la disolución de la sal.

El Cu^{2+} se dirige al electrodo negativo y allí se *reduce*:



luego ese electrodo es el cátodo, pues en él se verifica una reducción.

El ión Cl^- se dirige al electrodo positivo y allí se *oxida*:



ese electrodo es el ánodo, pues en él se verifica una oxidación.

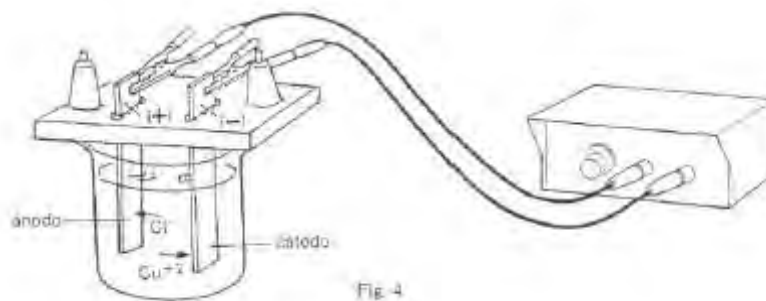
Comparando ambos mecanismos el de la pila y el de la electrolisis, encontramos en común que:

- el cátodo es el electrodo en el que se verifica la reducción;
- el ánodo es el electrodo en el que se verifica la oxidación.

y vemos también como diferente (compárense las figs. 3 y 4).



- que en la pila el ánodo es el polo negativo { en la electrolisis va unido al polo positivo.
- que en la pila el cátodo es el electrodo positivo y en la electrolisis va unido al polo negativo.



PRODUCTOS

Para la preparación de la disolución de ácido sulfúrico deben tomarse las correspondientes precauciones. Las proporciones para preparar la disolución son 10 cm³ de ácido sulfúrico concentrado por 200 cm³ de agua.

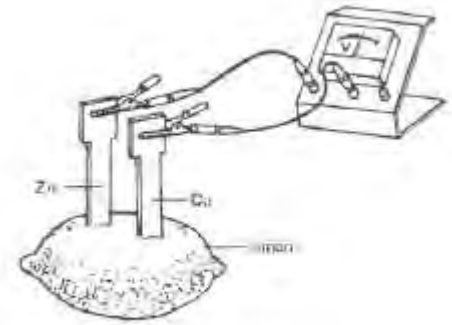
CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La pregunta no tiene ninguna dificultad, basta la observación de la tabla de resultados para contestar negativamente.
2. Los valores de $V_1 = V_2 = \dots = V_n$ son iguales entre sí o iguales a cero. Si los alumnos contestan que el voltímetro no marcó, dé la respuesta como correcta.
3. Si los dos electrodos son del mismo material la respuesta es *cero*.
4. Cuando se usa disolución ácida y los electrodos son de materiales *diferentes*, el voltímetro indica un cierto valor distinto de cero.
5. Cuando se emplea agua, el voltímetro indica *cero*.



6. El mayor valor se logra con los electrodos de *cobre* y *magnesio*, y como líquido la *disolución ácida*. La pregunta se ha hecho con el fin de que los alumnos se fijen en que la naturaleza de los electrodos influye en el valor de la diferencia de potencial y que además se necesita un electrolito.

7. Se trata de recopilar todas las cuestiones y conclusiones anteriores, pues solamente el voltímetro indica un cierto valor si los electrodos son *disíntos* y el líquido utilizado es *disolución ácida*.



8. Si son capaces de llegar a la última conclusión, se sugiere que construyan las siguientes pilas:

Sobre un limón se introducen dos electrodos, uno de cobre y otro de cinc.

Si se unen al voltímetro del equipo se observa una diferencia de potencial de aproximadamente 0,2 V.

CONSTRUCCION DE UN ACUMULADOR (3.10.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Se pretende que los alumnos entiendan algo esencial del acumulador que lo diferencia de una pila, esto es, la posibilidad que tiene de almacenar energía uniéndolo convenientemente a una fuente de alimentación.

Es casi seguro que en su vida ordinaria conozcan las baterías de los coches, que son, generalmente, acumuladores de plomo, y, por consiguiente, se trata de que relacionen lo que hacen en el experimento con aparatos de uso corriente. Si se examina una batería de coche se ven unos vasos que contienen ácido sulfúrico y una serie- de electrodos. En el experimento que se realiza aquí, ven perfectamente los electrodos de plomo y el electrolito. 'Pero hay algo muy importante. Cuando los dos electrodos son iguales no se enciende la lámpara, por tanto no es un dispositivo que pueda dar energía. Al conectarlo a la fuente de alimentación, el acumulador. Se carga, lo que se traduce desde el punto de vista químico, en que uno de los electrodos de plomo se convierta en PbO_2 . Para alcanzar más objetivos de esta experiencia véase la sugerencia.



PRODUCTOS

Respecto a la preparación de la disolución de ácido sulfúrico, la proporción debe ser ahora de 415 cm³ de H₂SO₄ concentrado por 200 cm³ de agua.

OBSERVACIONES

Se han puesto esas tres observaciones con el fin de que se detecte rápidamente algún posible fallo en el montaje.

Así, en la realización 1 la lámpara no se enciende. En la realización 2, la lámpara debe encenderse ya que circula corriente eléctrica. En caso de que esto no ocurra deben revisarse las conexiones en el circuito eléctrico.

En la realización 3, la lámpara se enciende durante un cierto tiempo (menos de dos minutos), y luego se apaga. Es muy conveniente que observen esto último, con el fin de que adquieran la idea de que el acumulador ha cedido su energía almacenada, y que de nuevo puede recuperarla al conectarla a la fuente de alimentación (realizaciones 4 y 5).

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. En la realización 1, la lámpara *no se enciende*, ya que a] ser los electrodos *iguales* desde el punto de vista químico no hay diferencia de potencial.
2 y 3. Se trata de que observen primero que por el acumulador pasa corriente, lo que se comprueba a] encenderse la lámpara, y que se verifica un cambio químico en los electrodos que dejan de ser iguales.

Al conectar este dispositivo a la lámpara, ésta se enciende; desde el punto de vista energético ocurre que el acumulador cede su energía química, o sea, se «descarga».

4. Es lo más importante de todo. El alumno debe convencerse de que el acumulador puede cargarse de nuevo.

5 y 6. Estas cuestiones tratan de que la idea principal del experimento quede perfectamente comprendida por los alumnos.

Así, en la realización 2 ocurre el siguiente cambio de energía:



ENERGIA ELECTRICA → ENERGIA QUIMICA

mientras que en la realización 3 ocurre el siguiente:

ENERGIA QUIMICA → ENERGIA ELECTRICA

Los alumnos pueden también responder que en la realización 4 ocurre lo que en la 2, y que en la 5, lo que en la 3.

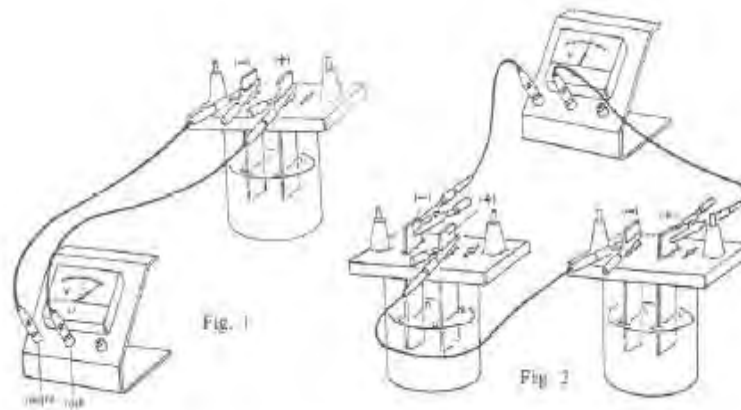
SUGERENCIA

Si lo cree conveniente puede profundizar más en el estudio del acumulador, para ello al material detallado en la ficha del alumno debe añadir un voltímetro. Haga las siguientes realizaciones:

1. Con los electrodos limpios sumergidos en la disolución de ácido sulfúrico conecte el voltímetro. Indicará cero voltios.
2. Después de cargar el acumulador conecte el voltímetro y señalará algo menos de dos voltios.
3. Después de descargar el acumulador a través de la lámpara. conecte el voltímetro. Indicará cero o casi cero.
4. Vuelva a cargar el acumulador y después conecte el voltímetro. Volverá a indicar unos dos voltios.

POLARIDAD DE LOS ELECTRODOS

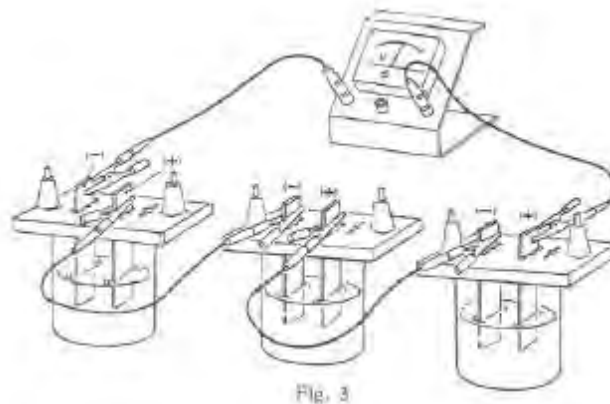
1. Conecte el voltímetro al acumulador cargado. Indicará dos voltios. Si la aguja se desvía hacia la derecha en la escala, entonces puede saber cuál es el electrodo positivo y cuál el negativo (véase la fig. 1). Si la aguja se desvía hacia la izquierda, la polaridad de los electrodos es distinta a la que hemos dibujado. También puede buscarse la polaridad de los electrodos mediante el papel buscapolos.



2. Determine la polaridad de los electrodos de otro acumulador cargado siguiendo el procedimiento anterior.

3. Haga con los dos acumuladores cargados el montaje de la fig. 2. Entonces el voltímetro le indicará aproximadamente cuatro voltios, es decir, la suma de los voltios individuales de cada acumulador.

4. Puede asociar tres acumuladores, como indica la fig. 3. El voltímetro le indicará la suma de los tres. Dado el material que se necesita, este último experimento sólo puede realizarse como una demostración de cátedra. Si los alumnos tienen la posibilidad de examinar una batería de coche comprenderán que en ella hay varios acumuladores unidos entre sí de la forma que se ha indicado en el experimento.





IMANES. ESPECTRO MAGNETICO (4.1.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Un imán produce en la región del espacio que le rodea una perturbación respecto a su estado anterior, que se pone de manifiesto porque interacciones con ciertos cuerpos colocados en sus proximidades.

No todos los cuerpos son sensibles al campo magnético. Hay dos tipos de sustancias: magnéticas (hierro, níquel, etc.) y no magnéticas (aluminio, etc.).

El objetivo de esta experiencia es estudiar las propiedades magnéticas de los imanes. Los alumnos además harán un estudio de la forma del campo magnético producido por el imán visualizándolo con la ayuda de las limaduras de hierro.

REALIZACION

La cartulina se coloca sobre los soportes de plástico para que quede separada del imán. De esta manera se visualizan mejor las líneas de fuerza que le rodean. Si la cartulina se pone directamente encima del imán, éste atraerá fuertemente las limaduras dejando una zona desnuda a su alrededor.

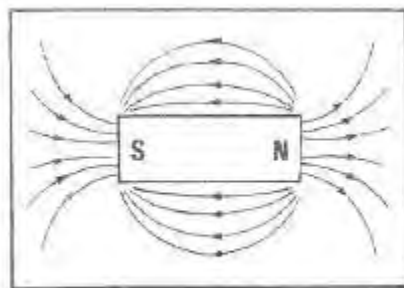


Fig. 3

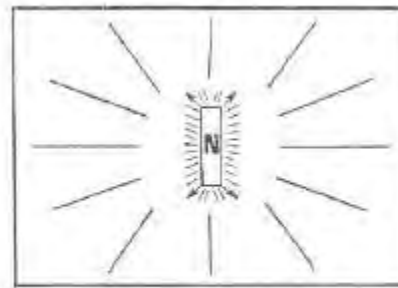


Fig. 4

La fig. 3 es la que se obtiene con un imán colocado horizontalmente sobre la mesa. La fig. 4 corresponde al imán anterior colocado perpendicularmente a la mesa.

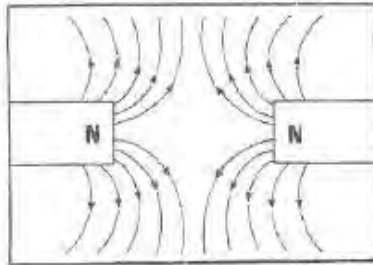


Fig. 5

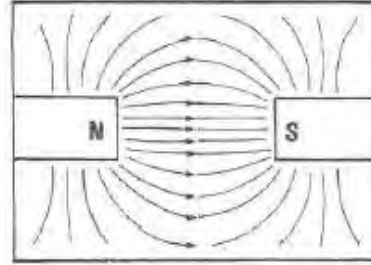


Fig. 6

La Fig. 5 representa la distribución de las limaduras de hierro cuando se colocan dos imanes con polos iguales enfrentados. La fig. 6 corresponde a polos distintos.

OBSERVACIONES

1. Al acercar un imán a los remaches, el alumno observa que atrae a los de hierro, dejando indiferentes a los de aluminio.
2. Al acercar el imán por el otro extremo observa exactamente lo mismo.
3. El alumno observa que las limaduras se distribuyen en forma de líneas sobre la cartulina.

CUESTIONES V CONCLUSIONES

1. El imán atrae a los remaches de hierro.
2. En cambio no atrae a los remaches de aluminio.
3. No se observa ninguna diferencia en el comportamiento de los extremos del imán al acercarlos a los remaches.
4. El alumno ha comprobado que el imán del equipo atrae mejor por ambos extremos que por la zona central.
5. El imán del equipo tiene los polos situados en sus extremos.
6. Se puede concluir que un imán produce en el espacio que le rodea una perturbación que se pone de manifiesto porque *atrae* a ciertos cuerpos colocados en sus proximidades. Es decir, el imán crea un campo magnético.



7. Un ejemplo de material sensible a este campo es el *hierro*, y un ejemplo de material indiferente a dicho campo es el *aluminio*.
8. Las limaduras de hierro se disponen sobre la cartulina *formando líneas*.
9. Los campos magnéticos se representan *mediante líneas*.

ACCIONES MUTUAS ENTRE POLOS MAGNETICOS (4.2.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El objetivo es muy sencillo: Comprobar que polos magnéticos iguales se repelen entre sí y que polos distintos se atraen.

Una vez alcanzado este objetivo los alumnos estarán en condiciones de abordar las siguientes experiencias.

REALIZACION

Aunque en la ficha del alumno están claramente determinadas las instrucciones que debe realizar es buena idea dejarles que jueguen libremente con los imanes durante algunos minutos.

Deben tener la precaución de evitar que se caigan al suelo, pues se rompen fácilmente.

OBSERVACIONES

1. Al acercar los dos imanes por los extremos pintados de rojo se repelen entre sí.
2. También se repelen.
3. Al acercar un extremo rojo y otro blanco se observa que los imanes se atraen fácilmente.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Los polos magnéticos de color rojo de los imanes se *repelen* entre sí.



2. Los polos magnéticos de color blanco se *repelen* entre sí.
3. Un polo de color blanco y otro de color rojo se *atraen* entre sí.
4. Polos magnéticos iguales se *repelen* entre sí, y polos magnéticos distintos se *atraen*.

LA BRUJULA (4.3.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

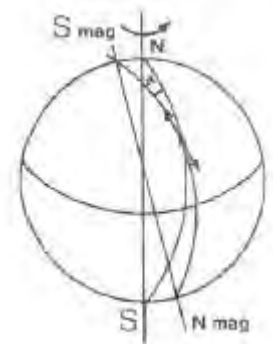
OBJETIVO

La brújula está basada en la propiedad que tienen los imanes de orientarse según las líneas del campo magnético terrestre.

Desde tiempos muy antiguos se sabe que la Tierra se comporta como un gigantesco imán cuyos polos magnéticos están situados a unos 20U de los polos geográficos correspondientes al eje de rotación.

La dirección de la brújula y el meridiano geográfico forman un ángulo que recibe el nombre de declinación magnética o. Esta es característica de cada punto de la superficie de la Tierra. La primera brújula que se creó fue intentada por los chinos consistía en una aguja imantada que flotaba sobre el agua encima de un pedazo de corcho.

El objetivo de esta experiencia es estudiar el fundamento y las aplicaciones de la brújula. Por su importancia histórica los alumnos dejarán un imán flotando sobre el agua, como los antiguos chinos, y estudiarán a continuación la dirección según la cual se orienta.



REALIZACION

En estos experimentos debe tenerse en cuenta que si hay algún imán o material magnético en las proximidades, éstos pueden influir en los resultados experimentales.

OBSERVACIONES

1. Los alumnos observan que el imán siempre se orienta en la misma dirección.



2. Aunque se gire la brújula sobre la mesa, la aguja no cambia su orientación.
3. Los alumnos acercan a la brújula los dos extremos del imán, primero uno y después el otro. De acuerdo con sus observaciones experimentales contestarán a esta pregunta.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. El imán que flota sobre el agua se orienta aproximadamente en la dirección Norte-Sur.
Para que la conclusión sea correcta es necesario que no haya ningún otro imán en las proximidades.
2. La brújula también se orienta en la dirección Norte-Sur.
3. La respuesta es afirmativa.
4. Los alumnos completarán esta conclusión de acuerdo con sus observaciones experimentales. No debe sorprenderse de que la respuesta sea diferente según el equipo utilizado. Las brújulas invierten fácilmente su polaridad si se les acerca excesivamente un imán. Por lo tanto, nunca se puede asegurar ('a priori') que el extremo de la brújula pintado de rojo corresponda a un polo Norte.
5. Cuando se deja el imán flotando sobre el agua el polo de color rojo señala el polo *Norte* geográfico.
6. Además, el polo de color rojo del imán *repele* al polo Norte de la brújula.
7. Por lo tanto, se puede concluir que el extremo rojo del imán es un polo *Norte* (porque se orienta hacia el Norte geográfico y además repele al polo Norte de la brújula) y el extremo blanco es un polo *Sur*.
8. La respuesta es afirmativa. Los alumnos deben pensar que todos los imanes se orientan siempre de la misma manera si se les permite girar libremente alrededor de su eje. La única explicación posible de este fenómeno es admitir que la Tierra se comporta como un gigantesco imán.
9. Esta afirmación se incluye en este lugar para ayudar a los alumnos a recordar conceptos que ya deben saber.



10 y 11. El polo Norte del imán señala, aproximadamente, el polo Norte geográfico. Luego éste es el polo Sur Magnético, de acuerdo con la afirmación anterior.

El polo Norte magnético de la Tierra está situado cerca del polo Sur geográfico.

Si lo cree conveniente puede hablar a los alumnos de la declinación magnética o incluso de la inclinación magnética.

12. La aplicación más difundida de la brújula es la de indicar la ruta de los barcos en el mar.

EXPERIMENTO DE OERSTED (4.4.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

En el año 1819, Hans Christian Oersted físico danés demostró experimentalmente que una brújula, situada en las proximidades de un conductor por el que circula una corriente eléctrica tiende a ponerse perpendicular al conductor. Este experimento pone al descubierto que una corriente eléctrica produce un campo magnético.

El experimento de Oersted es la llave que abre la puerta del Electromagnetismo.

En esta experiencia los alumnos repiten el experimento de Oersted y estudian la desviación de la aguja magnética al paso de la corriente. Deben llegar a la conclusión de que la corriente eléctrica produce una acción sobre una aguja magnética y que el sentido de esta acción depende del sentido de la corriente que circula por el conductor.

REALIZACION

El interruptor que cierra el circuito debe pulsarse solamente unos instantes, pues en realidad se está provocando un cortocircuito. El consumo de energía eléctrica es muy grande y si el experimento se realiza con pilas éstas pueden agotarse.

La fuente de alimentación del equipo tiene un dispositivo interno de seguridad que limita la corriente de salida. De esta manera se evitan posibles daños a la misma.



OBSERVACIONES

1. Al pulsar el interruptor se observa que la aguja magnética tiende a ponerse perpendicular al conductor.
2. Al cambiar el sentido de la corriente también tiende a ponerse normal al conductor, pero girando esta vez en sentido contrario al anterior.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La aguja magnética de la brújula *no es diferente* al paso de una corriente eléctrica cerca de ella.
2. Una brújula es un imán que puede girar libremente alrededor de su eje.
3. Si el alumno no sabe dar una explicación del fenómeno observado, puede preguntarle si conoce algún procedimiento para conseguir que la aguja magnética se mueva sin necesidad de tocarla. Seguramente le contestará con un imán.

Con esta respuesta, le puede sugerir que en el experimento no hay ningún imán. La corriente eléctrica tiene que producir el mismo efecto que aquél, es decir crea un campo magnético alrededor del conductor que desvía la aguja imantada.

Las líneas de fuerza del campo magnético creado por la corriente eléctrica son circunferencias concéntricas con el conductor. La aguja magnética tiende a colocarse tangente a estas líneas y, por lo tanto, perpendicular al conductor. (Fig. 1).

Al cambiar el sentido de la corriente las líneas del campo magnético también cambian de sentido. La aguja de la brújula tiende ahora a orientarse en sentido contrario al anterior.

4. La orientación de la aguja magnética *depende* del sentido de la corriente que circula por el conductor.
5. El polo Norte de la brújula gira hacia donde indica el dedo pulgar. (Fig. 2).

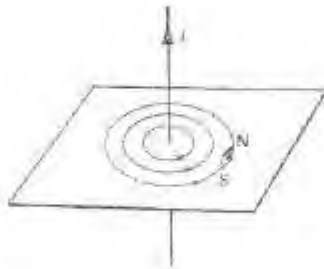


Fig. 1



Fig. 2

6. Al invertir el sentido de la corriente hay que cambiar la posición de la mano derecha para adaptarla al nuevo sentido de aquella.
7. Una vez hecho eso, se observa que el polo Norte de la brújula gira de nuevo hacia donde indica el dedo pulgar.
8. La regla podría ser, más o menos, la siguiente: Se extiende la mano derecha encima del conductor de manera que el dedo pulgar quede perpendicular a éste y los otros cuatro dedos indiquen el sentido de la corriente. Al pasar esta por el conductor, la brújula tiende a colocarse perpendicular al mismo, de manera que la desviación del polo Norte queda indicada por el dedo pulgar.

ACCION DE UN CAMPO MAGNETICO SOBRE UNA CORRIENTE ELECTRICA (4.5.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Con el experimento de Oersted, los alumnos llegaron a la conclusión de que una corriente eléctrica produce una acción sobre una aguja magnética (imán). Según el principio de acción y reacción, el imán debe producir sobre la corriente eléctrica una reacción igual y contraria.



En la experiencia anterior el conductor no podía moverse porque lo manteníamos sujeto con las manos. En cambio, la aguja magnética sí podía hacerlo.

En este experimento el imán está fijo, mientras que el conductor puede moverse fácilmente.

Los alumnos deben llegar a la conclusión de que aparece una fuerza sobre un conductor por el que circula una corriente eléctrica cuando aquél se introduce en un campo magnético. Además, el sentido de esta fuerza depende del sentido de la corriente y del sentido del campo magnético.

REALIZACION

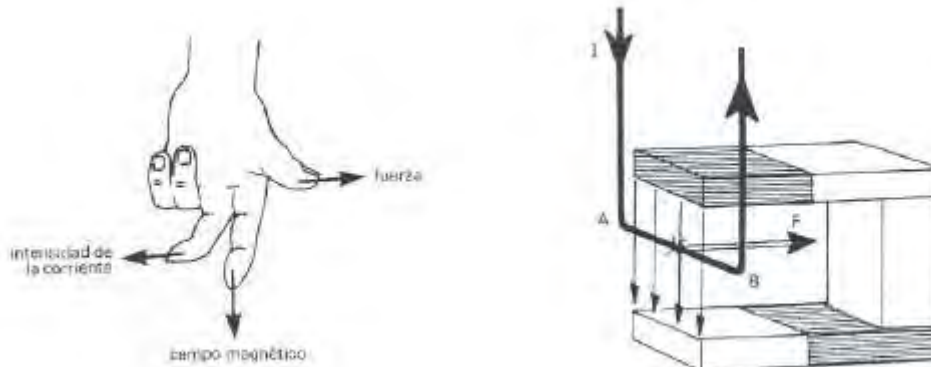
El interruptor que cierra el circuito debe pulsarse solamente unos instantes, pues se provoca un cortocircuito con un consumo importante de energía eléctrica.

OB5ERVACIONES

1. Los alumnos observan que el conductor se mueve como un pequeño columpio, hacia dentro o hacia afuera de la armadura del imán.
2. Al invertir el sentido de la corriente se observa que el movimiento del conductor es el contrario al anterior. Por ejemplo, si antes se movió hacia dentro de la armadura, ahora intenta salir de ella, o viceversa.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La respuesta es afirmativa por simple observación experimental.
2. El conductor se desplaza hacia dentro o hacia afuera de la armadura de los imanes, según el sentido de la corriente.
3. Colocada la mano izquierda como indica la figura, el dedo pulgar indica el sentido de la fuerza que aparece sobre el conductor.



En la figura se explica cómo se debe aplicar la regla de la mano izquierda a conductor AB.

Si los alumnos responden que el dedo pulgar indica hacia donde se mueve el conductor, la respuesta se puede admitir como válida. Pero es el momento de hacerles pensar que para mover el conductor tiene que actuar una fuerza sobre éste.

4. La conclusión anterior se sigue cumpliendo, aunque se invierta el sentido de la corriente.

En este caso habrá que adaptar la posición de la mano al nuevo sentido de aquélla.

5. Si en un campo magnético se introduce un conductor por el que circula una corriente continua, aparece sobre este conductor una *fuerza* que tiende a *desplazarlo* (o moverlo) hacia dentro o hacia afuera del campo magnético según el *sentido* de la *corriente*.

6. El sentido de la fuerza se deduce mediante la regla de la mano *izquierda*: El dedo índice indica *el sentido del campo magnético* (del polo Norte al polo Sur). El dedo medio indica *el sentido de la corriente eléctrica* (del polo positivo al polo negativo).

El dedo pulgar indica *la fuerza que actúa sobre el conductor*.



7. Al circular una corriente eléctrica por un conductor, ésta produce un campo magnético a su alrededor que interacciona con el imán colocado en sus proximidades. En esta experiencia, donde se ha mantenido fijo el imán, se ha puesto de manifiesto que actúa una fuerza sobre el conductor. Si éste se mantiene fijo, dejando libre el imán, éste se moverá bajo la acción de una fuerza de la misma naturaleza.

En el experimento de Oersted se permitía al imán que pudiese girar alrededor de su eje, manteniendo sujeto el conductor. Al paso de la corriente aparecía una fuerza sobre el imán (la aguja de la brújula), tendiendo ésta a colocarse perpendicular a la corriente.

IMANACION POR FROTAMIENTO (4.6.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Desde tiempos muy antiguos se conocen las propiedades magnéticas de ciertas sustancias naturales (minerales de magnetita), pero hasta el siglo XVII no se empezó a hacer un estudio sistemático de las propiedades de los imanes.

La posibilidad de transformar una pieza de hierro en un imán era conocida por los primeros investigadores del magnetismo. Se descubrió que frotando las piezas de hierro con un trozo de magnetita aquéllas quedaban imanadas.

Tras el descubrimiento de las propiedades magnéticas de la corriente eléctrica se consiguieron fuertes campos magnéticos, que son los que se emplean actualmente para fabricar los imanes.

Las extraordinarias propiedades magnéticas del hierro (y demás sustancias ferromagnéticas) se deben a que los momentos magnéticos propios de cada átomo, mediante un mecanismo de naturaleza cuántica, se agrupan en pequeños «dominios» (dominios elementales de Weiss), de manera que se orientan todos ellos paralelamente y con el mismo sentido. Así sus efectos se suman y dan lugar a un gran momento magnético. Es decir, cada uno de estos dominios constituye un minúsculo imán. Bajo la acción de un campo magnético exterior, estos pequeños imanes elementales se orientan y tienden a ponerse paralelos con las líneas del campo exterior.



Si se golpea fuertemente una barra imantada se consigue desordenar de nuevo los imanes elementales, perdiendo la barra sus propiedades magnéticas.

En esta experiencia los alumnos estudian la imanación de una aguja de acero que se frota con un imán. Este método de imanación, aunque no es práctico, sí es instructivo para conocer el mecanismo de imanación.

OBSERVACIONES

1. La aguja de acero atrae las limaduras de hierro.
- 2 y 3.-Uno de los extremos de la aguja atrae al polo Norte de la brújula y el otro al polo Sur.
4. Después de golpear la aguja contra el suelo, ésta no atrae las limaduras de hierro.

CUESTIONES V CONCLUSIONES

1. La aguja de acero adquiere propiedades magnéticas al ser frotada con un imán.

Al frotar la aguja con un imán, de forma sistemática, siempre en la misma dirección y con el mismo polo, desde el centro a uno de sus extremos, se consigue que los pequeños imanes elementales de la aguja se orienten ordenadamente. La aguja de acero se convierte en un imán.

2. La aguja de acero *atrae* las limaduras de hierro por *los dos* extremos.
3. Atendiendo a las limaduras de hierro, ambos extremos de la aguja se comportan aparentemente igual. Pero estudiando su acción sobre la brújula, los alumnos deben concluir que uno de los extremos es un polo Norte y el otro un polo Sur.
4. Los pequeños imanes elementales de la aguja están orientados ordenadamente cuando la aguja se comporta como un imán. Al golpear la aguja fuertemente contra el suelo, se provoca que los imanes elementales se desordenen nuevamente, perdiendo aquélla sus propiedades magnéticas.

Mediante este experimento, los alumnos deben reconocer que la imanación consiste en un proceso de ordenación microscópica. Es el mejor momento para



recomendarles que nunca se deben golpear los imanes, pues se debilitan sus propiedades magnéticas.

5. Los pequeños imanes elementales de un imán están orientados *ordenadamente*. Una manera de ordenarlos es *frotando con un imán*, y una manera de desordenarlos es *golpeando fuertemente contra el suelo*.

SUGERENCIA

Si se dispone de una varilla de hierro dulce, con ella pueden repetirse todos los puntos de esta experiencia. Se llegará a la conclusión de que mientras el acero se convierte en un imán más o menos permanente, el hierro dulce pierde sus propiedades magnéticas inmediatamente después de ser imantado.

La propiedad del hierro dulce de no conservar su magnetismo cuando cesa la causa que lo produce, tiene muchas aplicaciones prácticas, como en el caso del electroimán, que se verá más adelante.

SOLENOIDE – ELECTROIMAN (4.8.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Un solenoide, en la práctica, consiste en un hilo conductor arrollado sobre un soporte aislante.

Un solenoide con varias capas de espiras superpuestas, aisladas unas de otras, recibe el nombre de bobina.

Cuando una corriente eléctrica circula por un solenoide, se crea un campo magnético de forma que se comporta de manera idéntica a un imán.

La intensidad de este campo se puede aumentar introduciendo dentro del solenoide una barra de hierro dulce. El sistema constituido por una bobina con núcleo de hierro dulce en su interior se llama *electroimán*.

En esta experiencia los alumnos estudian el campo magnético creado por una bobina al paso de la corriente eléctrica, y analizan el diferente comportamiento de aquella cuando se introduce un núcleo de hierro dulce en su interior.

OBSERVACIONES



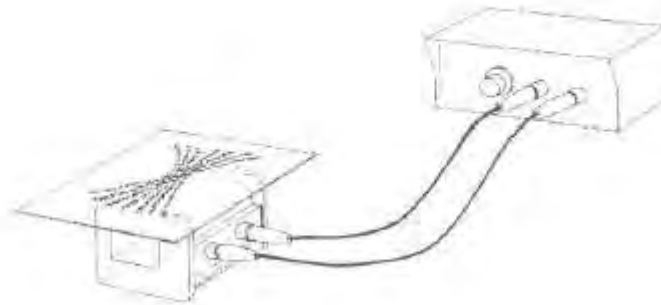
1. El solenoide atrae las limaduras de hierro introduciéndose éstas en su interior. Cuando se levanta el solenoide algunas limaduras permanecen adheridas dentro de ella. Al abrir el interruptor las limaduras se desprenden.
2. La bobina no es capaz de mover los remaches de hierro. Es posible que los alumnos respondan que no sucede nada.
3. Con el núcleo de hierro dulce se intensifican los fenómenos observados. La bobina es capaz ahora de atraer a los remaches de hierro y de levantarlos.
4. Las respuestas que figuran en el cuadro de observaciones dependen de la polaridad de los cables conectados a la fuente de alimentación. Por ejemplo, si el polo positivo de ésta está unido a la borna roja de la bobina, el cuadro quedaría así:

	<i>Polo de la brújula que es atraído</i>
Extremo de la bobina con la borna roja	SUR
Extremo de la bobina con la borna negra	NORTE

<i>Cambiando el sentido de la corriente</i>	<i>Polo de la brújula que es atraído</i>
Extremo de la bobina con la borna roja	NORTE
Extremo de la bobina con la borna negra	SUR

Si el polo positivo de la fuente de alimentación está unido a la borna negra de la bobina, el cuadro de observaciones se completaría cambiando las palabras NORTE Y SUR por las correspondientes SUR y NORTE.

5. Las limaduras de hierro se distribuyen sobre la cartulina de una forma que recuerda mucho a la figura obtenida con un imán, (ver figura).



CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Un solenoide consta de un hilo conductor arrollado sobre un soporte aislante. Los alumnos contestarán que un solenoide es una bobina.
2. Cuando se hace pasar una corriente eléctrica por un solenoide se produce un campo magnético que se pone de manifiesto porque atrae las limaduras de hierro y porque actúa sobre la brújula colocada en sus proximidades.
3. Este fenómeno se puede reforzar introduciendo un núcleo de hierro dulce en el interior de la bobina.
4. La respuesta es afirmativa.
5. Cuando no circula corriente por el electroimán, éste no atrae los remaches de hierro.
6. Un electroimán es equivalente a un imán *sólo cuando circula corriente*.
7. La respuesta esperada depende de cómo hayan conectado los cables a la fuente de alimentación. Si el polo positivo está unido a la borna roja de la bobina ésta atrae al polo *SUR* de la brújula. Esto quiere decir que ese extremo es el polo *NORTE* del electroimán, y el extremo con la borna negra es el polo *SUR*.
8. Al invertir el sentido de la corriente, el extremo de la borna roja atrae al polo *NORTE* de la brújula. Esto quiere decir que ese extremo es el polo *SUR* del electroimán, y el extremo con la borna negra es el polo *NORTE*.



9. Al invertir el sentido de la corriente, los polos del electroimán se *invierten*.

10. Los polos magnéticos del solenoide están ligados al sentido de la corriente tal como indica la figura.



Es decir el sentido de las líneas del campo magnético coincide con el de avance de un sacacorchos que gira según el sentido de la corriente.

También se puede conocer el sentido de las líneas del campo magnético por la regla de la mano derecha. Si la mano derecha cerrada empuña el solenoide como indica la figura, de tal manera que los cuatro dedos cerrados señalan el sentido de la corriente por el solenoide, el dedo pulgar extendido señala dónde está el polo Norte del imán que se produce.



Los alumnos deben tratar de encontrar una de estas reglas, para lo cual puede ofrecerles alguna pista.

EL TIMBRE (4.9.)

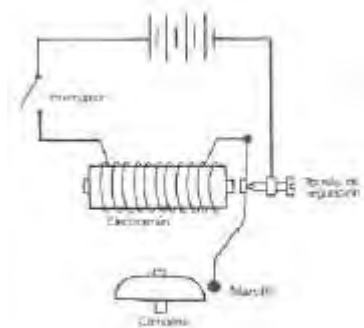
GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



Con esta sencilla experiencia los alumnos tienen la ocasión de estudiar el fundamento de un dispositivo de uso corriente: el timbre eléctrico.

El timbre eléctrico es una de las aplicaciones del electroimán. Cerrando el interruptor la corriente circula por el circuito a través del tornillo de regulación. Entonces el electroimán atrae la lámina flexible, la cual termina en un pequeño martillo que golpea la campana. Al ser atraída la lámina se interrumpe el circuito y vuelve aquélla a la posición primitiva, haciendo nuevamente contacto con el tornillo y cerrando el circuito. La corriente vuelve a circular, con lo cual se repite otra vez la atracción de la lámina, y así sucesivamente, a un ritmo que depende de la inercia de la lámina y de la posición del tornillo de regulación.



REALIZACION

La punta de la aguja se oxida con facilidad por las continuas chispas que se producen. Esto puede dar lugar a un mal contacto eléctrico con la lámina, interrumpiéndose el paso de la corriente. Para limpiada se puede utilizar el papel esmeril.

OBSERVACIONES

1. Los alumnos deben observar que la lámina vibra. Algunos dirán además, que se escucha un ruido y que se ven chispas en el extremo de la aguja.
2. Las chispas se observan en el punto de contacto de la aguja con la lámina.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Cuando pasa corriente por un electroimán, éste *atrae* a una lámina de hierro que esté cerca de él.
2. Al atraer el electroimán a la lámina, ésta se separa de la aguja.
3. Esta cuestión es idéntica a la anterior, pero aquí deben razonar sobre un esquema eléctrico y no sobre el montaje experimenta. Se debe esperar la misma respuesta y además que el circuito eléctrico queda interrumpido. Si los alumnos no responden correctamente, puede ayudarles a razonar que el circuito eléctrico queda abierto.



4. La respuesta será negativa si recuerdan la experiencia del «Solenoido-electroimán».
5. Cuando hay contacto eléctrico entre la aguja y la lámina *circula* corriente por el electroimán, por lo que éste *atrae* a la lámina. Algunos alumnos razonarán mejor la respuesta sobre el esquema eléctrico que sobre el montaje experimental directamente.
6. Cuando se interrumpe el contacto entre la aguja y la lámina *no circula* corriente por el electroimán, por lo que *no atrae* a la lámina.
7. Con las conclusiones anteriores los alumnos tienen que ser capaces de explicar el funcionamiento de un timbre eléctrico.

EL RELE (4.10)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

Son numerosas las aplicaciones prácticas del electroimán. Los alumnos en esta experiencia van a estudiar una de las más importantes: el relé.

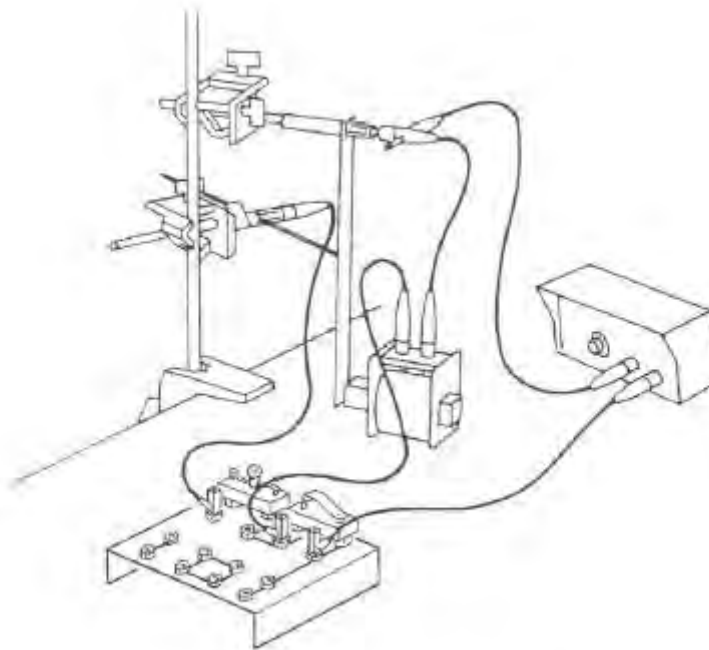
El relé es un dispositivo electromagnético que sirve para controlar el funcionamiento de un circuito eléctrico actuando sobre otro circuito independiente.

Los montajes clásicos del relé son dos, según que se desee abrir o cerrar el circuito eléctrico al pulsar el interruptor del circuito independiente:

1. La Fig. 2 representa el esquema de un circuito eléctrico que está, funcionando mientras no se pulse el interruptor. Con éste abierto, la lámpara está encendida. Al pulsar aquél el electroimán atrae la lámina flexible interrumpiendo el paso de la corriente por el circuito de la lámpara, apagándose ésta.
2. La Fig. 3 representa el esquema de un circuito eléctrico en el que la lámpara está apagada cuando el sistema está "en reposo», es decir, cuando no está actuando el interruptor. Con éste abierto la lámpara está apagada. Al cerrar el interruptor el electroimán atrae la lámina y cierra el circuito de la lámpara, por lo que ésta se enciende.



REALIZACION



En la figura se puede observar el montaje correspondiente al esquema eléctrico de la Fig. 3 de la ficha del alumno.

OBSERVACIONES

A) *Montaje correspondiente al esquema eléctrico de la Fig. 2.*

1. La respuesta debe ser afirmativa. Si no lo es, compruebe el contacto de la lámina con la aguja. Si la punta de ésta está oxidada, se puede limpiar con papel esmeril.

2. Al pulsar el interruptor del circuito el electroimán atrae la lámina separándola de la aguja. La lámpara se apaga.

B) *Montaje correspondiente al esquema eléctrico de la Fig. 3.*

1. La respuesta es negativa. Si la lámpara se enciende debe ser porque la aguja toca la lámina.

Aquella tiene que quedar muy próxima a la lámina, pero sin llegar a tocada.



2. Al pulsar el interruptor, el electroimán atrae la lámina haciendo contacto con la aguja de acero. La lámpara se enciende.

C) Con las observaciones anteriores los alumnos deben completar el cuadro de la siguiente manera:

¿Cómo se encuentra la lámpara?	Montaje de la Fig. 2	Montaje de la Fig. 3
Antes de pulsar el interruptor del circuito	ENCENDIDA	APAGADA
Al pulsar el interruptor del circuito	APAGADA	ENCENDIDA

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Cuando pasa corriente por la bobina del electroimán, éste *atrae* a la lámina.
2. Como consecuencia, al pasar corriente por el electroimán, el circuito de la lámpara que da *abierto* en el montaje de la Fig. 2 y *cerrado* en el montaje correspondiente a la Fig. 3.
3. En el montaje de la Fig. 2 la lámpara está *encendida* mientras no se pulse el interruptor del circuito, y cuando se actúa sobre éste la lámpara se *apaga*.
4. En el montaje de la Fig. 3, la lámpara está *apagada*, mientras no se pulse el interruptor del circuito. y cuando se actúa sobre éste la lámpara se *enciende*.
5. El timbre no debe funcionar cuando el interruptor está abierto y debe hacerlo cuando éste se cierre. Es evidente, después de las conclusiones anteriores, que el montaje que se precisa es el de la Fig. 3.

INDUCCION ELECTROMAGNETICA (5.1.)

GUIA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

El experimento de Oersted demuestra que una corriente eléctrica genera un campo magnético a su alrededor.



Faraday, físico inglés, estudió con atención el experimento de Oersted, y en 1831 consiguió demostrar el fenómeno contrario: Puesto que la electricidad produce efectos magnéticos, el magnetismo puede producir corrientes eléctricas.

Faraday, llegó a la conclusión de que las variaciones del flujo magnético que atraviesa un circuito cerrado producen en éste una corriente inducida que depende de la velocidad de variación del flujo. Este fenómeno se conoce con el nombre de inducción electromagnética.

El descubrimiento de Faraday hizo posible el desarrollo- industrial de la electricidad, sentando las bases para la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Aplicaciones inmediatas de la inducción electromagnética son los alteradores y dinamos. En esta experiencia los alumnos estudian la corriente inducida que se produce en una bobina al aproximar o alejar un imán. El movimiento relativo entre el imán y la bobina da lugar a la aparición en éste de una f.e.m. inducida que se pone de manifiesto cerrando el circuito con un amperímetro.

La f.e.m. inducida es función de la velocidad con que se acercan o alejan entre sí el imán y la bobina. El sentido de la corriente depende de la aproximación o alejamiento de aquéllos.

OBSERVACIONES

1. La aguja del amperímetro, en reposo, está situada en el centro de la escala. Es decir, indica el valor cero.
2. Al introducir lentamente el polo Norte del imán en el interior de la bobina, la aguja del amperímetro se desvía hacia uno de los lados' e inmediatamente después vuelve al centro de la escala.
3. Los alumnos contestarán izquierda o derecha, de acuerdo con sus observaciones personales. La respuesta depende de cómo esté situada la bobina y de la conexión de ésta con las bornas del amperímetro.
4. Con el imán en reposo dentro de la bobina el amperímetro no marca nada. La aguja reposa en el centro de la escala.



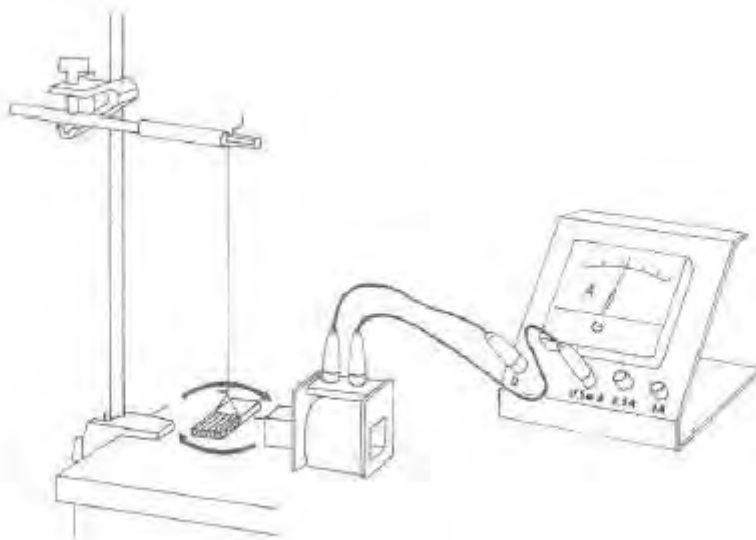
5. Al sacar el imán de la bobina, la aguja del amperímetro se desvía hacia el lado contrario que lo hizo anteriormente. Por ejemplo, si la aguja se desvió hacia la derecha al introducir el imán, se desviará hacia la izquierda al sacarlo.
6. Cuando se introduce el polo Sur del imán, la aguja también se desvía hacia uno de los lados de la escala.
7. Si la aguja se desvió hacia la derecha al introducir el polo Norte, ahora se desvía hacia la izquierda al introducir el polo Sur. Es decir, la aguja se desvía hacia un lado u otro según el polo del imán que se acerque. Los alumnos contestarán izquierda o derecha de acuerdo con las observaciones personales del equipo.
8. Con el imán quieto dentro de la bobina, la aguja no se mueve.
9. Al sacar el imán, la aguja se desvía de nuevo, pero hacia el lado contrario que lo hizo cuando se introdujo el polo Sur.
10. Cuando se mueve el imán rápidamente, se observa que la desviación de la aguja es más acusada.
11. Los fenómenos anteriores se repiten cuando se mueve la bobina, dejando quieto el imán.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. Los alumnos saben que los amperímetros son los instrumentos de medida de la corriente eléctrica. En los experimentos que se realizan moviendo el imán cerca de una bobina observan que la aguja del amperímetro se mueve. Así, pues, debe ser inmediata su respuesta.
2. Los alumnos contestarán afirmativamente después de haberlo comprobado experimentalmente.
3. Esta cuestión, así como las anteriores, son de simple observación experimental. La respuesta esperada es: No circula corriente eléctrica cuando se deja el imán quieto dentro de la bobina.
4. Siempre que hay movimiento relativo entre un *imán* y una *bobina* aparece en ésta una *corriente inducida*.



5. El sentido de la corriente depende de si el imán se acerca o aleja de la bobina.
 6. El sentido de la corriente inducida *depende* del polo del imán que se acerca o aleja.
 7. El sentido de la corriente se *invierte* según que el movimiento relativo entre *el imán y la bobina* sea de aproximación o de alejamiento.
 8. El sentido de la corriente se invierte si se cambia el sentido del movimiento relativo entre el imán y la bobina. También se invierte si se cambia el polo del imán que se utiliza.
- Como consecuencia, si se cambian a la vez el sentido del movimiento y el polo del imán, el sentido de la corriente *se mantiene* igual. Puede recomendar a los alumnos que lo comprueben experimentalmente.
9. Cuanto más deprisa se mueve el imán *mayor* es el valor de la corriente inducida.



10. El valor de la corriente *inducida* es tanto mayor cuanto *mayor* es la velocidad del movimiento relativo entre *la bobina y el imán*.

SUGERENCIA



El fenómeno de la inducción electromagnética representa el fundamento de los generadores electromagnéticos. Como aplicación de los experimentos que han realizado los alumnos, puede sugerirles que realicen el siguiente montaje experimental (ver figura).

Haciendo girar el imán observarán que el amperímetro indica el paso de una corriente eléctrica que cambia de sentido sucesivamente.

El movimiento del imán genera una corriente inducida que cambia de sentido periódicamente. Se ha obtenido una corriente alterna. Este es el fundamento del alternador.

FUNDAMENTO DEL ALTERNADOR (5.2.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO

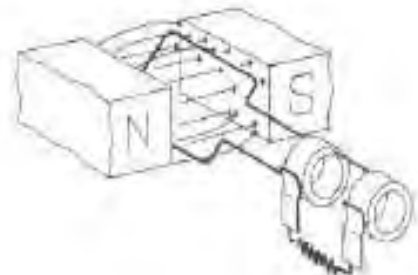
Los alumnos ya estudiaron la inducción electromagnética y llegaron a la conclusión de que siempre que hay movimiento relativo entre un imán y una bobina aparece en ésta una corriente eléctrica inducida. Es decir, las variaciones de flujo magnético que atraviesa un circuito cerrado origina una corriente eléctrica.

Este resultado experimental es el fundamento de los generadores electromagnéticos.

Los generadores electromagnéticos constan de tres elementos esenciales: el inductor, el inducido y el colector. El *inductor* produce el campo magnético. La variación del flujo magnético origina en el *inducido* una corriente inducida que es recogida por el *colector*.

Cuando se hace girar una bobina dentro de un campo magnético (ver figura) el número de líneas de fuerza del campo que la atraviesan varía desde un valor máximo

(bobina vertical) hasta un valor cero (bobina horizontal). Mientras la bobina está girando el flujo magnético que la atraviesa varía constantemente. Como consecuencia se produce una corriente eléctrica que se recoge en el colector, que consta de dos anillos, aislados entre sí, que están soldados a los dos extremos del hilo de la bobina, y que





giran con ésta. Mediante dos escobillas que deslizan sobre los anillos se recoge la corriente para su utilización en el circuito exterior.

La corriente eléctrica obtenida mediante este dispositivo es una corriente alterna, es decir, que varía su sentido periódicamente. Este es el fundamento del alternador o generador de corriente alterna.

En esta experiencia los alumnos estudian el fundamento de un alternador elemental y observan las características de la corriente que se obtiene.

MONTAJE

Los imanes se colocan en la parte superior del aparato, uno sobre otro, y con los polos iguales unidos. De este modo se suman sus efectos magnéticos, mientras que si se colocasen cruzados (polos distintos unidos entre sí) sus efectos se anularían. Al terminar la experiencia y recoger el material, los imanes se deben guardar cruzados.

OBSERVACIONES

1. Cuando la bobina gira lentamente, la aguja del amperímetro se mueve primero hacia un lado de la escala y a continuación hacia el otro; y así sucesivamente.
2. Al hacer girar la bobina rápidamente, la aguja vibra alrededor de la posición de equilibrio.
3. La lámpara no se enciende cuando se gira la bobina lentamente.
4. En cambio, sí lo hace al hacerla girar rápidamente.
5. La luminosidad de la lámpara no depende del sentido de giro de la bobina y, en consecuencia, no se observa diferencia alguna.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES

1. La respuesta es afirmativa.
2. Con esta cuestión se pretende que los alumnos recuerden las conclusiones de los experimentos sobre la inducción electromagnética que son necesarias para comprender el fundamento de un generador electromagnético.



3. Los alumnos observan que el amperímetro indica que la corriente inducida varía su intensidad y sentido periódicamente. Por lo tanto, deben responder que la corriente generada en esta experiencia es alterna.

4. La aguja del amperímetro se mueve alternativamente a ambos lados de su escala. La corriente que circula por él, tiene una intensidad y sentido variables. Es una corriente alterna de pequeña frecuencia.

5. Al hacer girar la bobina rápidamente, la aguja del amperímetro, debido a su inercia mecánica, no puede seguir los rápidos movimientos que requieren las variaciones de sentido de la corriente eléctrica. En consecuencia, vibra alrededor de la posición de equilibrio.

Si la frecuencia fuese muy elevada, ni siquiera se movería.

6. Cuando se gira la bobina lentamente la lámpara *no se enciende* y cuando se gira muy deprisa la lámpara se enciende *mucho*.

7. Mirando la lámpara se puede concluir que cuando la bobina gira muy despacio la corriente inducida en el circuito es muy *pequeña* y cuando se gira rápidamente la corriente inducida es muy *grande*.

8. Muchos alumnos tropezarán con esta cuestión. Cuando la bobina gira lentamente, el amperímetro indica una corriente oscilante de una cierta amplitud. En cambio, cuando aquélla gira rápidamente, la aguja del amperímetro vibra con una amplitud muy pequeña. Algunos alumnos encontrarán, entonces, u la aparente contradicción entre la lectura del amperímetro y la luminosidad observada en la lámpara. Es el momento de hacerles saber que este tipo de amperímetro no es el adecuado para medir corriente alterna.

Del experimento se deduce que la lámpara luce más intensamente cuanto *más* rápida gira la bobina. Por otra parte, el amperímetro marca *menos* cuando la bobina gira deprisa. De lo anterior se puede concluir que el amperímetro del equipo *no es adecuado* para medir corriente alterna.

FUNDAMENTO DE LA DINAMO (5.3.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



En la experiencia 5.2 los alumnos estudiaron el fundamento del alternador. Observaron que al girar una bobina dentro del campo magnético producido por un imán se generaba una corriente eléctrica inducida que se recogía en el colector.

El colector consiste en dos anillos, aislados entre sí que están soldados a los dos extremos de la bobina y que giran solidarios con ésta. Dos escobillas se apoyan en los anillos del colector y recogen la corriente inducida que, por sus características, es una corriente alterna.

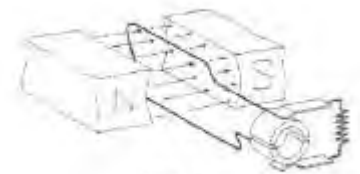


Fig. 1

Para lograr que la corriente eléctrica obtenida sea continua, se modifica el colector de manera que conste de dos semianillos metálicos, aislados entre sí llamados delgas. (Fig. 1).

Al girar la bobina las escobillas frotan, cada media vuelta y alternativamente los dos semianillos del colector.

De este modo, en el instante en que cambia el sentido de la corriente, salta cada escobilla de una delga a la otra. Por consiguiente, en el circuito exterior la corriente siempre tiene el mismo sentido de circulación.

Si se invierte el sentido de giro, la corriente inducida circula en sentido opuesto, es decir, la polaridad del generador depende del sentido de rotación de la bobina.

El sistema empleado para transformar la corriente alterna en continua recibe el nombre de *conmutador de delgas*.

En la bobina siempre se induce una fuerza electromotriz alterna. El sistema de conmutación del colector es el que hace que en el circuito exterior se disponga de una corriente alterna o una corriente continua.

La corriente que se obtiene con este dispositivo no es una corriente uniforme (Fig. 2), sino una corriente continua pulsante (corriente alterna rectificada, Fig. 3).



Fig. 2

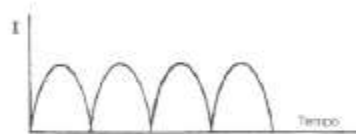


Fig. 3



En esta experiencia los alumnos estudian la importancia que *tiene* el colector en un generador electromagnético, y el procedimiento para obtener una corriente eléctrica continua mediante el dispositivo denominado «conmutador de delgas».

REALIZACION

Primeramente los alumnos realizan el montaje correspondiente a un alternador y recuerdan el tipo de corriente eléctrica que se genera. A continuación colocan las escobillas en la posición correspondiente a una dinamo y estudian la nueva corriente que se obtiene comparándola con la anterior.

OBSERVACIONES

1. Los alumnos observarán que la aguja del amperímetro se mueve alternativamente alrededor del cero central de la escala.
2. Al hacer girar la bobina rápidamente la vibración de la aguja se hace cada vez menor, e incluso puede observarse parada en el centro de la escala si la velocidad de rotación de la bobina es muy grande.
3. Cuando las escobillas se apoyan en el conmutador de delgas, la aguja del amperímetro se desvía hacia un lado de la escala.
4. Al hacer girar la bobina rápidamente, la desviación de la aguja aumenta. Puede llegar a marcar el valor 0,4 A, o incluso más.
5. Cuando se invierte el sentido de giro de la bobina se repiten las anteriores observaciones, pero la aguja se desvía ahora hacia el otro lado de la escala.
6. La respuesta es negativa. La lámpara no se enciende al girar la bobina lentamente.
7. La lámpara debe encenderse cuando la bobina gira rápidamente.
8. El sentido de giro no influye en la luminosidad de la lámpara. Esta se enciende cuando recibe suficiente energía del generador. Solo depende de la velocidad de giro de la bobina. Si ésta gira despacio, la lámpara no se enciende, y lo hace cuando la bobina gira rápidamente.

CUESTIONES Y CONCLUSIONES



1. Cuando se disponen las escobillas de manera que cada una de ellas se apoye en uno de los anillos del colector, la corriente que se genera es *alterna*.
2. Cuando se colocan las escobillas en el centro del colector, la corriente que se genera es *continua*.
3. Cuando las escobillas se apoyan en los dos extremos del colector (una en cada anillo) la corriente que se genera es *alterna* y cuando se apoyan ambas en el centro del colector (en las delgas), la corriente generada es *continua*.
4. El aparato que se utiliza en los experimentos se comporta como una *dinamo* cuando se colocan las escobillas en *la parte central del colector, es decir, en las delgas*.
5. En una dinamo el sentido de la corriente inducida depende del sentido de rotación de la bobina. La polaridad de las bornas de la dinamo se invierte al cambiar el sentido de rotación de la bobina.

Si lo estima conveniente puede hacer que los alumnos lo comprueben con ayuda del papel buscapolos.

6. La corriente continua que se obtiene con la dinamo es pulsante (su intensidad varía periódicamente)

La intensidad de la corriente generada por una bobina delgada que gira en un campo magnético viene representada en la gráfica de la fig. 3. Se observa que el valor de la intensidad no es constante sino que oscila entre un valor cero y un valor máximo. A medida que la bobina se mueve más rápidamente, las oscilaciones de la intensidad de la corriente se hacen cada vez más rápidas.

La inercia mecánica de la aguja del amperímetro le impide seguir las rápidas variaciones de la intensidad. Por eso, indica un valor prácticamente constante, que corresponde a la línea ondulada señalada en la fig. 4.

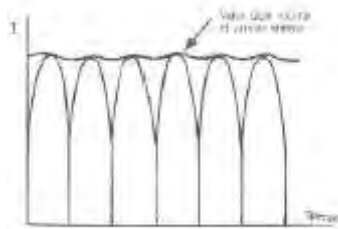


Fig. 4

Es un buen momento para recordar a los alumnos que algunos tipos de amperímetros son «perezosos» para seguir las rápidas variaciones de la corriente.

Si los alumnos dudan al responder que la corriente obtenida con la dinamo es pulsante, puede sugerirles que se fijen en el filamento de la lámpara mientras ésta está encendida. Observarán que la luminosidad de la lámpara es «pulsante».

7. El aparato que se utiliza en los experimentos se comporta como un *alternador* cuando se colocan las escobillas en *los dos extremos del colector de modo que cada una se apoye en uno de los anillos del colector*.

8. Tanto el alternador como la dinamo consta de los siguientes elementos:

Inductor: constituido por los imanes.

Inducido: la bobina.

Colector: soldado a los dos extremos de la bobina permite que la corriente salga al exterior por medio de las escobillas

La diferencia fundamental entre un alternador y una dinamo reside en el colector:

El colector del alternador consta de dos anillos. En cambio en la dinamo consta de dos semianillos.

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA (5.4.)

GUÍA DE EXPERIENCIAS

OBJETIVO



Los alumnos ya saben que las corrientes eléctricas y los imanes interactúan entre sí (experiencia «Inducción electromagnética»).

Una de las aplicaciones de esta interacción son los motores eléctricos cuyo fundamento estudian en esta experiencia.

OBSERVACIONES

1. El motor debe girar cuando pasa corriente por la bobina. Si no lo hace deben desplazar ésta de la posición vertical poniéndola inclinada. Si a pesar de la operación anterior no se mueve, deben revisar si las escobillas se apoyan correctamente en el centro del colector, es decir, en la zona de las delgas. Si las escobillas y el colector están sucios por la producción de chispas u otras causas, sus contactos eléctricos no serán perfectos. Pueden limpiarse con un paño mojado en alcohol. Si la suciedad es persistente puede ser conveniente limpiarlos con papel esmeril. Otra de las comprobaciones que deben hacer cuando el motor no funciona es la de asegurarse que los dos imanes están situados correctamente, unidos sus polos iguales, de modo que se sumen sus efectos magnéticos.
2. Al ir aumentando la tensión de la fuente de alimentación el motor gira cada vez más deprisa.
3. Cuando se invierte el sentido de la corriente, el motor gira en sentido contrario al anterior.
4. La respuesta es negativa. El motor se mueve con las escobillas apoyadas una en cada anillo.
5. Cuando se pone la bobina en posición horizontal y a continuación, se suelta, aquélla gira hasta colocarse en posición vertical.
6. El papel que han pegado sobre la bobina les sirve de referencia. Unos alumnos contestarán que tiende a quedar hacia arriba y otros hacia abajo. Lo que importa es que se den cuenta de que la posición de la bobina cambiará al invertir el sentido de la corriente.
7. Al invertir el sentido de la corriente la bobina gira de nuevo hasta ponerse en posición vertical pero ahora la posición a que tiende es contraria a la de antes.

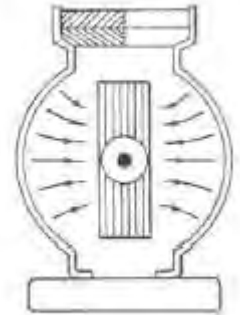
CUESTIONES Y CONCLUSIONES



1. Cuando una escobilla se apoya en uno de los anillos del colector y la otra escobilla en el otro y pasa corriente por la bobina, ésta tiende a orientarse de modo que queda en posición *vertical*.

2. En esta posición, las líneas del campo magnético creado por los imanes *atraviesa* la bobina.

Algunos alumnos necesitan que se les diga que los polos de los imanes se prolongan por la armadura del motor (ver figura).



3. La bobina del motor tiende a orientarse de manera que el fluido magnético que la atraviesa sea *máximo* (ver figura)

4. Cuando se invierte el sentido de la corriente la bobina se coloca *vertical*, pero con la *posición contraria a la de antes*.

Las conclusiones anteriores son consecuencia de la interacción que tiene lugar entre las corrientes eléctricas y los campos magnéticos.

Una bobina por la que circula una corriente, se comporta como un imán que tiende a orientarse convenientemente cuando se la sitúa dentro de un campo magnético.

Si se invierte el sentido de la corriente cambia la polaridad de la bobina. Esta tiende a orientarse de nuevo de manera que las líneas del campo magnético le entren siempre por su cara Sur.

5. Si se invirtiese de nuevo el sentido de la corriente la bobina tendería a ocupar otra vez la posición primitiva.

Es importante que los alumnos adviertan que hay una estrecha relación entre el sentido de la corriente y la orientación que presenta la bobina en el plano vertical.

6. Si la corriente se invirtiese muchas veces seguidas, la bobina tendería sucesivamente a orientarse de acuerdo con la posición que le corresponda. De este modo, la bobina gira alrededor de su eje tantas veces como se produzca la inversión de la corriente.

7. Colocando las escobillas en la zona central del colector (conmutador de delgas) se consigue que la corriente que circula por la bobina cambie de sentido cada vez que la bobina da *media vuelta*.



Los alumnos deben responder a esta cuestión después de observar detenidamente los contactos de las escobillas con las delgas y las conexiones de éstas con los dos extremos de la bobina.

8. Deben explicar el funcionamiento de un motor de corriente continua basándose en las conclusiones alcanzadas en las cuestiones anteriores.

La explicación debe realizarse, por tanto, atendiendo a los siguientes aspectos:

- Orientación de una bobina en un campo magnético.
- Dependencia del sentido de la corriente en la orientación de la bobina.
- Papel del conmutador de delgas.

9. La velocidad del motor depende de la tensión aplicada. Cuanto mayor es ésta, mayor es la velocidad del motor.

10. Para poder responder a esta cuestión es necesario que recuerden el funcionamiento de la dinamo. El mismo aparato que hemos utilizado como motor de corriente continua se puede utilizar como generador de corriente continua (dinamo).

Cuando el aparato funciona como dinamo transforma el trabajo mecánico de rotación en energía eléctrica; y cuando funciona como motor, transforma la energía eléctrica que recibe en trabajo mecánico.

Por esto se dice que la dinamo es reversible.